I laminati metallici preverniciati

ecca
prepaintedmetal.eu

I laminati metallici preverniciati

ecca
prepaintedmetal.eu

I LAMINATI METALLICI PREVERNICIATI

ecca
prepaintedmetal.eu

COMITATO DI REDAZIONE

PRESENTAZIONE

INTRODUZIONE

EUROPEAN COIL COATING ASSOCIATION - E.C.C.A.

ECCA ITALIA

1. IL PROCESSO COIL COATING
- Descrizione di un impianto di verniciatura 21
- Le macchine che compongono l'impianto 22
- Descrizione del processo 28
- Definizione delle fasi di processo 29
- Cottura delle vernici 36

2. I SUPPORTI METALLICI PER LA PREVERNICIATURA
- Introduzione 46
- Tipi di supporto 46

3. IL PRETRATTAMENTO
- Corrosione dei metalli 62
- Il pretrattamento nel *coil coating* 63
- Fasi principale del processo di pretrattamento 63
- Sistemi di applicazione 67
- Sviluppi nel pretrattamento *coil coating* 70

4. LE RESINE PER PRODOTTI VERNICIANTI PER COIL COATING
- Sistema verniciante 72
- Cenni sui sistemi vernicianti per *coil coating* 72
- Resine poliestere 73
- Poliesteri siliconici 77
- Resine fluorurate 78
- Resine poliuretaniche 79
- Resine epossidiche 80
- Resine a base formaldeide 82

5. I PRODOTTI VERNICIANTI
- Componenti di base 84
- Meccanismi di formazione del *film* 85
- Caratteristiche generali del *film* 85
- Tipi di prodotti vernicianti 86
- Sviluppi più recenti 93
- Cicli di verniciatura più comuni 98

6. I FILM DI RIVESTIMENTO
- Film di rivestimento plastificati e colaminati 103

7. NASTRI PROTETTIVI AUTOADESIVI
- Cenni sulla composizione di un nastro protettivo 108
- I supporti 109
- Gli adesivi 110
- Criteri di scelta del protettivo 111
- Controlli qualitativi 112
- Tecniche applicative 113

8. LA SERIGRAFIA SU SUPPORTO METALLICO PREVERNICIATO

9. CARATTERISTICHE DI COLLAUDO DEI PRODOTTI VERNICIANTI E DEI LAMINATI METALLICI PREVERNICIATI
- Prove generali di collaudo 122
- Norme specifiche di collaudo dei *film* laminati 123
- Stazioni sperimentali per il collaudo dei laminati metallici preverniciati 136

10. TRASPORTO, STOCCAGGIO, MOVIMENTAZIONE
- Trasporto 140
- Stoccaggio 140
- Movimentazione 141

11. TECNICHE DI LAVORAZIONE DEI LAMINATI METALLICI PREVERNICIATI
- Tranciatura 144
- Piegatura e stampaggio 146
- Profilatura e calandratura 149

12. METODI DI ASSEMBLAGGIO
- Fissaggio meccanico 152
- Aggraffaggio 152
- Assemblaggio con sistemi addizionali 154
- Rivetti 156
- Rivetti autopenetranti 158
- Viti e bulloni 159
- Ribaditura 160
- Altri sistemi 162
- Assemblaggio con adesivi 164
- Trattamento della superficie 171
- Metodi di applicazione 172

13. MANUTENZIONE
- Pulizia ... 174
- Ritocchi-rifacimenti ... 174

14. ECONOMIA-ECOLOGIA
- Ecologia nel processo *coil coating* ... 175

15. POLIURETANO ESPANSO
- Schiume poliuretaniche rigide ... 186

16. I LAMINATI METALLICI PREVERNICIATI NELL'EDILIZIA INDUSTRIALE
- Coperture e pareti in lastre grecate semplici ... 192
- Coperture e pareti sandwich ... 196
- Coperture e pareti in pannelli monolitici isolanti ... 198
- Recupero funzionale degli edifici industriali ... 199

17. I LAMINATI METALLICI PREVERNICIATI NELL'EDILIZIA CIVILE E SOCIALE
- Rivestimenti esterni ... 206
- Rivestimenti di facciata ... 206
- Coperture ... 209
- Frangisole ... 212
- Gronde ... 212
- I laminati preverniciati nella realizzazione di opere di contorno del serramento ... 215
- I controsoffitti ... 217
- I laminati metallici preverniciati negli avvolgibili ... 219

18. I LAMINATI METALLICI PREVERNICIATI NELLA GENERAL INDUSTRY

Settore dell'imballaggio
- Imballaggi metallici in acciaio ... 223
- Imballaggi metallici in alluminio ... 225

Settore dell'elettrodomestico
- Vantaggi dei laminati metallici preverniciati ... 227
- I laminati metallici nei principali elettrodomestici ... 228
- Tipi di rivestimento ... 229

Settore Trasporti
- *Caravan - autocaravan - motorhome* ... 231
- Furgonature ... 231
- Autoveicoli ... 231

Altri Settori

19. THE CULTURE OF PREPAINTED METAL – ECCA ACADEMY ... 234

GLOSSARIO ... 371

COMITATO DI REDAZIONE
Antonio Bonoli
Sebastiano Brenni
Cristiano Laurita
Irene Marcolungo
Giovanni Scocco
Alessia Venturi
Paola Zavattoni

Hanno collaborato alla revisione dei testi i seguenti autori
Antonio Bonoli – Marcegaglia S.p.A.
Sebastiano Brenni – Salchi Metalcoat S.r.l.
Ernesto Caldana – NP Coil Dexter S.r.l.
Ezio Pedroni – Salchi Metalcoat S.r.l.
Andrea Merli – Henkel Italia S.p.A.
Cristiano Laurita – Chemetall Italia S.r.l.
Tania Trombetta – N. Benasedo S.p.A.
Sergio Bianchi – Novelis Italia S.p.A.
Sergio Stecca – ArcelorMittal Piombino S.p.A.
Benedetta Cerbai – ArcelorMittal Piombino S.p.A.
Savino D'Anzieri – Marcegaglia S.p.A.
Ettore Tozzi – Origoni Zanoletti S.p.A.
Massimo Marra – Novacel Italia S.r.l.
Irene Marcolungo – Otefal S.p.A.

Si ringrazia per la collaborazione, le seguenti società inserzioniste:
Adapta Color S.L.
Akzo Nobel Coating S.p.A.
Beckers Industrial Coatings Italia S.r.l.
N. Benasedo S.p.A.
Chemetall Italia S.r.l.
Condoroil Chemical S.r.l.
Globus S.r.l.
Henkel Italia S.p.A.
Isva Vernici S.r.l.
Marcegaglia S.p.A.
Novaresine S.r.l.
Novelis Italia S.p.A.
Quaker Chemical S.A.
Salchi Metalcoat S.r.l.

Hanno collaborato con la segreteria ECCA – Italia / EOS Mktg&Communication S.r.l.
Paola Giraldo
Francesco Stucchi

Un ringraziamento particolare per la collaborazione ai fini della riedizione del manuale
Yvonne Barcelona – European Coil Coating Association
Eglantine Hauchard – European Coil Coating Association

Impaginazione e fotolito
LaserGrafica 90 S.r.l.

Stampa
Aziende Grafiche Printing S.r.l.

ecca

prepaintedmetal.eu

Prepainted metals are produced by adding paint or film coating to strip metals, primarily steel and aluminium, on a continuous basis. This process is called Coil Coating.
Coil Coating is the best technology available for applying paint to metal before fabrication of finished components, providing a high quality, uniform and reproducible surface finish.

Organic coil coating processes have been in existence for more than 50 years. Over this period, the use of prepainted metal has increased dramatically and this growth can be expected to continue. Prepainted metals have found widespread use in many areas due to their superior corrosion resistance, longevity, constant quality and long-term aesthetics.

This Fourth edition of "I laminati metallici preverniciati" will provide the reader with extensive information about prepainted metals.
Its focus is on information that can be used in current practice, written by prepainted metal experts with extensive industrial experience in this sector.
ECCA Head Office was very pleased to support this project.

Yvonne Barcelona
Managing Director
European Coil Coating Association

INTRODUZIONE

Quando, nel lontano ottobre del 1977, gli allora soci italiani di ECCA scrissero il primo manuale tecnico sul metallo preverniciato forse non immaginavano che questo volume sarebbe arrivato fino alla *quarta edizione*. Sicuramente però la passione per il prodotto e per il suo patrimonio culturale (tecniche di lavorazione, esperienze industriali, attenzioni e suggerimenti per gli addetti ai lavori) furono tali da far loro considerare *la cura e l'aggiornamento del testo* tra le missioni della Associazione Italiana dei Coil Coater (A.I.C.C., dal 1980). Il volume fu rivisto in seconda edizione e successivamente riaggiornato in una terza, nel 1999. Oggi, a distanza di quattordici anni, questa quarta edizione rappresenta il proficuo lavoro del rinnovato *ECCA National Group Italia* e comprende alcuni nuovi capitoli tecnici oltre ad una ampia sezione in inglese.

Facendo seguito alla situazione industriale descritta nella precedente edizione, dal 1999 ad oggi il mondo del *coil coating* in Italia è cambiato profondamente: nel 2001 è partita la prima linea di verniciatura della Marcegaglia Spa, con la quale il gruppo italiano dell'acciaio è entrato nel settore del preverniciato, mentre nella seconda metà del decennio il panorama nazionale ha subìto un lento declino della struttura produttiva esistente a favore di una sempre più appetibile importazione di *coil* preverniciati dai paesi extraeuropei, prevalentemente asiatici, flusso che si credeva economicamente insostenibile solo fino a pochi anni prima.
La grande crisi iniziata alla fine del 2008, trasversalmente diffusa in molti settori industriali, ha ulteriormente accelerato le "razionalizzazioni" aziendali spingendo verso un ridimensionamento delle capacità produttive o all'accorpamento delle funzioni presso le sedi centrali, spesso europee, impoverendo talvolta il tessuto nazionale di alcune competenze tecniche o limitando le autonomie locali.
Alcuni impianti di *coil coating* hanno sospeso o cessato l'attività produttiva: la storica linea di Varzi (ex-Lavezzari) e di Cornigliano (Gruppo Riva), la linea Uno del sito ArcelorMittal Piombino (ex-Magona d'Italia). Anche il florido panorama delle aziende fornitrici di prodotti e servizi ha seguito il corso degli eventi adattandosi ad una nuova configurazione nazionale ed europea.

Col nuovo decennio, alla luce di una realtà alla ricerca di nuovi equilibri di mercato e nella quale i flussi di importazione sono divenuti una costante consolidata, il *coil coating* in Italia sembra ricevere un nuovo impulso industriale grazie all'impianto combinato di zincoverniciatura di Marcegaglia Ravenna e alla nuova linea in costruzione di Origoni Zanoletti S.p.A. presso Trezzano sul Naviglio (MI). Le stesse multinazionali delle vernici, attente a non sottovalutare la loro presenza tecnica e produttiva sul territorio italiano rispondono con nuove strategie e ritornano ad investire, per cogliere le interessanti opportunità del mercato nazionale. Tra le ultime *news*, da pochi mesi, anche un'importante azione di politica comu-

nitaria sembra mostrare attenzione alla difesa del mercato europeo del preverniciato, tramite una barriera doganale *antidumping*, i cui benefici sono attesi nel corso dell'anno appena iniziato.

Concludo, a titolo strettamente personale, dedicando questo volume a tutti gli "addetti ai lavori" tecnici e operativi, che hanno avuto nell'ultimo decennio un ruolo da protagonista per il *coil coating* in Italia e che hanno posto le basi formative, tecnologiche, impiantistiche e di mercato, sulle quali si fonda il preverniciato che oggi conosciamo.

Antonio Bonoli
Presidente ECCA National Group Italia

EUROPEAN COIL COATING ASSOCIATION

La **ECCA** - ***European Coil Coating Association***, fondata nel 1967, con sede a Bruxelles, conta circa 139 aziende associate, di cui 109 in Europa e 30 al suo esterno (ossia in Asia, Australia, Sud Africa, America...). Fra gli associati ci sono 35 *coil coater* europei e 17 extra europei.
I soci **ECCA** sono così suddisivi
- *coil coater*
- *stockholder*/centri servizi
- produttori di vernici, film di rivestimento e prodotti chimici di pretrattamento
- produttori di materie prime
- costruttori di apparecchiature e linee di preverniciatura e associazioni relative.

Benché concepita a livello europeo, **ECCA** annovera membri in tutti i cinque continenti, ed é una delle maggiori associazioni Industriali d'Europa. Come associazione internazionale, la particolarità di **ECCA** consiste nell'avere tra i propri membri aziende che si posizionano sia come fornitori che clienti. Esse provengono da differenti settori, quali acciaio, alluminio, vernici, prodotti chimici, impianti e macchinari di applicazione di vernici e *film*, stockisti e produttori di macchine per la trasformazione del laminati metallici.
L'associazione offre un forum internazionale, dove clienti e fornitori (con l'esclusione di aziende che sono solo utilizzatrici di materiale preverniciato) possono incontrarsi e scambiare pareri in una atmosfera informale. I membri **ECCA** si inseriscono in un vibrante ambiente di conoscenza e in una rete professionale che offre rappresentatività nell'industria del preverniciato nonché opportunità di promuovere la sostenibilità del preverniciato.

Gli obiettivi di ECCA sono:
- Definire norme di qualità della performance e sviluppare metodi di *test*
- Promuovere i vantaggi dei nastri e/o lamiere rivestiti evidenziandone in particolare i vantaggi ambientali, economici e qualitativi
- Stimolare lo sviluppo di prodotti, processi, applicazioni e mercati
- Informare sui nastri e/o lamiere rivestiti attraverso il mercato professionale e l'organizzazione di programmi di formazione professionale per i non utenti
- Creare una rete e un forum per lo sviluppo e lo scambio di idee a livello settoriale
- Rappresentare il settore nei suoi contatti con i pubblici funzionari e le autorità
- Fungere da punto di contatto e scambio con altre organizzazioni settoriali e organismi professionali.

La *mission* di ECCA è la promozione del metallo preverniciato come soluzione di alta qualità, efficiente in termini di costo e sicura per l'ambiente per molte industrie innovative e all'avanguardia, in particolare per le industrie delle costruzioni, dell'auto, dell'elettrodomestico, dei trasporti.

Gli studi e le attività promozionali sono affidate al Comitato Marketing e al Comitato Tecnico che sono responsabili del raggiungimento del loro obiettivi, col supporto della Segreteria. I comitati sono poi articolati in specifici *task group*.
Il Presidente dell'Associazione resta in carica due anni dopo i quali é sostituito da un rappresentante dell'industria europea dei preverniciato; la continuità é assicurata dalla segreteria permanente di Bruxelles, che ha anche il compito di coordinamento.
Oltre al coordinamento europeo, ECCA agisce a livello locale con alcuni gruppi nazionali: ECCA Italia, ECCA UK, ECCA Olanda, ECCA Germania ed ECCA Francia.

IL PROCESSO DI COIL COATING

© Marcegaglia

IL PROCESSO DI COIL COATING

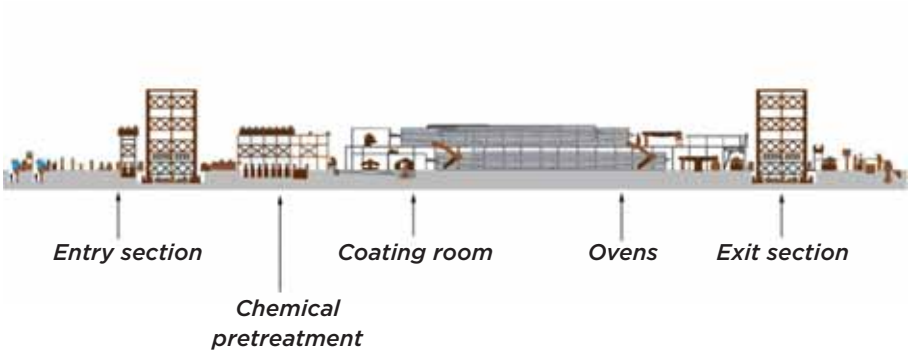
Il *coil coating* è un processo industriale per l'applicazione di un rivestimento organico su un metallo laminato piano, con la duplice finalità di protezione e di decorazione.
Il *coil coating* trae origine dal concetto secondo cui è molto più efficace ed economico sgrassare, pretrattare chimicamente e verniciare una superficie piana continua piuttosto che un semilavorato di forma irregolare.
Il laminato rivestito prende il nome di *preverniciato* e costituisce una grande innovazione nei processi produttivi poiché anticipa la fase di verniciatura, solitamente ultima nella catena di trasformazione, prima della fasi di formatura del pezzo finito. Per le caratteristiche espresse sopra, il preverniciato si differenzia dal postverniciato tradizionale e richiede quindi opportuna cura e attenzione in tutte le fasi del suo utilizzo, movimentazione e stoccaggio, poiché la superficie rivestita nel processo è la stessa che vedrà l'utilizzatore finale senza subire ulteriori trattamenti.
I principali aspetti distintivi che rendono il *coil coating* conveniente rispetto alle lavorazioni tradizionali possono essere sintetizzati nel modo seguente:

- Qualità: con la tecnica del *coil coating* è possibile garantire una continuità di controlli in termine applicativi ed una costanza qualitativa dei risultati, altrimenti impossibile negli altri processi di verniciatura tradizionali.

- Ambiente: la concentrazione di un processo di verniciatura presso un unico sito produttivo rende possibile il miglior approccio risolutivo ai problemi di tematica ambientale: i reflui di pretrattamento sono abbattuti da idonei sistemi ecologici, i solventi vengono distrutti termicamente con recupero energetico, le emissioni ambientali diffuse sono minimizzate o totalmente eliminate.

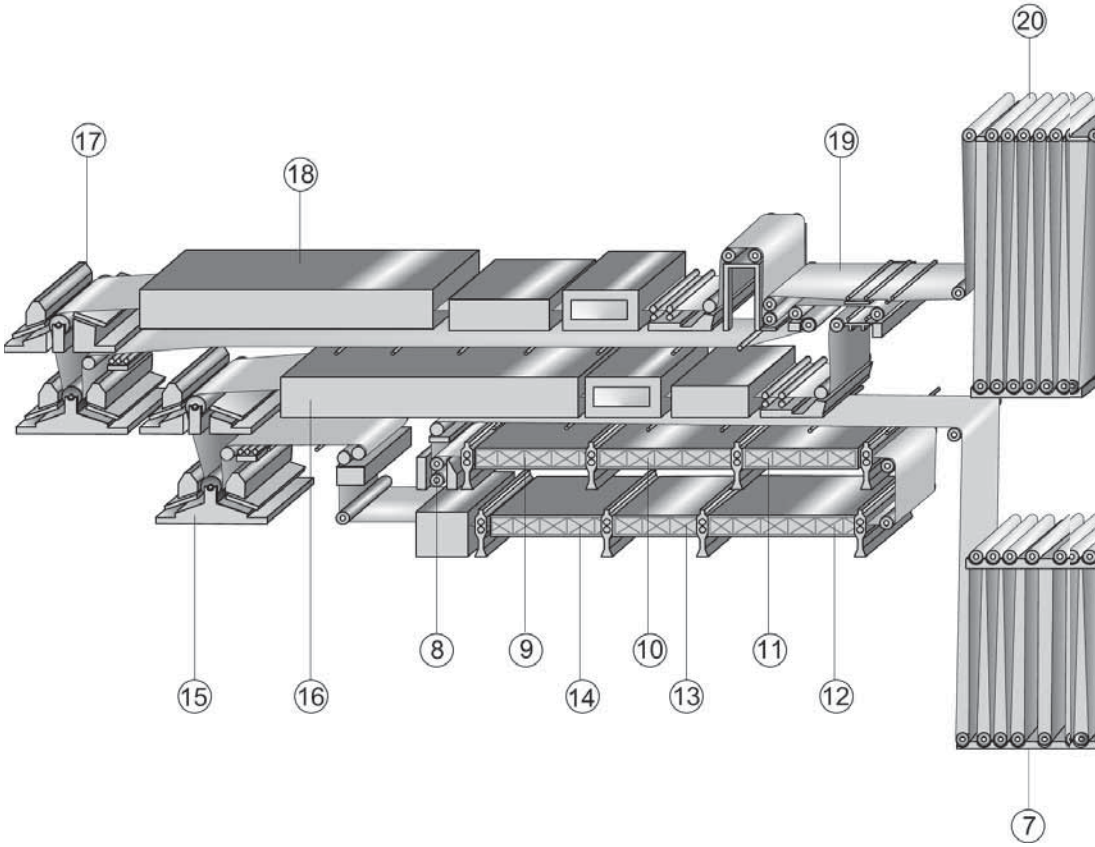
- Efficienza: la tecnologia impiantistica sempre più sviluppata alla ricerca di maggiore produttività permette oggi di raggiungere alte velocità di processo, con tempi di cottura vernice sempre più ridotti, ottenendo quindi evidenti vantaggi nell'economia di scala.

DESCRIZIONE DI UN IMPIANTO DI VERNICIATURA



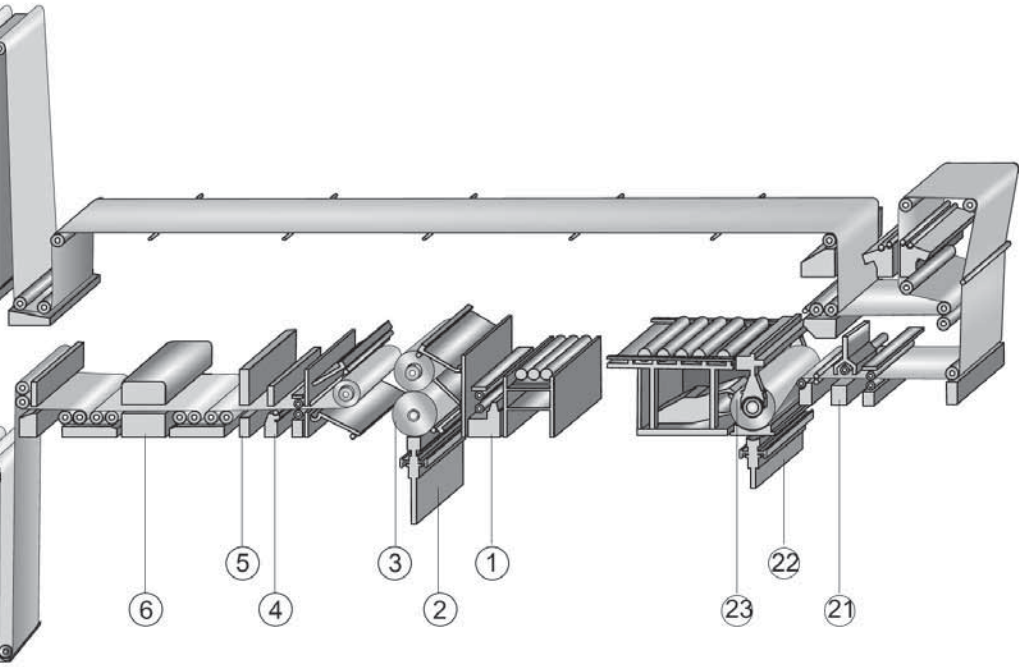
Indipendentemente dal *layout* specifico, ogni linea di produzione si presenta come un corpo unico composto generalmente da tre sezioni distinte tra loro: la sezione di entrata, la sezione di processo e la sezione di uscita.
La sezione di processo, cuore tecnologico dell'impianto, è progettata per mantenere velocità di marcia costanti (*processo in continuo*) ed è compresa quindi tra due accumulatori di nastro. L'accumulatore di ingresso, che lavora normalmente pieno, ha la funzione di alimentare la sezione centrale al termine della bobina in lavorazione e durante le manovre di giunzione di un *coil* con il successivo; l'accumulatore di uscita, normalmente vuoto, permette di raccogliere il materiale prodotto durante l'arresto della sezione finale, per il taglio a peso e l'evacuazione del rotolo finito.
La sezione di processo si può suddividere a sua volta in tre principali aree: l'impianto di pretrattamento chimico, le cabine di verniciatura, i forni di polimerizzazione.

LE MACCHINE CHE COMPONGONO L'IMPIANTO



Linea di Verniciatura con P.V. Liquidi

1. Cesoia di entrata
2. Culla di carico
3. Doppio aspo devolgitore
4. Cesoia intestatrice
5. Giuntatrice
6. Tension leveller
7. Accumulatore di entrata
8. Briglia di tiro
9. Primo sgrassaggio ed eventuale spazzolatura
10. Secondo sgrassaggio
11. Primo risciacquo
12. Pretrattamento
13. Secondo risciacquo



14. Passivazione
15. Teste vernicianti per applicazione primer
16. Forno cottura primer o prima mano
17. Teste vernicianti per applicazione mano a finire
18. Forno cottura vernice o seconda mano raffreddamento aria ed acqua
19. Briglia di tiro
20. Accumulatore di uscita
21. Cesoia di uscita
22. Culla di scarico
23. Aspo avvolgitore

Sezione di uscita del nastro verniciato

Torre di accumulo della sezione di uscita

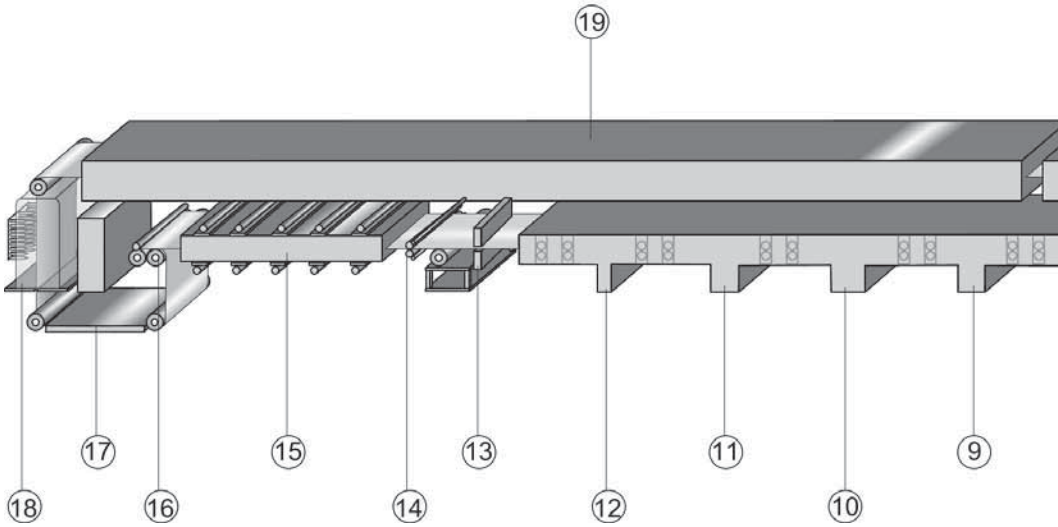
Torre di raffreddamento della sezione zincatura e dell'area skinpass

Cesoia del nastro in uscita

Seziona di pulitura del nastro in entrata

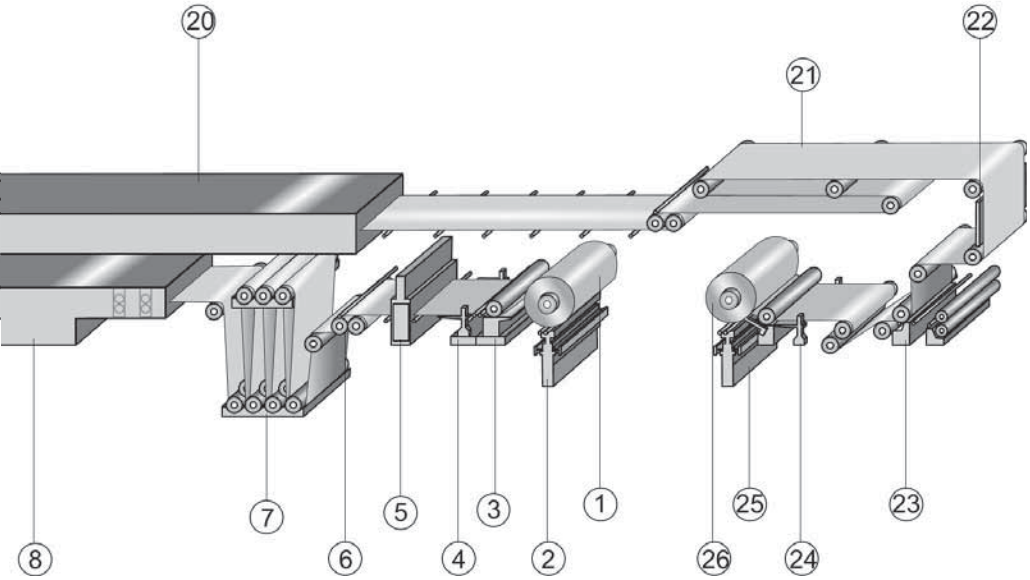
Aspo avvolgitore del nastro verniciato in uscita

Veduta generale della sezione verniciante e della torre di accumulo del coil verniciato in uscita



Linea di Verniciatura con P.V. in polvere

1. Aspo devolgitore
2. Culla di carico
3. Pinch roll staightening device
4. Cesoie di entrata
5. Puntatrice
6. Briglia di tiro
7. Accumulatore di entrata
8. Sgrassaggio
9. Primo risciacquo
10. Pretrattamento
11. Secondo risciacquo
12. Passivazione
13. Asciugatura
14. Testa verniciante per applicazione primer



15. Forno a infrarossi cottura primer
16. Rulli di deviazione
17. Primo dispositivo di centratura
18. Doppia cabina per applicazione polvere
19. Forno cottura polvere
20. Raffreddamento ad aria
21. Accumulatore di uscita
22. Secondo dispositivo di centratura
23. Dispositivo per applicazione film
24. Cesoie di uscita
25. Culla di scarico
26. Aspo avvolgitore

LA DESCRIZIONE DEL PROCESSO

La sezione di ingresso si compone generalmente di due aspi svolgitori, il primo ospitante il *coil* in lavorazione e il secondo caricato pronto in attesa, oltre ai dispositivi accessori per il carico *coil* (*culla di carico*) e l'imbocco della testa del nastro (*pinches e tavole di imbocco*), fino alla macchina di giuntura, *saldatrice* o *aggraffatrice meccanica*.
La finalità della sezione in entrata è creare la condizione operativa per la continuità della fase di processo, motivo per il quale il nastro laminato, al termine dello svolgimento della bobina, deve essere agganciato all'inizio del rotolo successivo. Per questo scopo la parte terminale della bobina in lavorazione, detta *coda*, si posiziona sotto alla macchina di giunzione e viene agganciata alla parte iniziale della successiva, detta *testa*, tramite una azione di saldatura o, più comunemente, di semplice aggraffatura meccanica. Altre macchine accessorie nella sezione di entrata possono essere la *lunettatrice* per condizionare la discontinuità di larghezza tra laminati di misure differenti, la *spianatrice in tensione* per correggere la planarità del laminato e una *sezione di pulitura* del nastro con vasca di sgrassaggio e successivo risciacquo. Al termine della sezione di entrata il nastro entra nell'*accumulatore*, tipicamente a geometria verticale, che è dimensionato per garantire le sequenze di giuntura *coil* (tempo di circa 90-120 secondi).
La *spazzolatrice meccanica* apre la sezione di processo con una serie di spazzole, dotate di controrullo e rampe di lavaggio, per la rimozione di eventuali impurità o ossidi presenti sulla superficie del laminato da trattare; successivamente il nastro entra nell'impianto di pretrattamento chimico-fisico, che può essere realizzato tramite vasche ad immersione o con tunnel a spruzzo, entrambi con rulli strizzatori finali, oppure direttamente con macchine applicatrici a consumo, senza risciacquo successivo (dette *chemcoater no-rinse*). A seconda della differente soluzione impiantistica adottata, il nastro viene asciugato rispettivamente in un tunnel ad aria calda o in un vero e proprio forno.
Al termine della preparazione chimica il nastro è pronto per il ciclo di verniciatura[1]: applicazione di *primer* e *top coat*.
I *coater* per l'applicazione del *primer* e della mano a finire (*top coat*) possono essere macchine a geometria verticale (*T-type*) o orizzontale (*S-type*) ma entrambe le configurazioni prevedono una testa verniciante composta da due o tre rulli la cui combinazione di velocità di rotazione e pressione determina la corretta applicazione di *film* umido sul nastro. La testa verniciante è inoltre completata dal sistema di circolazione della vernice: pompa, filtro, canna di alimentazione, vaschetta di contenimento e canaletta di ritorno al fusto di bordo macchina (*fusto di lavoro*).
Subito dopo le macchine vernicianti si trovano i forni di cottura, uno per ogni mano di rivestimento, al termine dei quali è prevista la necessaria

[1] *Sebbene i sistemi vernicianti siano molteplici ed anche molto differenti tra loro, consideriamo nella descrizione il ciclo a due mani che rappresenta, almeno per volumi, la maggior parte del preverniciato prodotto su scala nazionale*

fase di raffreddamento dal nastro, realizzata con una vasca di acqua di raffreddamento (*quench*) spesso preceduta da uno stadio ad aria forzata. La sezione di uscita comprende, oltre alla cesoia e all'aspo avvolgitore, una stazione di ispezione qualità ed eventuali altri accessori di corredo per il confezionamento del rotolo finito.

Il range delle caratteristiche di targa delle linee di verniciatura esistenti:
Spessore del laminato da 0,1 mm fino a 3 mm.
Velocità da 30 a 240 m/min.
Larghezza da 600 fino a 2100 mm.
Prestazioni: ogni linea esprime un'identità specifica, strettamente correlata alle caratteristiche del prodotto finito per il quale è stata pensata e progettata, per cui è molto difficile generalizzare sui valori "medi" di processo, produttività e consumo. Possiamo però citare, a titolo di riferimento attuale, che una linea dedicata a grandi produzioni per il settore di mercato Edilizia e Lattoneria, può raggiungere le velocità *standard* di processo fino a 180 m/min, indici di utilizzo macchina superiori all'80% e produzioni mensili fino a 20.000 tonnellate, pari a circa 6.000.000 di metri quadrati.
Per una produzione di questa entità sono necessari circa 50 tonnellate di prodotti chimici e 800 tonnellate di vernice complessiva.

DEFINIZIONE DELLE FASI DEL PROCESSO

Il processo di *coil coating* può essere semplificato e riassunto nelle tre seguenti principali fasi fisico-chimiche:

a – fase di pretrattamento

b – applicazione del rivestimento organico

c – cottura delle vernici.

Pretrattamento
Il processo di pretrattamento prevede sempre uno sgrassaggio, acido o alcalino, e una spazzolatura meccanica, in funzione del supporto, atta a rimuovere oli grassi ed eventuali ossidi presenti sul nastro per garantire una superficie pulita e reattiva allo stadio successivo.
I cicli di trattamento tradizionali si compongono di almeno altri due stati: conversione e passivazione.
La conversione è una reazione chimica che può essere di fosfatazione, cromatazione, nitrocobaltazione o fosfofluorazione, dopo la quale il nastro viene poi risciacquato per interrompere la reazione chimica ed evitare la tracimazione di prodotto nella successiva vasca. La passivazione è una reazione chimico-fisica di trasformazione dello strato appena formato con completamento chimico e deposito fisico, generalmente basata su metalli pesanti quali cromo o titanio e la presenza di una componente resinosa.

Questi prodotti si applicano tramite vasche ad immersione, oppure a spruzzo, mentre nel caso di applicazione diretta al nastro può essere utilizzata una macchina applicatrice (*chemcoater*) per depositare uno strato organico sottile (T.O.C.) a base acquosa. L'essicazione avviene in apposito forno con temperature di asciugatura 50-70 °C di PMT.
Quest'ultima tecnologia sta trovando grande applicazione negli ultimi anni, sia come soluzione impiantistica nei nuovi progetti sia come modifica in impianti già esistenti, soprattutto grazie ai vantaggi di tipo economico e ambientale (riduce i consumi, elimina i reflui, sostituisce i pesanti costi manutentivi con un modesto incremento delle attività di esercizio).
Anche lo sviluppo dei prodotti chimici rende oggi possibile l'utilizzo di soluzioni monocomponenti concentrate o pronte all'uso che semplificano i cicli bifasici del trattamento tradizionale.

Applicazione delle vernici
L'applicazione della vernice è la seconda fase di processo dopo la preparazione chimica del supporto. Per motivi di comodità logistica e operativa tutti gli impianti, indipendentemente dallo specifico *layout*, prevedono la concentrazione delle operazioni di applicazione in una zona specifica denominata "zona verniciatura", spesso segregata da un'apposita cabina per il contenimento della dispersione dei vapori e per ovvi motivi di sicurezza.
Il laminato, proveniente dall'asciugatura del trattamento chimico, passa attraverso la prima macchina verniciante che applica la mano di *primer* su una o due facce del nastro (sul lato B, la mano neutra è chiamata *back coat*); successivamente il nastro passa nel primo forno, dove avviene la polimerizzazione, e poi viene raffreddato, con aria e acqua demineralizzata.
Analogamente, per la seconda mano di vernice, il nastro transita prima al *finish coater* per l'applicazione del rivestimento al lato superiore e, se richiesto, anche sulla faccia inferiore. Il secondo forno, che prevede tempi di permanenza tra i 5 e i 30 secondi e temperature del metallo (PMT) da 150 a 250 °C, si completa poi con la relativa zona di raffreddamento.

Prodotti vernicianti liquidi
L'applicazione delle vernici avviene con un insieme di rulli che prendono il nome di "testa verniciante" o "*coater*".
Con il termine *testa verniciante* si indica quindi l'insieme di rulli e di strutture accessorie che costituiscono un'unità di verniciatura.
Il numero di rulli utilizzati, il tipo di rulli, il loro posizionamento sulla macchina ed il senso di rotazione dipendono dal sistema di applicazione utilizzato. Nella figura schematica che segue é rappresentata una testa verniciante in cui possiamo distinguere:

***a:** rullo di riscontro in acciaio cromato (*back-up roll*); é il rullo su cui corre il nastro da verniciare;

***b:** rullo applicatore rivestito in gomma di varia natura con durezze comprese tra 35° e 60° shore A (*applicator roll*)

***c:** rullo pescante; può essere in acciaio cromato a finitura liscia o retinata oppure in ceramica porosa o in gomma (*pick-up roll* o intermedio);

***d:** rullo calibratore (*metering* o esterno); generalmente é rivestito in gomma dello stesso tipo del rullo applicatore oppure in acciaio;

***e:** vaschetta di contenimento della vernice;

***f:** vaschetta di alimentazione della vernice;

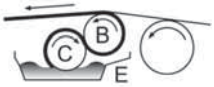
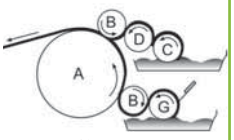
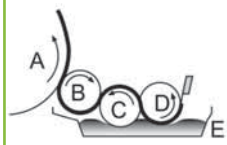
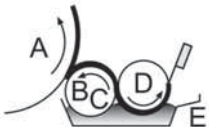
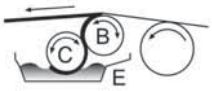
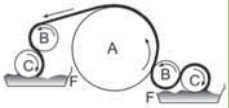
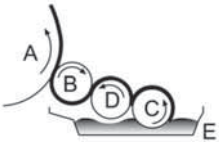
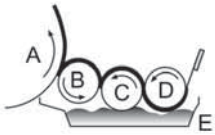
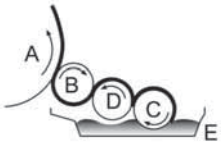
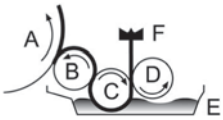
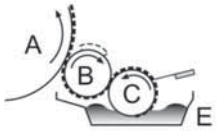
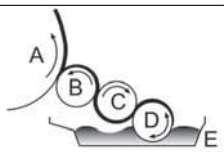
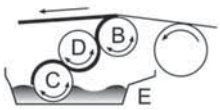
***g:** rullo inchiostratore finto legno.

Sistemi di applicazione
La scelta di un sistema applicativo è funzione del risultato da raggiungere, sia in termini di quantità di vernice richiesta in applicazione ma soprattutto di grado estetico da raggiungere.
I principali fattori che concorrono all'identificazione e alla scelta del sistema applicativo sono i seguenti:

- *TIPO DI VERNICE – resina (poliestere, poliuretanica, poliammidica, PVDF, plastisol, ...)*
- *TIPO DI VERNICE – brillantezza (lucida, semilucida, opaca)*
- *TIPO DI VERNICE – colore, trasparente*
- *SPESSORE SECCO RICHIESTO (1-2 Qm; 5-7 Qm; 10-12 Qm; 15-20 Qm; 25-30 Qm; >100 Qm)*
- *TEMPERATURA DI APPLICAZIONE*
- *VISCOSITÀ DELLA VERNICE*
- *RESIDUO SECCO DELLA VERNICE*
- *ASPETTO SUPERFICIALE RICHIESTO*
- *VELOCITÀ DELLA LINEA DI VERNICIATURA*
- *DIAMETRO DEI RULLI APPLICATORI*
- *VELOCITÀ DEI RULLI APPLICATORI*
- *TIPO E DUREZZA DELLA RICOPERTURA DEI RULLI APPLICATORI*

Nella figura sono illustrati schematicamente vari sistemi di applicazione, ciascuno dei quali é studiato per assolvere a scopi ben precisi. In una prima suddivisione possiamo individuare quattro diversi gruppi:

GRUPPO A applicazione in diretta sulla faccia superiore;
GRUPPO B applicazione in rovescia (*reverse*) sulla faccia superiore;
GRUPPO C applicazione (diretta o *reverse*) sulla faccia inferiore;
GRUPPO D applicazione in *reverse* sulla faccia superiore, + inchiostratura in diretta sulla faccia superiore.

GRUPPO A	GRUPPO B	GRUPPO C	GRUPPO D
Faccia superiore	Faccia superiore	Faccia inferiore	
Due rulli in diretta	Due rulli reverse	 Due rulli in diretta	 1° Mano Applicazione inversa
 Tre rulli a “V” in diretta	 Due rulli reverse, applicatore pescante	 Due rulli reverse	 2° Mano
 Tre rulli in linea in diretta	 Tre rulli a “V” doppio reverse	Tre rulli a “V” in diretta	
 Tre rulli in linea in diretta	 Tre rulli a “V” alimentati dall’alto	Tre rulli a “V” reverse	
 Stampa flexografica	 Tre rulli in linea reverse	 Tre rulli in linea in diretta o reverse	

DESCRIZIONE DEI PIÙ COMUNI SISTEMI DI APPLICAZIONE DEI P.V. LIQUIDI

Applicazione diretta (*forward*)
Il rullo applicatore gira in senso concorde al nastro laminato, ad una velocità periferica uguale o leggermente inferiore.
Solitamente si suggerisce una velocità di circa l'80% della linea, ma sulla base delle caratteristiche reologiche della vernice è opportuno valutare piccole variazioni. Il rullo intermedio gira in senso concorde all'applicatore, ad una velocità di circa 1/2 - 1/4, quindi 40%-20% della linea. Lo spessore della vernice applicata è determinato dalla distanza e dalla pressione tra il rullo intermedio e il rullo applicatore [*solitamente si aggira intorno a 15÷30 N/cm lineare per vernici a viscosità 80" Ford 4 e con rulli in poliuretano di durezza 55 Shore A, ndr*], nonché dalla corretta impostazione delle velocità relative dei due rulli.
La vernice può essere versata dall'alto tra i due rulli o raccolta dalla vaschetta mantenendo opportunamente immerso il rullo intermedio (per questo detto anche *prenditore* o *pick-up*).
Il sistema "diretto" viene utilizzato per applicare prodotti a bassa copertura, essendo in grado di applicare fino a 10÷15 Qm umidi e per questo motivo viene comunemente utilizzato per i prodotti di base (*es: primer o backcoating*), con il notevole vantaggio di ridurre i danneggiamenti meccanici al cilindro di applicazione dovuti al contatto con i bordi di taglio del nastro, ma con una capacità più limitata di controllare la distensione del *film* sul laminato.

Applicazione rovescia (*reverse*)
Il rullo applicatore gira in senso contrario al nastro laminato, ad una velocità periferica sempre superiore. La maggior velocità contribuisce alla miglior distensione applicativa del *film* umido. La scolastica suggerisce velocità intorno al 120% della linea, ma piccole variazioni possono essere necessarie per il miglior risultato estetico finale.
Il rullo intermedio gira in senso concorde all'applicatore ad una velocità 1/2 - 1/4 della linea. Anche in questo caso, lo spessore della vernice applicata è determinato dalla distanza e dalla pressione tra il rullo intermedio e il rullo applicatore, nonché dall'impostazione delle velocità relative dei rulli, responsabili inoltre della distensione della vernice sul laminato.
Con questo assetto di rotazione dei rulli l'alimentazione della vernice può essere prevista solo tramite immersione del rullo intermedio nella vaschetta, mentre per provvedere all'alimentazione dall'alto è necessario ricorrere all'utilizzo di un terzo rullo, denominato "esterno". Il terzo rullo può essere montato "in linea", seguendo la direzione dei due già esistenti, oppure a "V", geometricamente speculare rispetto al rullo intermedio e quindi in posizione più alta. Nella posizione "in linea" il terzo rullo diventa il "prenditore", oppure il "pescante", poiché essendo il più basso draga vernice dalla vaschetta, mentre nella posizione a "V" diventa "il misuratore" (come vedremo successivamente nell'applicazione "doppia rovescia"). Nella singola rovescia il rullo esterno gira concorde al rullo intermedio, a velocità molto ridotte, ed ha lo scopo di mantenere il corretto deflusso di vernice, versata dall'alto tra i rulli esterno e

intermedio, in modo che la stessa e sufficiente quantità di prodotto passi verso il rullo intermedio senza discontinuità su tutta la tavola del rullo.
L'applicazione "in rovescia" viene utilizzata per prodotti a copertura fino a 30÷50 Qm umidi e per questo si utilizza per la mano a finire (es: *topcoat*), laddove è richiesta una distensione molto curata del film di vernice sul laminato.

Applicazione doppia rovescia (*"double reverse"*)
Il rullo applicatore gira in senso contrario al nastro laminato, ad una velocità periferica leggermente superiore. Il rullo intermedio gira in senso contrario al rullo applicatore, ad una velocità leggermente superiore allo stesso. I rullo esterno gira in senso concorde al rullo intermedio, ad una velocità ridotta.
Lo spessore della vernice è determinato dalla pressione tra rullo esterno e rullo intermedio. La pressione tra rullo intermedio e rullo applicatore deve essere la minima necessaria al trasferimento del film umido già a misura sul rullo intermedio.
L'alimentazione della vernice avviene tramite vaschetta, per questo nella configurazione a "V" il rullo esterno è detto "misuratore" (*metering roll*).
La "doppia rovescia" è la tecnologia applicativa che permette di raggiungere i risultati estetici più elevati e si utilizza per le vernici più complesse da applicare (es: lucidi). Con questo assetto si riesce inoltre ad applicare rivestimenti ad alto e altissimo spessore (es: poliuretanici, plastisol).

Altre osservazioni generali
L'operatività sulle macchine di applicazione vernice (*coater*) è una delle funzioni professionali dove ancora l'uomo non è sostituibile dalla macchina. La corretta applicazione del *film* di rivestimento, infatti, dipende da una innumerevole serie di fattori non tutti codificabili in formule, procedure o modelli matematici, né esistono ad oggi strumenti affidabili in grado di intervenire automaticamente nella correzione dei parametri di macchina. Esistono alcuni tentativi in tal senso, ma ancora da consolidare, tra cui il "*loop* chiuso" di controllo dei rulli sulla base della misurazione dello spessore di vernice applicato. Altre tecnologie di controllo qualitativo (colorimetro, glossmetro, rilevatore difetti, ...) sono disponibili e consolidate ma solo come supporto per l'operatore.
La *conformità estetica* della stesura del *film*, che per sua natura e tensione superficiale tende a disporsi "a tendina" sui rulli, è misurata ancora solo dall'occhio umano (difetto denominato tipicamente "spaghettatura").
Oltre all'applicazione del corretto spessore di vernice, l'attività di verniciatura comprende anche numerosi altri aspetti tecnici e operativi tra cui, ad esempio, le caratteristiche di rivestimento dei rulli: la famiglia dei poliuretani e delle gomme offre infatti una ampia gamma di scelta in funzione dei risultati che si vogliono raggiungere, senza trascurare gli obiettivi di resistenza all'usura e la rettificabilità [*attualmente le durezze più utilizzate si aggirano intorno ai 55 Shore A*]. I rulli intermedi invece possono essere semplicemente in acciaio inossidabile oppure con rivestimento speciale, dalla cromatura alla più sofisticate soluzioni con materiali ceramici. Le finalità obiettivo rimango-

no sempre le stesse: buona capacità di raccogliere e trattenere vernice fino al rullo applicatore (mantenimento del "menisco") e opportuna rugosità per il risultato estetico applicativo finale.
Infine alle alte velocità di rotazione è facile incorrere in problemi legati agli schizzi di vernice, per questo il diametro dei rulli e le "riserve" a scalino sui bordi della tavola vanno adeguatamente considerati nella fase tecnica progettuale dell'impianto.
Altre numerose soluzioni pratiche e operative sono adottate da ogni esperto verniciatore, nella propria cabina di verniciatura, per il miglioramento continuo dei risultati produttivi, dell'efficienza e della qualità. Parliamo di tutti quegli accorgimenti pratici, frutto dell'esperienza più che della teoria, che fanno dell'operatore esperto un vero professionista della produzione e un artista della qualità, osservazioni note ed aneddoti che raccolti tutti insieme meriterebbero un libro a parte, meno scientifico e molto più un piacevole romanzo.

Prodotti vernicianti in polvere
Nel caso di processo di verniciatura con P.V. in polvere è diversa la tecnologia applicativa ma il resto dell'impianto non subisce variazioni significative.

Descrizione dei più comuni sistemi di applicazione dei P.V. in polvere
La verniciatura elettrostatica delle polveri è diventata oggi il sistema di applicazione più largamente in uso. Questo metodo, sviluppato verso la metà degli anni '60, ha incontrato un grande favore ed, in considerazione del vasto interesse suscitato, ha subito col tempo diverse modificazioni allo scopo di renderlo sempre più semplice ed efficiente.
L'apparecchiatura di spruzzo è costituita da 5 elementi di base:
1. il contenitore della polvere (normalmente "a letto fluido"), dove la polvere viene continuamente alimentata dal fusto e mantenuta in movimento per evitare fenomeni di sinterizzazione;
2. la pistola di erogazione;
3. la cabina di applicazione, dove la polvere spruzzata dalle pistole viene convogliata sul laminato;
4. il sistema di recupero, che permette di riciclare fino a > 95% della vernice in polvere, costituito principalmente da un "ciclone" dove le particelle di polvere recuperate vengono selezionate in funzione della granulometria;
5. il generatore di corrente (nel caso di applicazione "ad effetto corona").

Al contrario dei sistemi per le vernici liquide, applicate esclusivamente per mezzo di rulli, i metodi per applicare le vernici in polvere sono di diversa natura, e la scelta deve essere fatta in funzione di tipo di prodotto finito, tipo di polvere e spessore applicato, spazio disponibile e livello di automazione, per citare solamente i principali.
Nel caso di applicazione nel settore del "preverniciato", la scelta più comune è l'applicazione a spruzzo elettrostatico con pistole. Diversi tipi, che si basano su principi tecnologici differenti, sono disponibili: "ad effetto corona", "a carica triboelettrica", tecnologie alternative, come combinazioni corona-tribo oppure pistole a carica interna.

Ad effetto "corona"
La carica ad alto voltaggio (sino a 100 kW) viene applicata dall'elettrodo davanti all'ugello della pistola: quando l'elettrodo è carico, si forma un campo elettrostatico che le particelle di polvere attraversano, caricandosi e venendo attirate dal laminato caricato con polarità opposta. Lo spessore della polvere è funzione essenzialmente della posizione delle pistole, del tempo di attraversamento, della forma e della granulometria delle particelle di polvere.
Si tratta di un sistema di applicazione semplice ed efficiente, con ottima resa di produzione e flessibilità formulativa della polveri, ma con il problema della possibile formazione di scintille ed il grosso inconveniente dovuto alla cosiddetta "Gabbia di Faraday": infatti, le pistole ad effetto corona generano un campo elettrostatico fra pistola e metallo che è in grado di determinare la ionizzazione dell'aria immediatamente circostante; questo effetto, in aggiunta al fatto che le linee di campo elettrostatico tendono ad accumularsi sui bordi, e che sui bordi ci sarà una naturale "turbolenza", rende complesso ottenere una distribuzione omogenea del film verniciante in polvere sul laminato.

A carica triboelettrica
Questo sistema di applicazione sfrutta il fenomeno dell'elettricità per attrito: le particelle di polvere, poste in contatto tra di loro ed accelerate in velocità lungo tutta la superficie interna della pistola, acquistano una carica elettrica. Una volta caricate, queste stesse vengono attirate al metallo, caricato con polarità opposta. Parametri fondamentali per l'utilizzo di questa metodologia sono la formulazione della polvere, l'umidità relativa dell'aria e la velocità di sfregamento delle particelle. Al contrario delle pistole ad effetto corona, in questo caso non esiste la possibilità di formazione di scintille né vi è ionizzazione dell'aria, tuttavia il numero delle pistole richieste è generalmente superiore.

Processo a letto fluido elettrostatico
Viene creata all'interno della sezione di verniciatura una nuvola di polvere tenuta in sospensione mediante aria e caricata elettricamente in modo analogo a quello descritto per le pistole a effetto corona. La superficie da verniciare passa attraverso la nuvola e viene ricoperta dalle particelle di polvere.

COTTURA DELLE VERNICI

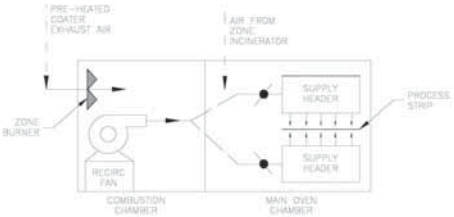
Le vernici per il processo di c*oil coating* sono composte da resine organiche monomeriche disciolte e disperse in solvente, con pigmenti e altre sostanze additive (opacanti, cere, distendenti e catalizzatori).
La fase di cottura, immediatamente successiva alla fase di applicazione, è finalizzata a portare il film umido alla temperatura di polimerizzazione ed a mantenerlo in quella condizione per il tempo necessario al completamento delle reazioni chimiche in atto. Per essere sicuri che si raggiungano i valori richiesti, per maggior precisione, non si parla di temperatura interna del forno, ma di temperatura di picco del metallo

(P.M.T.). La temperatura di PMT necessaria alla corretta e completa polimerizzazione del film di vernice è un valore "di progetto" della vernice stessa e varia in funzione del tipo di resina e degli additivi presenti. Le vernici per *coil* normalmente necessitano di temperature variabili tra i 150°C e i 250°C. Per le vernici poliesteri è comunemente indicata sulle schede prodotto dei fornitori di vernice la temperatura di 232°C, mentre per i PVDF 241°C.
Il tempo di cottura è funzione della lunghezza del forno, della velocità della linea, dello spessore del nastro e tradizionalmente oscilla tra i 10" e i 60" a seconda dei tipi di vernice (per vernici poliesteri standard è 20"), mentre può essere ridotto a tempi più ridotti con le nuove tecnologie e alcune correzioni sperimentali in atto.
La fase di cottura può a sua volta essere suddivisa in tre stadi, non perfettamente separati tra loro ma di notevole rilevanza tecnologica:
- evaporazione del solvente (che non partecipa al prodotto finito);
- polimerizzazione della resina (o policondensazione per le resine che, nel legame acido-alcool, producono un residuo di acqua);
- coalescenza (corrisponde alla stabilizzazione spaziale delle molecole nel polimero).

La prima fase di evaporazione avviene a temperatura di circa 150-170°C, senza che abbia inizio la reticolazione del legante (come si dice in gergo tecnico, il *film* rimane "aperto"); nella fase successiva e fino al raggiungimento della temperatura di corretta reticolazione il *film* passa allo stato plastico trasformandosi in uno strato compatto polimerico (reazione di *crosslink* tra i monomeri) fino al completamento della reazione chimica.
Al termine del processo di cottura, solitamente verificato o controllato a livello impiantistico tramite un pirometro ottico che garantisca il raggiungimento della corretta temperatura di PMT desiderata, il nastro viene raffreddato fino a circa 40°C tramite una sezione ad acqua ricircolante (*quench*), spesso preceduta da una sezione ad aria forzata (in particolare per laminati di alluminio o acciaio extrasottile, o per sistemi vernicianti di particolare contenuti estetici, è consigliato abbattere il PMT di circa 50-100°C per evitare shock termici troppo violenti nella fase di raffreddamento ad acqua che potrebbero lasciare impronte visive sul laminato).
Nel caso dell'impiego di prodotti vernicianti in polvere vengono rispettate le fasi seconda e terza, in quanto nelle polveri non sono presenti i solventi.
Le tecnologie di cottura attualmente più utilizzate a livello industriale sono le seguenti:
- forni a convezione forzata di aria calda
- forni a raggi infrarossi (emissioni ottenute da lampade elettriche o bruciatori a gas)
- forni ad induzione magnetica
- forni N.I.R.® (lampade elettriche evoluzione della tecnologia a raggi infrarossi).

Forni a convezione

I forni a convezione sono storicamente i più utilizzati sulle linee *coil coating*, al punto da essere denominati comunemente anche forni "tradizionali" ad aria calda. Su una linea completa il primo forno è dedicato alla cottura della prima mano di rivestimento (detto *primer*) e il secondo è dedicato alla mano a finire (*finish* o *top coat*). A fronte della varietà di sistemi vernicianti utilizzabili, normalmente il dimensionamento dei due forni viene calcolato per cicli caratterizzati da una copertura sulla faccia superiore di 5 µm di *primer* e 20 µm di *top coat*, mentre sul lato inferiore di 7 µm di *primer/backcoating.*



Recirculating Fan Circuit
Typical Oven Zone

I forni possono essere del tipo "a catenaria" o "flottanti", in base al tipo di ventilazione forzata prevista internamente.

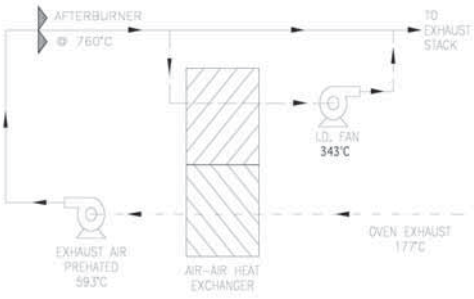
Ogni forno è solitamente costituito da diverse zone modulari, ciascuna delle quali è composta da una camera di combustione, da un ventilatore e dai canali che convogliano l'aria calda sulle due superfici del nastro. Per ciascuna camera è solitamente possibile regolare la temperatura ambientale (detta "di zona") tramite la gestione del bruciatore, e il flusso di aria calda al nastro tramite la gestione del ventilatore di mandata aria calda in ricircolo. Le zone ospitano infine un sistema di aspirazione dell'atmosfera locale al fine di convogliare i solventi evaporati dal nastro umido in fase di essicazione verso il postcombustore.

Per una linea ad alta capacità produttiva il carico massimo di solvente può arrivare a 235 litri/ora per il forno del *primer* ed a 365 litri/ora per il forno del *finish*. Il dimensionamento della ventilazione interna, relativamente alle zone di incenerimento e post combusione, deve tener conto, come indicato dalle normative di riferimento, di operare a concentrazioni di solvente pari al 25% del L.E.L., adottando quindi un coefficiente di sicurezza pari a quattro. In caso di superamento di questa soglia, e quindi all'aumentare della temperatura, le logiche di sicurezza devono prevedere che il controllo da PLC invii prima un segnale di avviso e poi inibisca automaticamente il consenso all'utilizzo delle macchine vernicianti.

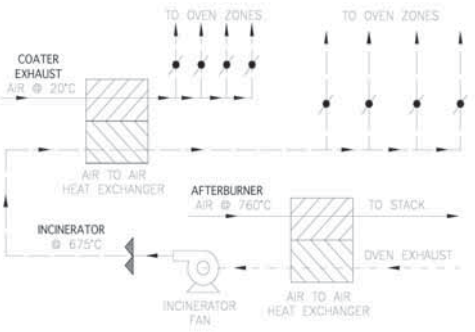
Descrizione del postcombustore

Il processo di cottura delle vernici produce inevitabilmente componenti organici volatili (V.O.C.) che devono necessariamente essere distrutti attraverso una azione di trattamento del flusso con ossigeno e calore (incenerimento). I VOC sono così convertiti in CO_2, vapore acqueo e calore, agendo sui tre parametri di controllo che sono temperatura, tempo di permanenza e regime di turbolenza del flusso nella camera di combustio-

ne. I fumi, completata la reazione di ossidazione, vengono poi dispersi in atmosfera tramite scarico in ciminiera.
Il calore generato dalla combustione dei solventi è una forma di energia recuperabile con diverse soluzioni. Può essere utilizzato come energia per processi diversi, ad esempio per la produzione di vapore, o direttamente sullo stesso impianto, per preriscaldare il flusso di aria che alimenta i bruciatori. Nel caso di inceneritore interno al forno stesso, il calore può essere sfruttato per irraggiamento sul laminato verniciato stesso. Nei casi di inceneritore esterno, invece, il calore dei fumi può essere raccolto da sezioni rigenerative ad elevato scambio termico (rotative o a tre stadi alternati), la cui efficienza a regime può portare il postcombustore ad autoalimentarsi e non richiedere combustibile aggiuntivo (*R.T.O. Regenerative Thermal Oxidizer*).



Thermal Oxidation Efficiency



Zone Incinerator Circuit

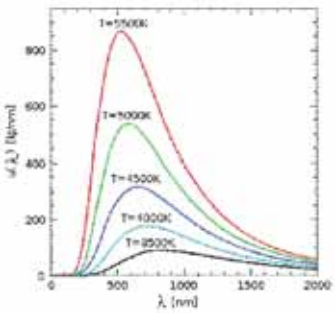
Esempio di una situazione di processo e principali indicatori operativi:

- **Nastro di riferimento:**
  0.6 mm x 1000 mm x 180 m/min @ 260° C PMT
- **Temperature di Zona:**
  460° C (entrambi I forni)
- **Carico di solvente:**
  578 l/h - *primer* (227) *and finish* (351)
- **Potere calorifico del solvente:**
  7,300 Kcal/l
- **Temperatura inceneritore:**
  675° C entrambi i forni
- **Temperatura postcombustore:**
  760° C entrambi i forni
- **Flusso fumi esausti:** 30,180 Nm^3/h
- **Produttività oraria:** 51.0 tons/h
- **Potere calorifico gas naturale:**
  8,400 Kcal/ Nm^3
- **Consumo Energia Elettrica:** 500 Kw
- **Consumo combustibile:** 10.40 Nm^3/ton
- **NO_x :** 500 mg/ Nm^3
- **VOC's :** 50 mg/ Nm^3 (misurati come CH_4)
- **Polveri:** 10 mg/ Nm^3

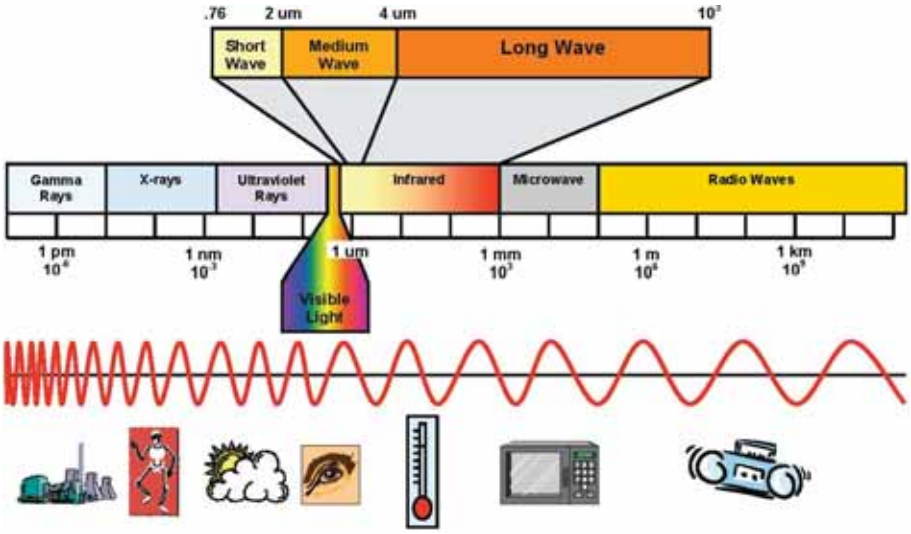
Forni a flottazione
Rispetto ad un forno a convezione tradizionale, il forno a flottazione prevede una convezione forzata a maggior spinta fluidodinamica, in grado di sorreggere il peso nel laminato stesso. Le dimensioni del tunnel sono molto ridotte ed il nastro passa attraverso una serie di rampe di soffiaggio, contrapposte ed alternate, attraverso le quali vengono immessi volumi di aria calda (circa 20.000 Nm^3/h) ad una pressione di circa 100 mm H_2O. Il nastro viaggia quindi sorretto dalla spinta dell'aria uscente dalle rampe inferiori, mentre l'aria che esce da quelle superiori lo vincola nel senso opposto.
Interposte fra le rampe di soffiaggio ci sono delle griglie di aspirazione che garantiscono il ricambio di aria all'interno del forno. Anche in tale caso l'aria estratta, ricca di solvente, viene "bruciata" nei post-combustori.

Forni a raggi infrarossi
Il processo di cottura per irraggiamento a raggi infrarossi è utilizzato da molto tempo per soddisfare una vasta gamma di processi industriali e negli ultimi venticinque anni ne sono stati valorizzati i grandi vantaggi di efficienza, controllo e velocità nei tempi di risposta.
L'irraggiamento ad infrarossi è una forma diretta di riscaldamento: la sorgente di calore (emettitore a infrarossi o lampada) irradia energia che viene assorbita direttamente dal prodotto, cioè senza transitare per un mezzo intermedio come avviene nel caso dell'aria per i sistemi a convezione. È questa la prima ragione dell'elevata efficienza energetica, intrinseca di questa tecnologia.
L'energia a infrarossi è diretta al prodotto, e quando il prodotto assorbe questa energia viene convertita in calore.
L'energia infrarossa viene diffusa dalla sorgente in modo molto simile alla luce visibile: le superfici dei prodotti esposti assorbono l'energia infrarossa e si riscaldano. Il riscaldamento è quindi legato alla linea di direzione tra la sorgente e il prodotto, a seconda del rivestimento o del substrato, il calore si propaga successivamente anche per conduzione.
La capacità di un prodotto di assorbire energia è anche nota come "emissività".
Un corpo che teoricamente assorbe tutta l'energia viene definito "corpo nero" ed ha una emissività pari a 1.
Al contrario, un corpo con altissima riflettività viene definito di bassa emissività, fino a 0.
Il potenziale di riscaldamento di un oggetto tramite la tecnologia ad infrarossi è proporzionale alle seguenti grandezze:
• densità di potenza della sorgente
• lunghezza d'onda (temperatura) della sorgente
• distanza dalla sorgente al prodotto
• caratteristiche di riflessione dell'interno del forno
• movimento dell'aria e temperatura nel forno
• tempo di esposizione
• rapporto tra la superficie esposta e la massa del prodotto
• calore specifico del prodotto
• emissività del prodotto
• conducibilità termica del prodotto

L'infrarosso è una forma di radiazione elettromagnetica.
Nello spettro elettomagnetico, che comprende raggi gamma, raggi X, raggi ultravioletti, luce visibile, microonde e onde radio, tutte le onde viaggiano alla stessa velocità, della luce (300.000 km/s) e la lunghezza dell'onda è l'unica differenza che le caratterizza.
La banda dell'infrarosso è definita come la regione con λ compreso tra 0,76 µm e 1000 µm, si suddivide a sua volta in tre principali sottobande (onde corte, medie, lunghe) ed è nota anche come "gruppo termico" (*thermal waves*).



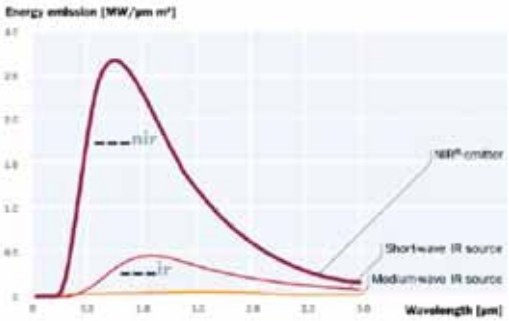
Un emettitore a infrarossi si riscalda quando una tensione elettrica è applicata su di esso. La resistenza interna si trasforma in calore e la temperatura del filamento determina la lunghezza d'onda della radiazione emessa. Ad esempio, una sorgente a 2000 K genera un'energia con lunghezza d'onda di picco di 1,5 µm, mentre una sorgente a 800 K ha una lunghezza d'onda di picco di 3,6 µm.
L'energia dispersa dall'emettitore segue una forma "a campana" nella quale la lunghezza d'onda "di picco" rappresenta la maggior quantità di energia emessa. La campana si estende in entrambe le direzioni e mostra che l'emettitore fornisce energia anche a lunghezze d'onda più corte e più lunghe. Per questo motivo una lampada ad incandescenza emette onde anche al confine tra infrarossi e spettro visibile (verso il rosso).



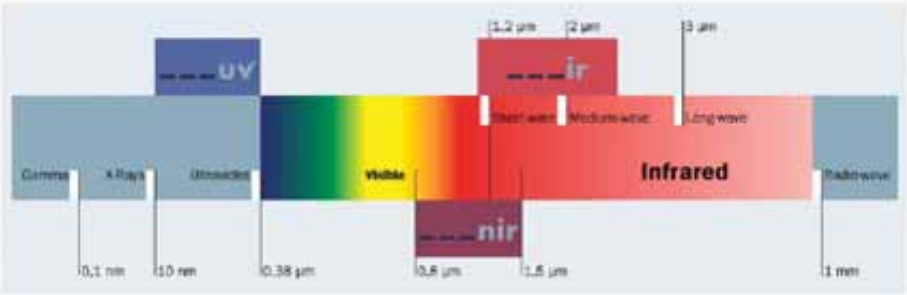
I vantaggi dell'utilizzo di energia ad onde corte infrarosse sono i seguenti:

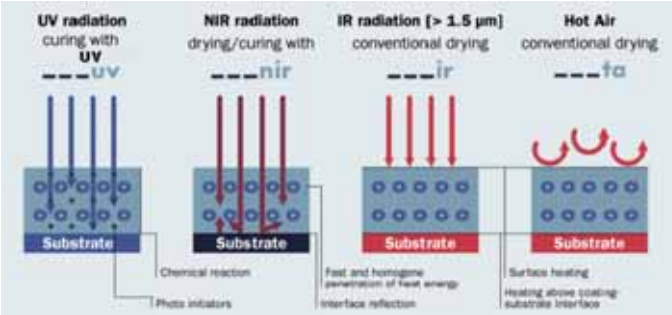
- sorgente di calore a risposta immediata (< 1 s)
- controllo totale dell'energia emessa
- riscaldamento rapido e brevi tempi di processo
- flessibilità di processo con indipendenza elettrica delle zone
- design compatto e spazi minimi di ingombro
- elimina la necessità di preriscaldamento
- qualità del prodotto costante
- fonte di energia pulita a basso impatto ambientale.

Forni di cottura con tecnologia N.I.R.®



Da alcuni anni è stata presentata una nuova tecnologia per la cottura delle vernici denominata N.I.R.®, acronimo registrato che significa *Near Infra Red*. Questa tecnologia si basa sulla massimizzazione e ottimizzazione della precedente tecnologia I.R. (a raggi infrarossi), sfruttando le leggi fisiche di Wien e di Stephan-Boltzmann secondo cui l'emissività segue una curva gaussiana in funzione della lunghezza d'onda e il picco di tale curva aumenta all'aumentare della temperatura del corpo emissivo (all'aumentare della temperatura il massimo di emissione si sposta verso lunghezze d'onda minori e quindi energie maggiori).



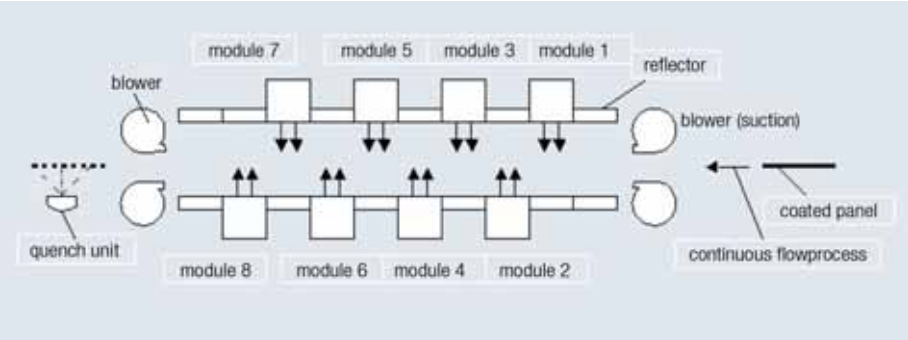


La tecnologia N.I.R., grazie a lampade che oggi possono raggiungere temperature di 3000 K, con assorbimento fino a 4 KW, sfrutta la maggior densità di energia offerta dalle frequenze vicine ed inferiori all'infrarosso, cioè con lunghezze d'onda λ comprese tra 0,8 e 1,5 µm.

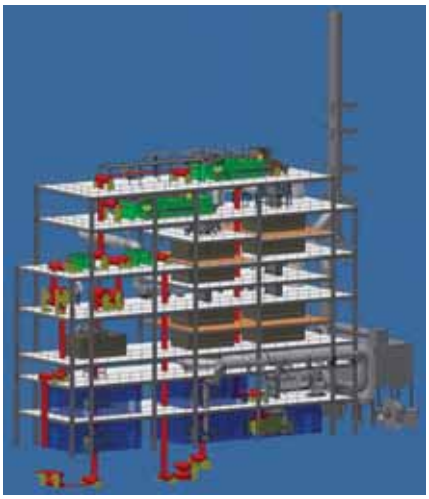
N.I.R. è quindi in grado di rendere disponibile l'energia richiesta per la polimerizzazione della vernice in tempi molto più ridotti, fino a 4 secondi[2] rispetto ai 20 s di un forno a convezione, in quanto l'energia emessa dalle lampade ha un'altissima densità e viene assorbita in modo più omogeneo dallo strato di vernice. Un impianto per alte velocità di processo richiede quindi spazi minori, grazie alla compattezza del forno la cui lunghezza può essere ridotta da 60 metri fino a 12 metri per il raggiungimento delle prestazioni richieste.

Il forno è costituito da una serie di unità modulari (dette *bridge*) nelle quali sono alloggiate le lampade, raffreddate con due circuiti separati ad acqua e ad aria, mentre l'interno del tunnel è rivestito di materiali speciali ad alta riflettività.
Un sistema gestito con PLC governa e modula la quantità di energia emessa in funzione dei parametri di processo, velocità di linea, spessore, larghezza, ciclo di verniciatura applicato e valore di PMT richiesto.
Il sistema di ventilazione è molto complesso perché progettato per il massimo recupero energetico: prevede l'aspirazione di aria dalle cabine, il passaggio come aria di raffreddamento lampade, poi come ventilazione interna al tunnel forno e infine viene trattata nel sistema R.T.O. (inceneritore esterno per la distruzione dei composti organici volatili, di tipo rigenerativo).
Il flusso d'aria in uscita all'R.T.O. (*Regenerative Thermal Oxidizer*) sarà utilizzato per preriscaldare il flusso di aria esausta e per altri recuperi energetici nel processo.
Un impianto dimensionato per accettare un carico di solvente massimo di 560 kg/ora e con criterio di sicurezza fissato al 20% del L.E.L., prevede una ventilazione totale del sistema pari a 70.000 Nm3/h di flusso d'aria.

[2] Il processo di cottura così rapido richiede un adeguamento formulativo delle vernici tradizionali al quale tutte le principali società di vernice stanno lavorando con proficuità e buoni risultati iniziali. I risultati definitivi si avranno solo con il proseguimento e consolidamento delle esperienze industriali oggi esistenti.



Questa tecnologia, che ha il vantaggio di bassissime inerzie termiche nel cambio di assetto delle temperature, rende possibile e vantaggioso unire il processo di verniciatura anche ad altri processi industriali continui, come ad esempio la fase di zincatura a caldo, ottenendo quindi un'unica soluzione impiantistica combinata (I.P.S. *Inline Paint Section*)



Le figure mostrano, a sinistra, il rendering di un forno di cottura con tecnologia NIR® e, a destra, l'impianto installato su una linea di coil coating.

Le immagini e i grafici che illustrano questo capitolo sono stati forniti da Marcegaglia S.p.A.

I SUPPORTI METALLICI PER LA PREVERNICIATURA

© Tata Steel

INTRODUZIONE

Di solito la considerazione principale nella scelta di un prodotto metallico preverniciato è rivolta alla natura del rivestimento organico. Non occorre però dimenticare che anche il supporto metallico di base assolve un ruolo fondamentale.
La prima e più ovvia distinzione è sul tipo di materiale da usare. Nella maggior parte dei casi viene utilizzato acciaio o alluminio, anche se altri metalli come rame o zinco possono essere ottenuti con una superficie preverniciata.
Sia nel caso dell'acciaio che in quello dell'alluminio esistono vari gradi che possono conferire sia resistenza sia caratteristiche di formabilità. Allo stesso modo si possono avere varie classi di resistenza alla corrosione.
Quando viene usato l'acciaio, nella maggior parte dei casi viene utilizzato anche un rivestimento metallico sulla sua superficie, che ne migliora la resistenza alla corrosione. Questo non costituisce comunque la regola generale e per alcune applicazioni dove la resistenza alla corrosione non è critica, per esempio ambienti interni e asciutti, la vernice può essere applicata direttamente sull'acciaio preventivamente laminato a freddo.
Il rivestimento metallico più comune per l'acciaio è lo zinco che forma un sottile strato che assolve una funzione di protezione sacrificale alla corrosione, ovvero si corrode lentamente prima dell'acciaio.
Sono anche disponibili rivestimenti formati da leghe di zinco e alluminio, generalmente nel rapporto 95:5 o 45:55 e talvolta anche con aggiunta di magnesio.
Questi differenti rivestimenti metallici possono migliorare ulteriormente la resistenza alla corrosione e possono essere particolarmente efficaci combinati con il rivestimento organico applicato durante la preverniciatura.
Quando viene usato l'alluminio, la composizione esatta della lega può avere un impatto significativo sulla resistenza alla corrosione, pertanto è saggio tenerne conto preventivamente nella selezione del processo produttivo.
Nel processo di *coil coating* un nastro di acciaio o alluminio è pulito efficacemente e pretrattato per migliorare ulteriormente la resistenza alla corrosione e l'adesione della vernice.

TIPI DI SUPPORTO

I laminati metallici usati quali supporto per la verniciatura sono in genere prodotti standardizzati, preparati con particolari caratteristiche superficiali al fine di un prodotto finito tecnicamente ed esteticamente perfetto.
Sebbene qualsiasi tipo di supporto metallico possa essere verniciato, tra i principali materiali utilizzati possono essere citati:
- Acciaio laminato a freddo
- Acciaio zincato elettroliticamente

- Acciaio zincato a caldo
- Acciaio rivestito con leghe zinco-alluminio
- Acciaio rivestito con leghe Zinco-Alluminio-Magnesio
- Alluminio nelle varie leghe.

Ognuno di essi presenta particolari caratteristiche che lo fa prediligere all'altro in funzione di vari criteri di scelta, tra cui la sua destinazione d'uso, la resistenza alla corrosione, il peso al mq, il prezzo, le caratteristiche meccaniche, ecc.

Acciaio laminato a freddo
Laddove non sussistano particolari esigenze di resistenza alla corrosione (ad esempio materiale per interni) la preverniciatura può essere effettuata su un supporto di acciaio senza un ulteriore rivestimento metallico. In questo caso un nastro laminato a caldo, preventivamente decapato, viene sottoposto ad un processo di laminazione a freddo per ottenere lo spessore desiderato, seguito da una ricottura avente lo scopo di ricostruire il grano metallografico dell'acciaio e renderlo lavorabile. A queste fasi segue una *skinpassatura* (laminazione superficiale) avente lo scopo di migliorarne la finitura superficiale e preparare la superficie a ricevere la vernice.

Le caratteristiche di questo tipo di supporti sono indicate nella norma UNI EN 10130, *"Prodotti piani laminati a freddo, di acciaio a basso tenore di carbonio per imbutitura o piegamento a freddo - Condizioni tecniche di fornitura"* di cui si riporta nella tabella sottostante un estratto delle caratteristiche meccaniche

Tipologia Acciaio	Designazione Acciaio	Limite Elastico Re(MPa) (*)	Carico Unitario di rottura Rm (MPa)	Allungamento a rottura A80 (%) (**)	Direzione provetta rispetto al senso di laminazione
Formatura a Freddo	DC01	140 ÷ 280	270 ÷ 410	≥ 28	Trasversale
	DC03	140 ÷ 240	270 ÷ 370	≥ 34	Trasversale
	DC04	140 ÷ 210	270 ÷ 350	≥ 38	Trasversale
	DC05	140 ÷ 180	270 ÷ 330	≥ 40	Trasversale
	DC06	120 ÷ 170	270 ÷ 330	≥ 41	Trasversale
	DC07	100 ÷ 150	250 ÷ 310	≥ 44	Trasversale

(*)I valore massimo di Re è aumentato di 40MPa per spessori ≤ 0,5mm, e di 20MPa per spessori >0,5 / ≤ 0,7 mm
(**) Tali valori s'intendono ridotti di 4 unità per spessori ≤ 0,5mm, e di 2 unità per spessori >0,5 / ≤ 0,7 mm

Per quanto riguarda l'aspetto estetico si fa riferimento alla superficie tipo B così citata nella suddetta norma: "la superficie migliore deve essere esente da difetti che possano compromettere l'aspetto uniforme di una verniciatura di qualità o di un rivestimento applicato per via elettrolitica."

Per le tolleranze dimensionali e di forma la norma di riferimento è la UNI EN 10131 *"Prodotti piani laminati a freddo, non rivestiti e rivestiti con zinco o con zinco-nichel per via elettrolitica, di acciaio a basso tenore di carbonio e ad alto limite di snervamento, per imbutitura e piegamento a freddo - Tolleranze sulla dimensione e sulla forma"*.
Tale norma prevede due livelli di severità di tolleranze sia per lo spessore che per la larghezza: tolleranze normali e ristrette.

Acciaio zincato elettroliticamente
Sul supporto laminato a freddo *skinpassato* sopra illustrato può essere applicato un rivestimento di zinco per via elettrolitica.
Con questo processo si riescono ad applicare spessori di rivestimento relativamente sottili se paragonati ad uno zincato in continuo. In termini di resistenza alla corrosione, l'acciaio elettrozincato si colloca tra il laminato a freddo e lo zincato in continuo.
È particolarmente adatto per mobili, elettrodomestici, finiture di interni ecc., anche grazie alle seguenti caratteristiche che lo contraddistinguono:
- Perfetta aderenza dello zinco, anche in presenza di lavorazioni meccaniche di piegatura o imbutitura molto severe
- Superficie microcristallina particolarmente adatta all'ancoraggio della vernice
- Aspetto superficiale molto regolare, con superficie esente da difetti.

Il processo di elettrozincatura avviene a freddo (60°C) e pertanto non altera le caratteristiche meccaniche dell'acciaio di base.
La designazione e le caratteristiche meccaniche sono regolate dalla norma UNI EN 10152 "*Prodotti piani di acciaio laminati a freddo, zincati per via elettrolitica, per formatura a freddo - Condizioni tecniche di fornitura"* da cui è riportato un estratto nella tabella seguente.

Tipologia Acciaio	Designazione Acciaio	Limite Elastico Re(MPa) (*)	Carico Unitario di rottura Rm (MPa)	Allungamento a rottura A80 (%) (**)	Direzione provetta rispetto al senso di laminazione
Formatura a Freddo	DC01 + ZE	140 ÷ 280	270 ÷ 410	≥ 28	Trasversale
	DC03 + ZE	140 ÷ 240	270 ÷ 370	≥ 34	Trasversale
	DC04 + ZE	140 ÷ 220	270 ÷ 350	≥ 38	Trasversale
	DC05 + ZE	140 ÷ 200	270 ÷ 330	≥ 40	Trasversale
	DC06 + ZE	130 ÷ 180	270 ÷ 350	≥ 41	Trasversale
	DC07 + ZE	110 ÷ 160	250 ÷ 310	≥ 43	Trasversale

(*)I valore massimo di Re è aumentato di 40MPa per spessori ≤ 0,5mm, e di 20MPa per spessori >0,5 / ≤ 0,7 mm
(**) Tali valori si intendono ridotti di 4 unità per spessori ≤ 0,5mm, e di 2 unità per spessori >0,5 / ≤ 0,7 mm

La designazione della copertura di zinco prevede i seguenti valori normalizzati ZE25/25 (2,5 µm per faccia), ZE50/50 (5 µm per faccia), ZE75/75 (7,5 µm per faccia), ZE100/100 (10 µm per faccia).
Il processo consente di rivestire anche la singola faccia.
Per le tolleranze dimensionali e di forma la norma di riferimento è la stessa UNI EN 10131, citata al paragrafo precedente per il laminato a freddo.

Breve descrizione dei processi di elettrozincatura, leghe e multistrato
Allo stato attuale si sono affermati tre tipi di celle elettrolitiche per la deposizione dello zinco o delle leghe di zinco: celle orizzontali, celle radiali o circonferenziali e celle verticali, schematizzate nelle figure 1, 2 e 3.
Ogni impianto di elettrodeposizione, indipendentemente dalla cella utilizzata, é formato dalle seguenti sezioni:

- *Sezione di ingresso nastro*
- *Sezione di pulitura nastro con processo di sgrassaggio alcalino - elettrolitico - spazzolatura meccanica, lavaggi vari*
- *Sezione di attivazione con decapaggio*
- *Sezione elettrolitica*
- *Sezione di lavaggio*
- *Sezione di fosfatazione, cromatazione, passivazione e pretrattamenti in genere*
- *Sezione controllo qualità (spessore e superficie)*
- *Sezione di uscita e imballo.*

Uno schema tipico d'impianto é raffigurato in figura 4.
Ritornando alle varie tecnologie di deposizione, le nuove tendenze, oltre che nella ricerca di leghe e multistrato, sono orientate nell'ottimizzazione di quelle che sono le peculiarità dell'elettrozincato.
Si cerca di ottenere un prodotto con cristallizzazione sempre più ordinata che consente di migliorare le caratteristiche di compattezza e resistenza specifica alla corrosione.
Tali risultati si ottengono con particolare studio della combinazione dei parametri di processo, quali concentrazione del metallo nell'elettrolita, temperatura, acidità, fluidodinamica dell'elettrolita nelle celle di deposizione.
Si sottolinea che al di là delle caratteristiche intrinseche del rivestimento, il processo di elettrodeposizione: non modifica le caratteristiche, meccaniche dell'acciaio di base, quali deformabilità stampabilità, ecc.

Tipi di celle elettrolitiche

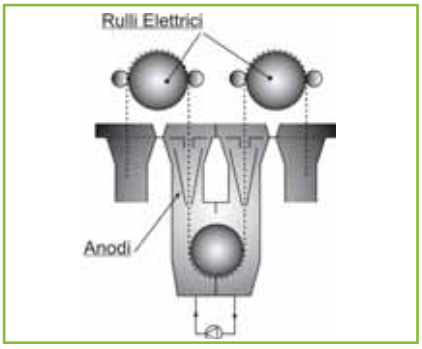


fig. 1: cella verticale

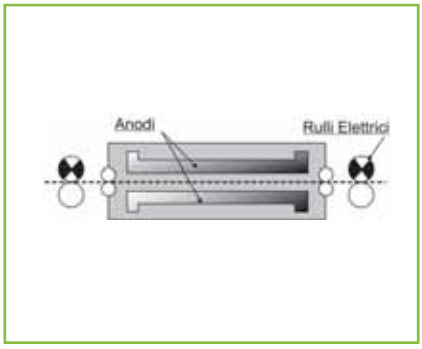


fig. 2: cella orizzontale

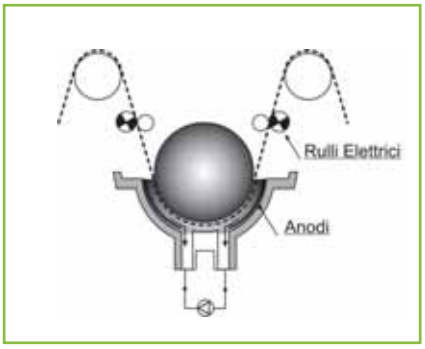


fig. 3: cella radiale

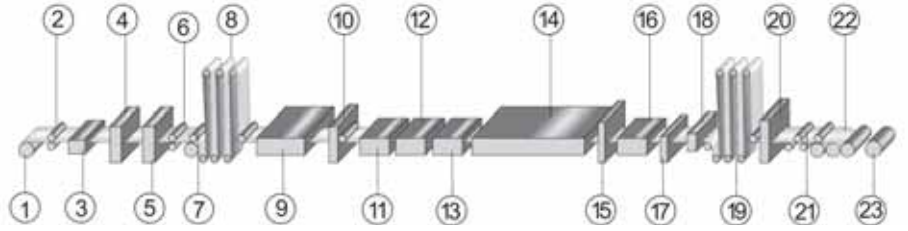


fig. 4: **Schema impianto di elettrozincatura**

1. aspo devolgitore
2. pinch roll
3. raddrizzatrice
4. cesoia
5. puntatrice
6. rulli schiacciabava
7. pinch roll con pressetta
8. accumulatore di entrata
9. sgrassaggio
10. spazzolatrice
11. pulitura elettrolitica
12. lavaggi
13. decapaggio
14. galvanizzazione
15. spazzolatrice
16. zona di finitura
17. spazzolatrice retro
18. essicatoio
19. accumulatore di uscita
20. cesoia
21. oleatrice
22. briglia con pinch roll
23. aspo avvolgitore

Acciaio zincato a caldo
Il processo di zincatura in continuo a caldo *(Processo Sendzmir)* consiste nel passaggio di un nastro preventivamente laminato a freddo in una linea che svolge con un solo *step* produttivo le seguenti funzioni principali: pulizia del nastro, trattamento termico di ricottura per conferire le adeguate caratteristiche meccaniche, immersione del nastro in un bagno di zinco fuso, skinpassatura, eventuale protezione superficiale.
Le caratteristiche tecniche dei nastri zincati a caldo sono descritte nella norma **UNI EN 10346** *"Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo – Condizioni tecniche di fornitura".*
La tabella sottostante riporta i valori di caratteristiche meccaniche prescritte per ogni tipologia di acciaio

Tipologia Acciaio	Designazione Acciaio	Limite Elastico Re(MPa) (*)	Carico Unitario di rottura Rm (MPa)	Allungamento a rottura A80 (%) (**)	Direzione provetta rispetto al senso di laminazione
Formatura a Freddo	DX51D+Z	≥ 140	270 ÷ 500	≥ 22	Trasversale
	DX52D+Z	140 ÷ 300	270 ÷ 420	≥ 26	Trasversale
	DX53D+Z	140 ÷ 260	270 ÷ 380	≥ 30	Trasversale
	DX54D+Z	120 ÷ 220	260 ÷ 350	≥ 36	Trasversale
	DX56D+Z	120 ÷ 180	260 ÷ 350	≥ 39	Trasversale
	DX57D+Z	120 ÷ 170	260 ÷ 350	≥ 41	Trasversale
Strutturale	S220GD+Z	≥ 220	≥ 300	≥ 20	Longitudinale
	S250GD+Z	≥ 250	≥ 330	≥ 19	Longitudinale
	S280GD+Z	≥ 280	≥ 360	≥ 18	Longitudinale
	S320GD+Z	≥ 320	≥ 390	≥ 17	Longitudinale
	S350GD+Z	≥ 350	≥ 420	≥ 16	Longitudinale
	S550GD+Z	≥ 550	≥ 560	-	Longitudinale

(*) Tali valori si intendono ridotti di 4 unità per spessori ≤ 0,5mm, e di 2 unità per spessori >0,5 / ≤ 0,7 mm

La stessa norma UNI EN 10346 menziona i valori di copertura di zinco standardizzati, identificandoli con la lettera Z seguita da un numero che rappresenta il rivestimento superficiale di zinco espresso in g/mq.
Ad esempio: una copertura Z100 sta a indicare che su un metro quadro di lamiera, la quantità minima di zinco applicata su entrambe le facce è uguale a 100 grammi (50 g/mq per faccia). Generalmente tale valore viene calcolato con un minimo di tre misurazioni da effettuarsi sulla larghezza del nastro.
Le più comuni coperture di zinco che vengono utilizzate sui supporti

destinati alla preverniciatura sono le seguenti: Z100 – Z140 – Z200 – Z225 – Z275 sebbene la UNI EN 10346 menzioni anche coperture superiori.

Il ruolo principale della quantità di zinco è di contribuire alla durata nel tempo del manufatto finale, e influenza pertanto le garanzie ottenibili su un determinato prodotto.
A parità di altri parametri di prodotto e ambientali, è abbastanza ovvio che un manufatto preverniciato su un acciaio zincato Z275 avrà una durata nettamente maggiore rispetto ad uno stesso manufatto avente una copertura Z100.
La tecnologia produttiva delle linee di zincatura in continuo consente di regolare la quantità di zinco applicabile sulle singole facce. Questo rende possibile la realizzazione di coperture differenziate che potrebbero trovare la propria utilità laddove una faccia del prodotto sia meno esposta (ad esempio la faccia interna di un pannello *sandwich* in contatto con schiuma poliuretanica) rendendo possibile delle ottimizzazioni tra costo e *performance* del prodotto.

L'aspetto superficiale usualmente impiegato nel supporto per la preverniciatura è quello di tipo MB o MC come descritto dalla UNI EN 10346. Questo aspetto superficiale implica una laminazione superficiale a freddo (*skinpassatura*) che conferisce rugosità alla superficie preparandola ad accogliere la vernice e al tempo stesso ne migliora l'aspetto estetico. Mentre la finitura di tipo MB rappresenta lo standard produttivo, si ricorre in genere a quella di tipo MC per esigenze di aspetto superficiale molto più severe e restrittive.

Per le tolleranze dimensionali e di forma la norma di riferimento è la UNI EN 10143 "Lamiere sottili e nastri di acciaio con rivestimento applicato per immersione a caldo in continuo - Tolleranze sulla dimensione e sulla forma". Tale norma prevede due livelli di severità di tolleranze sia per lo spessore che per la larghezza: tolleranze normali e ristrette.

Disegno 3D renderizzato della Zincoverniciatura 3 attiva presso lo stabilimento Marcegaglia di Ravenna.

Acciaio rivestito con leghe zinco-alluminio
In alternativa al supporto di acciaio zincato descritto al precedente paragrafo, basandosi su un procedimento produttivo del tutto analogo, esiste la possibilità di rivestire l'acciaio con altri tipi di rivestimenti metallici aventi diverse composizioni di Zinco e Alluminio. Tali materiali hanno trovato un largo impiego sia allo stato naturale sia ulteriormente protetti con rivestimenti organici (preverniciato o film plastico)
Nei casi in cui la percentuale di zinco sia superiore a quella dell'alluminio, la designazione viene fatta con le lettere ZA seguite dalla quantità di rivestimento metallico in g/mq (somma delle due facce).
Tipicamente si tratta di leghe Zinco + 5% Alluminio e *Mischmetal* (miscela di elementi appartenenti al gruppo delle terre rare) meglio conosciute nel mercato con il nome di Galfan.
Nei casi in cui la percentuale di alluminio sia superiore a quella dello zinco, la designazione viene fatta con le lettere AZ seguite dalla quantità di rivestimento metallico in g/mq (somma delle due facce). Tipicamente si tratta di leghe 55% Alluminio+Zinco commercializzate sotto vari nomi tra cui: *Aluzinc, Galvalume, Zincalit, Zincalume, Aluzink, Alugalv.*
La presenza di alluminio nella lega conferisce all'acciaio formabilità e resistenza alla corrosione
Le norme di riferimento per tali prodotti sono le stesse menzionate al paragrafo precedente relativo all'acciaio zincato a caldo, vale a dire:
* UNI EN 10346 per quanto riguarda le Condizioni tecniche di fornitura;
* UNI EN 10143 per quanto riguarda le tolleranze dimensionali e di forma.

In particolare, un acciaio zincato a caldo in continuo designato come DX51+Z diventerebbe DX51+ZA in caso di rivestimento in lega zinco-alluminio, oppure DX51+AZ in caso di rivestimento in lega Alluminio-Zinco. Lo stesso dicasi per le altre qualità menzionate nella tabella al paragrafo precedente. Sono altresì applicabili gli stessi *range* di caratteristiche meccaniche ivi citati.
In termini di quantità di rivestimento metallico, i valori normalizzati nella UNI EN 10346:2009 sono i seguenti:
* ZA095 - ZA130 - ZA185 - ZA200 - ZA255 – (ZA300)
* AZ100 – AZ150 – AZ185.
A solo titolo indicativo, si rende noto che le altre due tipologie di prodotto rivestito metallicamente menzionate nella UNI EN 10346 sono le leghe Alluminio-Silicio, designate con la sigla AS e comunemente chiamate Alusi, e le leghe Zinco-Ferro, designate con la sigla ZF.

Acciaio rivestito con leghe zinco-alluminio-magnesio

Negli ultimi tempi un interesse particolare nel settore dell'acciaio piano rivestito metallicamente, si è rivolto allo sviluppo di rivestimenti che oltre allo zinco e all'alluminio contengano anche percentuali di magnesio.
Tali prodotti sono molto promettenti soprattutto in termini di resistenza alla corrosione, poiché l'aggiunta di magnesio allo zinco migliora fortemente le proprietà di inibizione della corrosione del rivestimento. I rivestimenti zinco/magnesio possono essere eseguiti sulle linee esistenti di zincatura a caldo senza alcuna modifica significativa e costituiscono un ottima base eccellente per i successivi rivestimenti organici.
Rispetto ai rivestimenti di zinco (GI), le nuove leghe zinco/magnesio mostrano:

- Una protezione dalla corrosione significativamente migliorata a parità di spessore
- Una protezione dalla corrosione simile o addirittura migliore anche con spessori di rivestimento ridotti
- Compatibilità con i comuni processi di formatura e assemblaggio
- Un basso coefficiente di attrito e minor abrasione degli utensili.

Il metallo preverniciato basato su leghe ZM rispondono pienamente ai requisiti ufficiali: soddisfano le classi di corrosione DIBT tedesche con pesi del rivestimento ridotti e sono stati standardizzati dalla SEW022 in appendice alla DIN EN 10346.
Esperienze di produzione in serie con queste leghe sono in atto già da cinque anni e il loro impiego è consolidato nell'industria edile, in fase di collaudo nell'industria dell'auto, e si è registrato un incremento stabile della produzione a partire dal 2007[1].
Le proprietà sopra descritte dei rivestimenti zinco/magnesio si traducono nei seguenti benefici per l'utilizzatore finale:

- Maggiore vita di servizio
- Complementarietà con altre misure di protezione dalla corrosione
- Contribuzione alla riduzione del peso delle costruzioni
- Contribuzione alla sostenibilità dei processi: preservano le risorse di zinco
- Formabilità potenziata.

[1] *Fonti: "Coil Coating and Zn-Mg coatings – an ideal and successful combination " J. Schulz; Dr. B. Werner ThyssenKrupp Steel Europe AG, Dortmund 46th ECCA General Meeting Palma de Mallorca, 21-22 May 2012*
"Emerging coatings for galvanized steel ZincMagnesium – why?" Dr. Thomas Koll, Salzgitter Mannesmann Forschung, 17th Galvanising & Coil Coating Conference, Barcelona, 21.09.2012

Alluminio nelle varie leghe

L'alluminio è uno degli elementi chimici più diffusi sulla crosta terreste nelle sue forme complessate di ossidi e sali, principalmente Bauxite, da cui viene ottenuto per lavorazione meccanica ed elettrolisi, secondo i processi Bayer e Hall-Heroult con una resa di 1 kg di alluminio per ogni 4 kg di Bauxite.
È un metallo particolarmente interessante per le sue caratteristiche uniche di leggerezza, ottima conducibilità termica ed elettrica, resilienza e lavorabilità eccellenti, e alta resistenza alla corrosione, con la tipica formazione auto protettiva dello strato di ossido superficiale, oltre ad un aspetto estetico superficiale particolarmente apprezzato.
L'alluminio può essere interamente ed infinitamente riciclato senza alcuna perdita delle proprie caratteristiche qualitative, anche nella forma di materiale verniciato: in questo caso, il riciclo dovrà prevedere la pirolisi del prodotto verniciante, prima delle fasi di riciclo del metallo.
L'alluminio è generalmente utilizzato nelle sue diverse leghe. Nel processo di verniciatura sono utilizzati nastri di alluminio e sue leghe definiti secondo le norme EN-573 parti 1^, 2^, 3^, e 4^ (leghe di alluminio, composizione chimica e forme dei prodotti lavorati) le cui qualità sono codificate come segue:
Esempio:
Lega di alluminio con il 2,5% di Mg
EN AW-5052 (Al Mg2,5)
dove: EN = Designazione Europea
A = Alluminio
W = Prodotti di lavorazione plastica
5052 = Quattro cifre che rappresentano la composizione chimica
(Al Mg2,5) = % dell'allegante.

La prima delle quattro cifre, che rappresentano la composizione chimica, determina i gruppi delle leghe di Alluminio.

Leghe di alluminio classificate secondo il maggior allegante in esse presente:

1XXX (Serie 1000)	Alluminio non legato con un titolo uguale o superiore al 99,00%
2XXX (Serie 2000)	Rame
3XXX (Serie 3000)	Manganese
4XXX (Serie 4000)	Silicio
5XXX (Serie 5000)	Magnesio
6XXX (Serie 6000)	Magnesio e Silicio
7XXX (Serie 7000)	Zinco
8XXX (Serie 8000)	Altri elementi
9XXX (Serie 9000)	Serie non usata

Nella serie 1000, quando la seconda é uguale a zero, significa che le impurezze sono naturali, mentre quando essa assume valori dall'1 al 9, significa che una o più impurezze sono soggette a controlli speciali.
La terza e la quarta cifra indicano la % minima di Al e corrispondono ai centesimi dopo la virgola del valore percentuale.

Esempio: EN AW-1050 - Alluminio non legato con un titolo minimo uguale al 99,50%.
I centesimi oltre il 99% sono definiti dalle ultime due cifre della designazione.
Esempio: EN AW-1070 - Alluminio non legato con un titolo minimo uguale al 99,70%.

Nelle serie dal 2000 all'8000, quando la seconda cifra é uguale a zero, significa che la composizione chimica della lega é quella originale mentre quando essa assume valori dall'1 al 9, significa che ha subito delle modifiche. La terza e la quarta cifra non hanno particolari significati e servono solo per la classificazione della lega all'interno del gruppo di appartenenza.

Stati fisici - Regole di Designazione
Secondo la norma EN-515, gli stati fisici delle leghe da lavorazione plastica sono codificati con la lettera "H" (*Hardness*) seguita per lo più da due cifre, dove la lettera "H" significa incrudimento da lavorazione plastica.

Lettera	1 cifra	2 cifra
H	x	x

Esempio: H14
La prima cifra può assumere valori da 1 a 4 ed indica secondo quale processo é stato ottenuto l'incrudimento voluto.
La seconda cifra indica il grado di incrudimento e può assumere valori da 1 a 9.

Nota: lo stato fisico ricotto (completamente ricristallizzato) é codificato con la lettera O.

Prima cifra

1 Il grado di incrudimento desiderato é ottenuto direttamente con il processo di laminazione a freddo.

2 Il grado di incrudimento del nastro laminato é ottenuto per ricottura parziale al termine del processo di laminazione a freddo.

3 Il grado di incrudimento é ottenuto come descritto per la cifra 1 con un trattamento termico finale di stabilizzazione a bassa temperatura. È una designazione necessaria per quelle leghe (Al-Mg) che dopo laminazione a freddo sono soggette a fenomeni di addolcimento a temperatura ambiente con un lieve decremento delle proprietà tensili.

4 Indica che il nastro, oltre ad avere un grado di incrudimento come descritto per le cifre 1-2-3, é passato in continuo nei forni per la polimerizzazione delle vernici o adesivi e quindi può essere soggetto ad una parziale ricottura.

Seconda cifra
Le cifre che sono normalmente utilizzate per definire il grado di incrudimento sono quelle pari sottoelencate; tuttavia, é possibile definire lo stato fisico anche con le cifre dispari 1-3-5-7, i cui valori di incrudimento corrispondono a quelli intermedi. Tutte le cifre definiscono comunque il valore minimo di carico di rottura espresso in MPa o N/mm^2.

NUOVA DESIGNAZIONE	VECCHIA DESIGNAZIONE
2 Incrudimento, secondo i processi definiti dalla prima cifra, pari al 15%	1/4 crudo
4 Incrudimento, secondo i processi definiti dalla prima cifra, pari al 35%	1/2 crudo
6 Incrudimento, secondo i processi definiti dalla prima cifra, pari al 55%	3/4 crudo
8 Incrudimento, secondo i processi definiti dalla prima cifra, pari al 75%	completamente crudo
9 Incrudimento da lavorazione diretto (> 75 %). Non controllato	extra crudo

Stati fisici e composizione chimica dei supporti di alluminio e sue leghe
Gli stati fisici dei supporti di alluminio e sue leghe e le tolleranze dimensionali sono definiti rispettivamente nelle norme EN 485-2 ed EN 485-4; la composizione chimica dei supporti di alluminio e sue leghe é definita nella norma EN 573-3. Va inoltre ricordato che, così come per l'acciaio, anche nel caso dell'alluminio la temperatura raggiunta dal laminato durante il processo di essicazione della vernice comporta una lieve variazione delle caratteristiche meccaniche del supporto, che avviene però in senso contrario a quanto succede per i laminati di acciaio: si verifica infatti una diminuzione della durezza e del carico di rottura del nastro con un aumento dell'allungamento. L'entità di tale variazione é funzione del tipo di supporto e del suo stato fisico di partenza e risulta più accentuata per i materiali con incrudimento iniziale più elevato.
Per i motivi sopracitati, le caratteristiche meccaniche dei supporti di alluminio e sue leghe dopo la verniciatura sono definiti dalla norma EN 1396,

alla quale, tra l'altro, fanno riferimento le caratteristiche sia chimiche che fisiche dei film secchi delle vernici.
I supporti vengono preparati sia con superficie *Mill-finish* ("da laminazione" con rugosità e omogeneità adeguate al successivo processo di preverniciatura) che superficie speciali, tra cui vanno ricordate *Bright Finish* ("a specchio") oppure *Brushed Finish* nelle diverse gradazioni di spazzolatura.
Le leghe relative ai laminati preverniciati maggiormente utilizzati per i più svariati impieghi finali sono:

Serie 1000
L'impiego tipico di nastri preverniciati di alluminio con diversa purezza si ha in quelle applicazioni in cui siano richieste buone caratteristiche di deformabilità a freddo (piegatura – profilatura - imbutitura) ma non di alta rigidità.

Serie 3000
Rispetto all'alluminio della serie 1000, tali leghe presentano caratteristiche meccaniche più elevate. Sono tuttavia capaci di sopportare senza rotture forti processi di deformazione a freddo.
Tali loro caratteristiche le rendono particolarmente idonee agli impieghi per edilizia ed alle lavorazioni di piegatura, profilatura, imbutitura.

Serie 5000
Rispetto ai laminati di alluminio precedentemente trattati, queste leghe hanno caratteristiche meccaniche assai più elevate che aumentano in particolare con l'aumentare del tenore di magnesio. Il supporto risulta pertanto caratterizzato da una notevole durezza ed elasticità pur mantenendo una buona imbutibilità che ne rendono l'impiego particolarmente indicato per il settore dell'edilizia (pannellature) e dell'imballaggio (*Can-Stock*).
La composizione chimica delle leghe di alluminio secondo EN 573 e le caratteristiche meccaniche del laminato dopo la verniciatura secondo EN 1396 risultano dalle tabelle seguenti.

Composizione chimica delle leghe di alluminio

LEGA Denomin.	COMPONENTI								ALTRI Max compon.	TOT.
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti		
EN AW 1050 A [Al 99,5]	0.75	0.40	0.05	0.05	0.05	-	0.07	0.05	0.03	-
EN AW 1200 [Al 99,0]	1	1	0.05	0.05	-	-	0.1	0.05	0.05	0.15
EN AW 3003 [Al Mn1Cu]	0.6	0.7	0.05/ 0.2	1/1.5	-	-	0.1	-	0.05	0.15
EN AW 3103 [Al Mn1]	0.5	0.7	0.1	0.9/ 1.5	0.3	0.1	0.2	0.1	0.05	0.15
EN AW 3004 [Al Mn1Mg1]	0.3	0.7	0.25	1/1.5	0.8/ 1.3	-	0.25	-	0.05	0.15
EN AW 3005 [Al Mn1Mg0.5]	0.6	0.7	0.3	1/1.5	0.2/ 0.6	0.1	0.25	0.1	0.05	0.15
EN AW 3105 [Al Mn0.5Mg0.5]	0.6	0.7	0.3	0.3/ 0.8	0.2/ 0.8	0.2	0.4	0.1	0.05	0.15
EN AW 5010 [Al Mg0.5 Mn]	0.4	0.7	0.25	0.10/ 0.30	0.20/ 0.6	0.15	0.30	0.10	0.05	0.15
EN AW 5005 [Al Mg1(B)]	0.3	0.7	0.2	0.2	0.5/ 1.1	0.1	0.25	-	0.05	0.15
EN AW 5050 [Al Mn1.5(C)]	0.4	0.7	0.2	0.1	1.1/1.8	0.1	0.25	-	0.05	0.15
EN AW 5251 [Al Mg2]	0.4	0.5	0.15	0.1/ 0.5	1.7/ 2.4	0.15	0.15	0.15	0.05	0.15
EN AW 5052 [Al Mg2.5]	0.25	0.4	0.1	0.1	2.2/ 2.8	15/ 0.3	0.1	-	0.05	0.15
EN AW 5754 [Al Mg3]	0.4	0.4	0.1	0.5	2.6/ 3.6	0.3	0.2	0.15	0.05	0.15

Caratteristiche meccaniche dopo verniciatura

LEGA	STATO FISICO	R_m MPa		$R_{p\,0.2}$ MPa	A_{50mm} (%) min. spessore mm		
		Min.	Max	Min.	t≤0.5	0.5 < t≤ 1.5	t>1.5
EN AW 1050 A [Al 99,5]	H 42	85	125	65	4	5	6
	H 44	100	145	80	3	4	5
	H46	120	160	90	2	3	4
	H 48	140	-	120	2	2	3
EN AW 1200 [Al 99,0]	H 42	90	135	70	4	5	6
	H 44	110	155	90	3	4	5
	H 46	130	170	100	2	3	4
	H 48	150	-	130	2	2	3
EN AW 3003 [Al Mn1Cu]	H 44	140	185	110	4	4	5
	H 46	165	210	140	2	3	3
	H 48	180	220	165	2	2	3
EN AW 3103 [Al Mn1]	H 44	140	180	110	4	4	5
	H 46	160	200	140	2	3	3
	H 48	180	-	160	2	2	3
EN AW 3004 [Al Mn1Mg1]	H 42	185	240	130	4	5	6
	H 44	210	265	180	3	4	4
	H 46	230	285	200	3	3	3
	H 48	260	-	220	2	3	3
EN AW 3005 [Al Mn1Mg0.5]	H 42	140	195	95	5	5	6
	H 44	165	215	135	3	3	4
	H 46	185	240	160	2	2	3
	H 48	210	-	180	1	2	2
EN AW 3105 [Al Mn0.5Mg0.5]	H 42	130	180	105	6	6	7
	H 44	150	200	120	3	3	4
	H 46	175	225	150	2	2	3
	H 48	195	-	170	2	2	2
EN AW 5005 [Al Mg1 (B)]	H 42	125	165	80	4	5	6
	H 44	145	185	110	3	4	5
	H 46	165	205	135	2	3	4
	H 48	185	-	160	1	2	3
EN AW 5010 [Al Mg0.5 Mn]	H42	110	150	90	5	5	6
	H44	130	170	100	3	3	4
	H45	140	180	110	2	2	3
	H46	150	190	120	2	2	3
	H48	170	210	140	1	1	2
EN AW 5050 [Al Mn1.5 (C)]	H 44	170	215	130	3	4	5
	H 46	190	235	160	2	3	4
	H 48	210	250	180	1	2	3
EN AW 5251 [Al Mg2]	H 44	190	230	120	3	5	6
	H 46	210	270	165	3	4	5
	H 48	250	-	215	2	3	3
EN AW 5052 [Al Mg2.5]	H 42	205	260	130	5	6	7
	H 44	230	280	150	4	5	6
	H 46	250	300	180	3	4	5
	H 48	270	-	210	3	3	4
EN AW 5754 [Al Mg3]	H 42	220	270	140	7	8	9
	H 44	230	280	160	5	5	6
	H 46	260	310	190	4	4	5
	H 48	280	-	220	3	3	4

IL PRETRATTAMENTO

© Attici in via Doberdò a Milano - architetti Giorgio Palù e Michele Bianchi - anno 2007

CORROSIONE DEI METALLI

È risaputo che molti metalli, in particolare il ferro, a contatto con l'aria e col tempo, si ricoprono di uno strato non metallico chiamato ossido. Questo fenomeno, detto di corrosione, é dovuto alla reazione chimica di ossidazione tra l'ossigeno presente nell'aria e i metalli con cui viene in contatto.

FERRO	$4Fe + 3O_2$	→	$2Fe_2O_3$ (ossido rosso)
ZINCO	$2Zn + O_2$	→	$2ZnO$ (ossido bianco)
RAME	$2Cu + O_2$	→	$2CuO$ (ossido verde)
ALLUMINIO	$4Al + 3O_2$	→	$2Al_2O_3$ (ossido bianco)

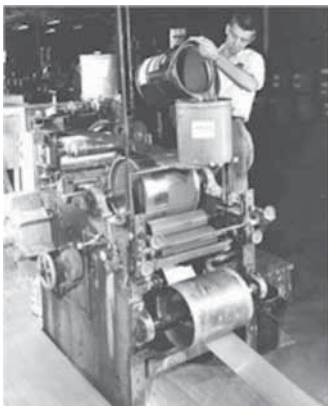
Verniciando una superficie metallica ossidata noteremo, dopo alcune settimane, la presenza di bolle e rigonfiamenti, definiti in termini tecnici *blistering*; sfregando semplicemente con la mano la vernice si staccherà con molta facilità.

Superficie verniciata con presenza di blistering

Questo avviene perché il film di vernice é permeabile all'aria, all'umidità e quindi all'ossigeno, il quale può continuare così la sua opera di corrosione e di distruzione del metallo in questione. Il pretrattamento ha il compito di evitare il fenomeno della corrosione, mediante la deposizione di particolari composti chimici sulla superficie del metallo.
Questi composti chimici facenti parte dello strato di conversione sono generalmente a base di ossidi o fosfati di metalli pesanti, e risultano essere inerti, e quindi poco reattivi, con aria ed ossigeno, evitando in tal modo la formazione di corrosione sulla superficie metallica.
Lo strato di conversione ottenuto con il pretrattamento ha inoltre la caratteristica di essere spugnoso, ruvido, e quindi di aumentare e migliorare l'ancoraggio e l'adesione del film di vernice.

IL PRETRATTAMENTO NEL *COIL COATING*

La storiografia colloca al 1952 in U.S.A. la nascita del primo impianto di *coil coating* (ad opera di Mr. Hunter) per produrre in modo economico e tecnicamente soddisfacente il materiale per tende alla veneziana.



Una linea di coil coating degli anni '50 per la produzione di tende alla veneziana.

Del 1956 e del 1960, rispettivamente, sono i primi impianti in Giappone ed Europa. Alla fine del 1990 si contavano, nel mondo industrializzato, oltre 360 linee, a testimonianza non solo del progresso tecnologico mondiale, ma anche del fatto che la tecnica applicativa del *coil coating* si é rivelata vincente poiché, per sua natura, favorisce grandemente gli *standard* qualitativi e quantitativi più elevati.

Nella descrizione dei cicli di pretrattamento per nastri va tenuto presente che, pur rimanendo sempre valida la sequenza delle fasi, in linea di principio è quasi impossibile descrivere tutte le soluzioni ingegneristiche adottate nella costruzione elle varie linee oggi esistenti.

FASI PRINCIPALI DI UN PROCESSO DI PRETRATTAMENTO

- **Sgrassaggio**
- **Spazzolatura**
- **Lavaggio**
- **Conversione superficiale**
- **Lavaggio**
- **Passivazione.**

Sgrassaggio

Ha lo scopo di togliere dalla superficie del nastro ogni traccia di olio, grasso, unto, macchie o residui provocati dalla precedente lavorazione subita dal nastro.

Vengono impiegate soluzioni alcaline contenenti tensioattivi, che hanno lo scopo di asportare i residui oleosi, presenti sul nastro, sotto forma di emulsione. Normalmente l'operazione di sgrassaggio viene eseguita a spruzzo a temperature comprese fra 50-70°C.

Nel caso di trattamento dell'alluminio, possono essere utilizzate soluzioni sgrassanti acide particolarmente additivate, al fine di rimuovere gli ossidi degli elementi presenti nella lega, oppure la combinazione di uno sgrassaggio alcalino seguito da uno sgrassaggio acido come precedentente descritto.

Spazzolatura
Ha il compito di togliere meccanicamente gli ossidi e l'eventuale polverino metallico che il solo sgrassaggio non é riuscito ad asportare.

Lavaggio
Viene effettuato con acqua a rinnovo e serve per eliminare i residui di sgrassante presenti sul nastro, onde evitare inquinamento delle successive soluzioni di pretrattamento

Conversione superficiale
Si devono distinguere, a seconda dei tipi di supporti da trattare, i seguenti trattamenti:

Alluminio	Cromatazione Fosfocromatazione Fluotitanazione o Fluozirconatura
Acciaio zincato	Nitrocobaltazione Fosfatazione ai fosfati di zinco
Acciai pre-rivestiti Zn/Al	Cromatazione (Galvalume, Galfan) Nitrocobaltazione modificata Fluotitanazione
Acciaio laminato a freddo	Fosfatazione ai fosfati di ferro Cromatazione
Multimetal	Trattamenti di natura mista organico/inorganica, generalmente di Cromatazione, Fluotitanazione, o a base di particolari composti del Silicio compatibili con tutti i substrati metallici

Qui di seguito descriviamo brevemente alcuni dei trattamenti sopracitati:

Trattamento per alluminio
La cromatazione é un processo di conversione chimica che deposita sulla superficie del nastro trattato ossidi di cromo esavalente di colore giallo iridescente.
Il chimismo di questo processo può essere così schematizzato:

1) $2Al + 6H^+ \rightarrow 2Al^{3+} + 3H_2$
dissoluzione dell'alluminio

2) $2CrO_3 + 3H_2 + n\,H_2O \rightarrow Cr_2O_3\,n\,H_2O + 3H_2O$
riduzione del cromo 6^+ a 3^+ e precipitazione

3) $2Al^{3+} + 6OH^{-} + n\ H_2O \rightarrow Al_2O_3\ n\ H_2O + 3H_2O$
precipitazione dell'idrato di alluminio con inclusione di cromo 6^+

Il ciclo di cromatazione viene solitamente utilizzato per preverniciati destinati specialmente all'edilizia, all'architettura e al mercato degli elettrodomestici.

La fosfocromatazione é un processo di conversione chimica che deposita sulla superficie del nastro di alluminio ossidi e fosfati a base di cromo trivalente che vanno dall'incolore al verde iridescente.
Il chimismo di questa reazione chimica può essere così schematizzato:

1) $2Al + 2H_3PO_4 \rightarrow 3H_2 + 2AlPO_4$
formazione del fosfato di alluminio

2) $2CrO_3 + 3H_2 + 2H_3PO_4 \rightarrow 2CrPO_4 + 6H_2O$
riduzione del cromo 6^+ a 3^+ e precipitazione del fosfato di cromo

Il ciclo di fosfocromatazione viene solitamente impiegato per la preverniciatura di alluminio destinato al mercato alimentare: barattoli, lattine, contenitori, ecc.

La fluotitanazione o fluozirconatura é un processo di conversione chimica della nuova generazione che si differenzia dai cicli tradizionali in quanto non contiene cromo; i prodotti in questione depositano sul nastro ossidi di titanio o zirconio da incolore ad azzurro iridescente.

1) $Al\ O\ OH + 6F^{-} + 3\ H^{+} \rightarrow AlF_6^{3-} + 2H_2O$
$Al + 3H^{+} \rightarrow Al^{3+} + 3/2\ H_2$
reazione di dissoluzione dell'alluminio

2) $Al^{3+} + Ti\ (o\ Zr)\ F_6^{2-} \rightarrow AlF_6^{3-} + Ti\ (o\ Zr)^{4+}$
reazione di complessazione dell'alluminio

3) $Ti\ (o\ Zr)^{4+} + 3H_2O \rightarrow Ti\ (o\ Zr)\ O\ (OH)_2 + 4H^{+}$
$2Al + 4H^{+} + 3Ti\ (o\ Zr)\ F_6^{2-} + 5H_2O \rightarrow 2AlOF - 3\ Ti\ (o\ Zr)\ OF_2 + 12HF + H_2$

Il ciclo di fluotitanazione viene utilizzato nel mercato degli elettrodomestici, dell'edilizia ed alimentare.

Trattamento per acciaio zincato
La fosfatazione ai fosfati di zinco é un processo di conversione chimica che deposita sulla superficie del nastro dei sali costituiti dai cristalli di fosfato di zinco tetra idrati secondo le seguenti reazioni:

1) $3Zn(H_2PO_4)_2 \rightarrow Zn_3(PO_4)24H_2O + H_3PO_4$

Il fosfato biacido di zinco presente nel formulato di partenza, solubile in condizioni normali di lavoro, con l'attacco acido sul metallo si idrolizza, depositandosi sul supporto come fosfato di zinco.
Il ciclo di fosfatazione ai fosfati di zinco é utilizzato principalmente per materiali destinati all'industria automobilistica.

La nitrocobaltazione é un processo di conversione chimica che deposita sulla superficie del nastro dei sali a base di cobalto di colore bruno.
I sali, solubili nel formulato di partenza, in particolari condizioni di temperatura, pH, e concentrazione diventano insolubili e precipitano sul nastro zincato ancorandosi sulla superficie.

$Zn + 2H_2O + 2OH^- \rightarrow [Zn(OH)_4]^{2-} + H_2$
dissoluzione della superficie zincata

$2Fe^{3+} + Co^{2+} + 8OH^- \rightarrow CoFe_2O_4+ + 4H_2O$
$2Co(OH)_2 + 1/2\ O_2 \rightarrow 2CoO(OH) + H_2O$

$2CoO(OH) + Zn(OH)_2 \rightarrow ZnCo_2O_4+ + 2H_2O$
$Co^{2+} + Fe^{2+} + 2Zn \rightarrow Co + Fe + 2Zn^{2+}$
formazione dello strato

Il ciclo di nitrocobaltazione viene utilizzato nel mercato dell'edilizia per esterni ed interni, ed elettrodomestico.

Trattamento per acciaio laminato a freddo
La fosfatazione ai fosfati di ferro é un processo di conversione chimica che deposita sulla superficie trattata dei sali a base di fosfato ferroso e fosfato ferrico idrato, secondo le seguenti reazioni:

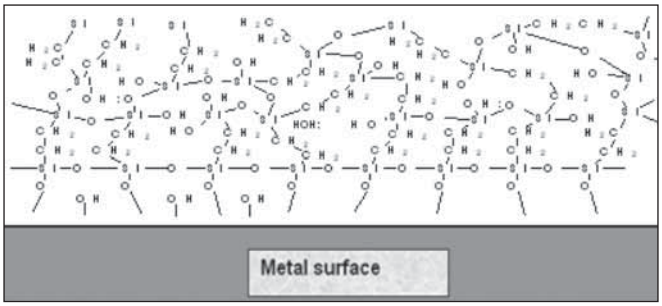
$Fe + 2H^+ \rightarrow Fe^{++} + H_2$
$3Fe^{++} + 2H_3PO_4 \rightarrow Fe_3(PO_4)_2 + 3H_2$
$2Fe^{++} + 2H^+ \rightarrow 2Fe^{+++} + H_2$
$2Fe^{+++} + 2H_3PO_4 \rightarrow 2FePO_4 + 3H_2$

I componenti dello strato fosfatico sono:

Fosfato ferroso: $Fe_3(PO_4)_2\ n\ H_2O$
Fosfato ferrico: $FePO_4\ n\ H_2O$

Il ciclo di fosfatazione ai fosfati di ferro viene utilizzato principalmente nel mercato dell'edilizia per interni, dei mobili metallici e degli elettrodomestici.

Trattamento Multimetal
Nel processo *Multimetal* avvengono praticamente le stesse reazioni chimiche, già citate in precedenza, per i rispettivi elementi su cui è basato ciascuno di questi prodotti, con in più la contemporanea deposizione sul metallo di un sottile film organico, generato dalla componente polimerica di cui il prodotto è costituito.
Nel caso dei prodotti a base di composti del silicio, di recente introduzione sul mercato, si può a titolo esemplificativo citare la seguente struttura chimica:



Lavaggio
Viene effettuato con acqua a rinnovo, e serve per eliminare i residui presenti sul nastro, onde evitare inquinamento delle successive soluzioni di pretrattamento.

Passivazione
Ha il compito di sigillare lo strato di conversione precedente e di incrementare notevolmente la resistenza alla corrosione.
In passato venivano utilizzati prodotti acidi contenenti cromo, da qualche anno ormai si utilizzano solo formulati della nuova generazione esente da cromo, a base di zirconio o zirconio combinato con altri metalli.

$Zn^{2+} + CrO^{4}_{2-} \rightarrow ZnCrO_4$
$[Cr(H_2O)_6]^{3+} + CrO_4^{2-} \rightarrow Cr(OH)CrO_4 + 4H_2O + H_3O^+$
Passivazione cromica su acciaio zincato

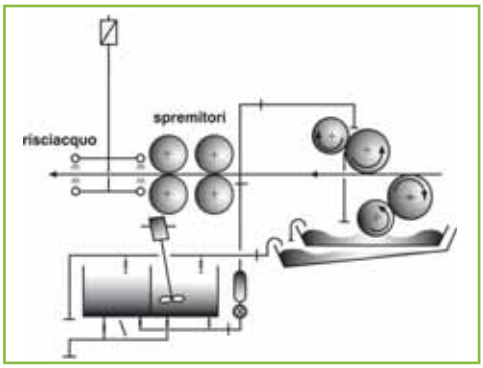
$Zn + 2HF \rightarrow Zn^{2+} + 2F^- + H2$
$Zn^{2+} + ZrF_6^{2-} + 2H_2O \rightarrow Zn\ O\ OZr\ F_2 + 4HF$
Passivazione allo zirconio

SISTEMI DI APPLICAZIONE
Poiché gli stadi di sgrassaggio, lavaggio e passivazione di ogni linea di *coil coating* sono solitamente a spruzzo, ad esclusione di alluminio molto sottile (inferiore a 150 µm), quello che può essere differente nei sistemi applicativi di pretrattamento é lo stadio di conversione superficiale.

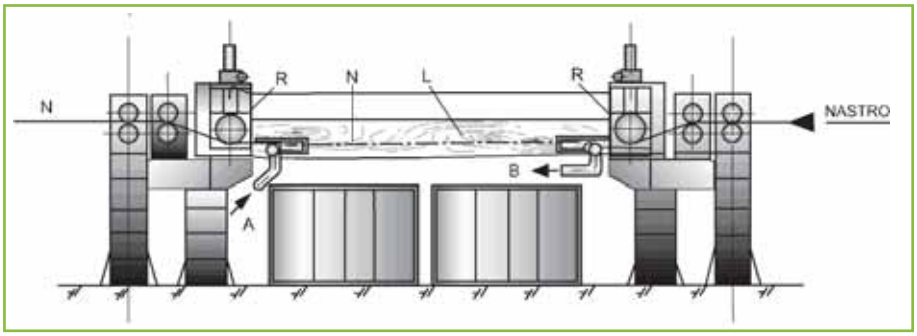
I possibili sistemi di applicazione risultano, infatti, i seguenti:
- Applicazione a spruzzo
- Applicazione ad immersione tipo Reaction-celle
- Applicazione No-Rinse con Chem-coater
- Applicazione No-Rinse spray/squeegee o dip/squeegee.

Applicazione a spruzzo
Il sistema di applicazione a spruzzo é il metodo classico utilizzato per il pretrattamento dei nastri.
La soluzione viene spruzzata sul nastro tramite apposite rampe su cui é posta una serie di ugelli, solitamente del tipo "getto piatto". Il tempo di spruzzo normalmente é compreso tra 5 e 10 secondi, mentre la temperatura del bagno, in funzione del tipo di prodotto applicato, é generalmente compresa tra 30° e 60°C.

Applicazione ad immersione
Il trattamento prevede che il nastro sgrassato venga immerso in una apposita vasca chiamata *Reaction-Celle* contenente la soluzione di pretrattamento.



Applicazione a rullo tradizionale



Schema impianto reaction cell

A = ingresso liquido
B = uscita liquido
N = nastro
L = liquido di trattamento
R = rulli deflettori

La caratteristica di questo sistema consiste nel fatto che il bagno di conversione chimica viene mantenuto continuamente in ricircolo tra la vasca di raccolta e la *Reaction-Celle*, in modo che il flusso della soluzione sia in contro corrente con il senso di marcia del nastro.
Il sistema *Reaction-Celle* permette una perfetta uniformità di pretrattamento del nastro, ma necessita di un tempo di contatto di 1 o 2 secondi in più rispetto ad un ciclo a spruzzo.

Applicazione No-Rinse con Chem-coater
Il sistema di applicazione *No-Rinse* consiste nell'applicare con una apposita macchina, detta *Chem-Coater*, una idonea soluzione di pretrattamento come se fosse una vernice. Il formulato utilizzato per lo stadio del *No-Rinse*, una volta applicato sulla superficie viene direttamente asciugato in forno, ad una temperatura di 50-80°C, dopo di che il nastro può essere direttamente verniciato. L'utilizzo di questo sistema di applicazione prevede l'impiego di nastri perfettamente planari, nonché un continuo controllo dello spessore di soluzione chimica applicata, in modo da mantenere sempre costante la quantità di deposito dato dal pretrattamento.

Dettaglio di Chem Coater per l'applicazione di pretrattamento No-Rinse

Applicazione No-Rinse tipo "spray-squeegee" o "dip-squeegee"
Un altro sistema di applicazione dei prodotti di conversione *No-Rinse* è il cosiddetto *spray-squeegee* o *dip-squeegee*, che consiste nel portare a contatto la soluzione di pretrattamento con la superficie metallica rispettivamente per mezzo di una o più rampe di spruzzo, o di una piccola vasca ad immersione, nell'immediata prossimità di una coppia di rulli spremitori, in modo da produrre contemporaneamente l'effetto della reazione chimica combinato alla deposizione fisica di un film liquido, di spessore appositamente calibrato dalla pressione di strizzatura dei rulli.
I prodotti utilizzati con questo sistema sono generalmente i cosiddetti "*Multimetal*", adatti per tutti i substrati, e consistono, oltre ai tradizionali prodotti a base di cromo, in formulati contenenti titanio, zirconio, o silicio, o analoghi composti inorganici, uniti a particolari polimeri organici, che realizzano in un'unica fase la conversione e passivazione contemporanea della superficie.

SVILUPPI NEL PRETRATTAMENTO *COIL-COATING*

L'impegno e la ricerca svolta nell'ultimo decennio da parte delle aziende che operano nel settore del trattamento dei metalli ha consentito la definitiva eliminazione di formulati contenenti cromo dai cicli di pretrattamento per *coil coating*.
L'eliminazione del cromo nel processo del *coil coating* ha portato i seguenti vantaggi:

- riduzione delle emissioni nocive
- semplificazione nella fase di trattamento delle acque di scarico, con notevole risparmio nei prodotti utilizzati nella depurazione
- riduzione della quantità di fanghi prodotti, con conseguente risparmio sui costi di smaltimento degli stessi.

Tutto quanto sopra esposto non va a scapito delle prestazioni del prodotto finito: infatti, i processi esenti da cromo garantiscono comunque l'ottima adesione del *film* di vernice nonché eccellente resistenza alla corrosione. Un'altra direzione verso cui si sta orientando la ricerca nel settore dei pretrattamenti è lo sviluppo di rivestimenti di conversione ad alto spessore a base polimerica, i cosiddetti *Primer Pretreatment*, che uniscono le funzioni della conversione chimica e del *primer* di verniciatura in una singola fase di applicazione, con i seguenti vantaggi:

- semplificazione ciclo (2 fasi in una)
- assenza di metalli pesanti e solventi
- asciugatura a bassa temperatura (80°C) invece di cottura a 240°C.

L'introduzione sul mercato di questi nuovi prodotti è già stata avviata, con sviluppi sicuramente molto promettenti in termini di gestione dei processi, ambiente e sicurezza.

LE RESINE PER PRODOTTI VERNICIATI PER *COIL COATING*

© Shopping Center a Conegliano - architetto Boris Podrecca - anno 2008

SISTEMA VERNICIANTE

Il sistema verniciante è una miscela complessa di sostanze chimiche che possono essere raggruppate in quattro principali categorie: resina o legante, pigmenti, additivi e, con l'eccezione dei sistemi vernicianti in polvere, componenti volatili. La resina è il materiale polimerico che forma la fase continua che aderisce alla superficie da rivestire, lega insieme pigmenti e additivi, determinando in larga parte le proprietà del rivestimento. Il sistema verniciante ha funzione protettiva ed estetica.
Nella maggior parte dei casi le resine, a temperatura ambiente, si presentano con una viscosità estremamente elevata ed in qualche caso allo stato solido. Per renderle maneggiabili a livello industriale vengono diluite con solvente o miscela di solvente a diverse percentuali in base, alla loro composizione e peso molecolare.

CENNI SUI SISTEMI VERNICIANTI PER COIL COATING

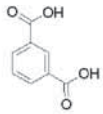
Il *coil coating* può essere semplicemente definito come la tecnica per il rivestimento in continuo di un nastro metallico piano con più mani di prodotti diversi, ognuno con funzione specifica. Sul *coil* metallico si applicano, nell'ordine: il pretrattamento, il *primer*, il *top coat* ed il *back coat*.
Il pretrattamento impartisce eccellente resistenza alla corrosione e migliora l'adesione del *primer*. Il *primer* funziona come barriera di protezione degli strati sottostanti impedendo il passaggio dell'acqua, causa del processo di corrosione. I *primer* ad alta prestazione sono la chiave per l'alta durabilità e la resistenza alla corrosione. Non meno importante è la loro funzione di aggraffante fra metallo e *top coat*. Il *primer* svolge quindi un ruolo fondamentale per l'adesione del sistema verniciante. Il *top coat* garantisce la durabilità ed in particolare impartisce l'aspetto estetico al rivestimento. Tipicamente il lato non esposto del *coil* viene pretrattato e rivestito con un *back coat*.
Le resine sono presenti nei formulati per pretrattamento, nel *primer*, nel *back* e nel *top*. Differenti classi di polimeri sono state utilizzate nei formulati per rivestimento *coil*.
Le resine acriliche furono i primi leganti ad essere utilizzati nei sistemi vernicianti per *coil coating*. Di fondamentale importanza sono tuttora le resine epossidiche, i polimeri fluorurati (in special modo il polivinilidenfluoruro o PVDF), i *plastisol* ed i poliesteri.
I sistemi a base poliestere sono oggi quelli più largamente usati sia nella formulazione dei *primer* che dei *top* e dei *back coat,* in quanto presentano numerose caratteristiche positive come buona durabilità all'esterno, eccellenti proprietà meccaniche, versatilità, possibilità di ottenere una ampia gamma di colori, vari livelli di brillantezza e, sopratutto, buon rapporto qualità/prezzo.

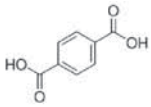
RESINE POLIESTERE

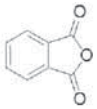
Con il termine poliestere si intende, a rigore, qualsiasi polimero contenente gruppi tipo *-C(O)O-* in catena. I poliesteri usati come leganti per vernici *coil* sono in generale oligomeri, lineari o ramificati, con peso molecolare medio numerale M_n compreso tra 2000 e 8000, sintetizzati a partire da vari monomeri con un rapporto stechiometrico complessivo *OH/COOH >1*, quindi con funzionalità media ossidrilica ≥ *2*. Le resine ottenute sono diluibili con solventi aromatici, esteri e alcoli. I poliesteri recanti polifunzionalità ossidrilica *OH* sono reticolabili con resine amminiche, in particolare resine melamminiche, o poli-isocianati bloccati. Anche se le catene polimeriche hanno in comune i gruppi funzionali esteri *RC(O)OR'*, le proprietà chimico-fisiche e le *performance* applicative richieste sono estremamente diverse per ogni tipo di applicazione (*primer*, *top* e *back coat*).
I poliesteri sono ottenuti attraverso un processo di policondensazione che, industrialmente, avviene per esterificazione diretta tra glicoli e acidi o anidridi polibasici, con eliminazione di acqua come sottoprodotto di reazione (fig. 1). In base alla scelta delle materie prime usate nella sintesi ed al loro rapporto di impiego, è possibile ottenere una serie praticamente infinita di polimeri con caratteristiche anche sostanzialmente diverse tra loro.
Come già anticipato, per applicazione *coil coating*, la progettazione della struttura viene fatta in modo che la stechiometria preveda un eccesso di glicoli per avere prevalentemente gruppi ossidrilici terminali. La scelta dei monomeri, che è fondamentale per raggiungere le prestazioni richieste, contribuirà inoltre a definire il costo stesso della resina formulata. L'anidride ftalica (PA) è l'acido dibasico di più largo impiego grazie al suo basso costo e alla sua alta reattività. Per contro, gli esteri ottenuti sono caratterizzati da modesta resistenza all'idrolisi. Molte resine commerciali sono formulate a partire da acido isoftalico (IPA), che impartisce al polimero buona resistenza termica e idrolitica nonché alta durezza e resistenza chimica. L'acido tereftalico (TPA) impartisce alla resina proprietà abbastanza simili a quelle dell'acido isoftalico. In particolare, consente di ottenere una miglior flessibilità a discapito della resistenza ai raggi UV. L'acido adipico (AA) viene generalmente utilizzato per migliorare la flessibilità e le proprietà di resistenza all'urto.
Resine ottenute da acidi dibasici con strutture ciclo alifatiche, come anidride esaidroftalica e l'acido 1,4 cicloesano dicarbossilico, presentano eccellente stabilità foto-ossidativa. Garantiscono inoltre un buon compromesso tra flessibilità e durezza ed impartiscono migliorata resistenza alla idrolisi. Questi monomeri sono particolarmente indicati per applicazioni all'esterno ed i prodotti da questi ottenuti vengono chiamati "superpoliesteri". Tuttavia, in ragione del loro costo particolarmente elevato, l'utilizzo è limitato ai prodotti di gamma superiore.
Analogamente, l'opportuna scelta del glicole (fig. 2) permette di conferire proprietà selettive alla resina. Ad esempio, il glicole etilenico (EG) viene utilizzato per il suo basso costo. Il glicole dietilenico (DEG), altrettanto economico, permette di aumentare la flessibilità del polimero, ca-

ratteristica che può essere ottenuta anche con l'impiego di dioli alifatici a catena lunga come l'1,6-esandiolo (HD), decisamente più performanti ma nettamente più costosi. Il neopentilglicole (NPG) viene utilizzato in molti prodotti commerciali, in quanto migliora la resistenza all'idrolisi ed ai raggi UV. Di seguito vengono riportate le strutture di alcuni monomeri.

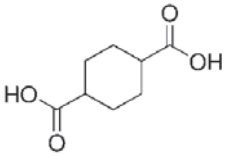
Figura 1 - Struttura chimica degli acidi polibasici e anidride utilizzati nelle resine per coil


Acido Isoftalico (IPA)


Acido Tereftalico (TPA)


Anidride Ftalica (PA)

Acido Adipico


Acido 1,4-cicloesandicarbossilico (CHDA)

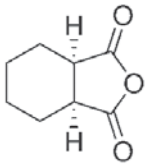
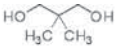
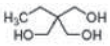
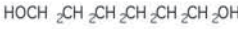

Anidride esaidroftalica. HHPA

Figura 2 - Struttura chimica degli glicoli utilizzati nelle resine per coil

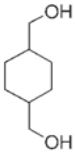

2,2-Dimetil -1,3propandiolo - NPG


2-Etil-2-idrossimetil -1,3propanediol TMP


1,6-Esandiolo

$HOCH_2CH_2OH$

Glicole etilenico


cicloesandimetanolo (CHDM)

Il processo di sintesi, in generale, ha luogo in un reattore corredato di colonne di frazionamento per evitare perdite di glicole durante la fase iniziale del processo. Il processo a fusione inizia in fase disomogenea; con l'aumentare della conversione della reazione si osserva l'omogeneizzazione del sistema e un incremento della viscosità. Il processo viene monitorato attraverso il controllo della viscosità del prodotto di reazione

e dell'acidità residua per tutta la durata della sintesi. Polimeri contenenti acido isoftalico necessitano di temperature di reazione fino a 250°C. La fase finale del processo prevede generalmente l'utilizzo di un solvente azeotropico per aiutare ad eliminare l'acqua di reazione e spingere la reazione alla conversione desiderata. Normalmente la reazione di poliesterificazione non è portata a conversione totale del reagente in difetto stechiometrico; in generale si preferisce lasciare che le resine presentino una modesta acidità residua, in quanto la presenza di gruppi *-COOH* migliora la dispersione dei pigmenti, l'adesione del rivestimento e può catalizzare la reticolazione con resine melamminiche.
La reazione di poliesterificazione viene condotta in presenza di un gas inerte per evitare fenomeni ossidativi che potrebbero influenzare negativamente il colore della resina e di un catalizzatore, in generale sali di stagno, per accelerare la reazione.
Durante il processo ad alta temperatura possono avvenire reazioni indesiderate, come la condensazione di alcoli con formazione di legame eterei ed eliminazione d'acqua. Questo fatto impatta fortemente sulla stechiometria di reazione, riducendo il rapporto acido carbossilico e alcoli e variando sia il numero di gruppi terminali sia la distribuzione del peso molecolare del polimero.

Resine poliestere per *primer*
Le resine per *primer* hanno in genere un contenuto solido tra il 50 e 55%. Poiché gli spessori applicati per i *primer* sono ridotti, è più facile ottenere un buon grado di flessibilità associato ad una durezza elevata. La flessibilità si ottiene sintetizzando polimeri a catena lineare ad elevato peso molecolare. Selezionando opportunamente i monomeri impiegati, nei dovuti rapporti stechiometrici, è possibile ottenere polimeri caratterizzati da valori di Tg (transizione vetrosa) superiori alla temperatura ambiente, e, conseguentemente, un *film* applicato che funge da effetto barriera e protegge fisicamente il substrato dall'azione dell'acqua. Per una buona adesione, le resine devono garantire eccellente bagnabilità, interazione fisica con il substrato e con la resina per il *top coat,* così da assicurare le caratteristiche protettive del rivestimento.
Basandosi sulle caratteristiche sopra descritte, si può facilmente intuire perché le resine per *primer* abbiano un contenuto in solido relativamente basso. Le caratteristiche di alto peso molecolare ed alta Tg implicano alta viscosità e pertanto rendono problematica la formulazione di resine a basso contenuto solvente, considerando che la viscosità è un parametro importante nell'applicazione. Negli ultimi anni sono state sviluppate nuove resine a più alto contenuto in solido, intorno al 60 – 65%, riducendo il peso molecolare e la Tg del polimero.
Un'altro punto di debolezza dei sistemi a alto contenuto in solido è la presenza di molecole a basso peso molecolare che possono agire da plastificante del sistema verniciante, causando una riduzione della resa del prodotto verniciante dovuta all'evaporazione durante la fase di cottura del *film* in forno.

Grazie alla possibilità di sintetizzare innumerevoli strutture variando i monomeri ed il loro rapporto stechiometrico, ottimizzando alcuni parametri di composizione e di processo, è stato possibile formulare resine a più alto secco. Infatti la viscosità di soluzioni concentrate di poliesteri non solo dipende dal peso molecolare del polimero e dalla sua distribuzione, ma anche dalla sua composizione e dai gruppi funzionali terminali, ossidrilici e carbossilici. Aumentando la concentrazione di questi ultimi, si aumenta la probabilità di formazione di ponti idrogeno intermolecolari e, di conseguenza, di incremento della viscosità finale. Occorre altresì considerare che la scelta del solvente impatta notevolmente sul comportamento reologico finale del polimero.
Tenendo conto di tutti questi fattori si sono potute sviluppare nuove resine che combinano prestazioni e resa, migliorando l'economicità del sistema verniciante attraverso un incremento del contenuto solido. Nel caso delle resine per *primer* si può raggiungere il 65% e nelle resine per *top coat* il 70 – 75%.

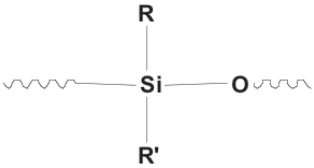
Le resine poliestere per *top coat*
Il *top coat* è lo strato superficiale visibile del rivestimento che ne determina l'aspetto estetico. In generale, il *top coat* viene applicato a uno spessore più elevato del *primer* e, per questa ragione, la resina deve avere un buon compromesso tra durezza e flessibilità. Quest'ultima serve per poter seguire le sollecitazioni del metallo durante la lavorazione del manufatto e garantire l'adesione, mentre la durezza deve assicurare durabilità e limitare la presa di sporco. Per il *top coat* è estremamente importante, nella fase di progettazione della struttura, selezionare monomeri con alta resistenza alla fotodegradazione ed idrolisi.
Anche per il *top coat* si è sentita la necessità di ottenere resine ad un più alto contenuto di secco. Per ottenere tale tipologia di resine, mantenendo i parametri di viscosità in linea con i valori richiesti in applicazione, senza ridurre le caratteristiche prestazionali del prodotto, è necessario ottimizzare alcuni parametri come il peso molecolare, la transizione vetrosa (Tg), la funzionalità ossidrilica dei monomeri e del polimero. La selezione dei monomeri dovrà tener conto dell'effetto sulla Tg del polimero, della stabilità fotodegradativa e dell'ingombro sterico, in modo da limitare la decomposizione e aumentare la durabilità del prodotto.

Resine poliestere per *back coat*
Il *back coat* è un rivestimento quasi esclusivamente funzionale; non essendo quasi mai visibile, il suo aspetto estetico non è sempre rilevante. Oltre ad essere coadiuvante nella resistenza alla corrosione questo rivestimento è di basilare importanza per l'adesione delle schiume applicate sia a livello di isolamento termico ed acustico sia a livello strutturale. Il *back coat* deve offrire alta reattività, flessibilità, durezza, buona adesione della schiuma e sufficientemente buona resistenza alla corrosione.

La buona adesione della schiuma al *coating* può essere ottenuta attraverso l'interazione chimica tra il *coating* e la schiuma poliuretanica. Le resine contenti gruppi ossidrilici liberi possono legarsi chimicamente con i gruppi isocianici della schiuma impartendo eccellente adesione tra il rivestimento e la stessa.

POLIESTERI SILICONICI

I poliesteri siliconici fanno parte di una categoria speciale e sono caratterizzati della presenza di polimero del tipo



R e *R'* sono metile e fenile. Come i polimeri fluorurati, i polimeri siliconici sono caratterizzati da elevate proprietà di durabilità all'esterno, inerzia chimica e bassa energia superficiale, notevole stabilità termica e fotochimica. I polimeri siliconici possono essere anche auto-reticolanti. Per ottenere *film* con caratteristiche meccaniche più elevate, si combinano polimeri siliconici pre-condensati a struttura lineare o ramificata, normalmente resine fenil-siliconiche, contenenti funzionalità silanolica, con una resina poliestere contenente gruppi ossidrilici. La reazione avviene in presenza di solvente organico e, opzionalmente, utilizzando un catalizzatore di condensazione come tetrabutil titanato, che favorisce la co-condensazione rispetto all'auto-condensazione dei siliconi. La bassa energia superficiale della resina siliconica (22 – 26 mN/m a seconda dei sostituenti) porta all' arricchimento della componente siliconica stessa in superficie e, di conseguenza, a caratteristiche superficiali simili a quelle dei sistemi siliconici non modificati, sia dal punto di vista della "repellenza superficiale" sia della durabilità. Tale modifica viene fatta introducendo 15-50% di silicone sul poliestere iniziale. I prodotti finali sono auto reticolanti. La reticolazione ad alta temperatura porta a polimeri fortemente ramificati con buona durezza a discapito della flessibilità, precludendone l'utilizzo in innumerevoli applicazioni *coil coating*. Alcuni accorgimenti possono essere utilizzati per migliorare alcune caratteristiche finali. In particolare è molto importante la scelta della resina siliconica utilizzata. Ad esempio, alte percentuali di gruppi fenilici comportano superiore stabilità termica e resistenza ossidativa. Le resine siliconiche ricche di gruppi metilici presentano maggiore flessibilità, maggiore stabilità UV e rapidità nei cicli di *curing* rispetto a quelle contenti gruppi fenilici.

RESINE FLUORURATE

I fluoropolimeri sono simili ai polimeri silossanici per elevata resistenza termica e durabilità, eccezionale resistenza chimica e ridotta tensione superficiale. Sono impiegati nelle applicazioni dove si richiedono prestazioni più elevate rispetto ai polimeri siliconici. Tra i polimeri fluorurati, il PVDF, polivinilidenfluoruro, indicato a volte anche come PVF2, è il più utilizzato nel settore coil in campo architettonico come finitura ad altissima durabilità.

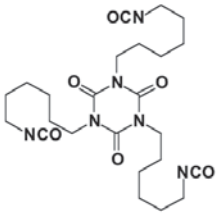
Vinilidene fluoruro Poli(vinilidene fluoruro)

Il PVDF, ottenuto per reazione radicalica del vinilidene fluoruro mediante polimerizzazione in emulsione, è un polimero semicristallino, con cristallinità che può raggiungere il 70% in funzione del metodo di produzione e della sua storia termo-meccanica. Il PVDF è caratterizzato da un'allargata distribuzione dei pesi molecolari, di alcune centinaia di miglia di Dalton, e da una temperatura di fusione attorno a 160°C.
La combinazione dei legami carbonio-fluoro (che ne garantiscono l'eccezionale stabilità) con i legami carbonio-idrogeno (che ne garantiscono la solubilità) impartisce al PVDF una struttura unica con proprietà bilanciate che lo rendono particolarmente indicato come resina per l'ottenimento di rivestimenti architettonici ad altissima durabilità attraverso un'applicazione a base solvente.
A differenza dei polimeri totalmente fluorurati, il PVDF, grazie alla sua polarità, presenta discreta solubilità in solventi aprotici dipolari, ed è compatibile con resine contenenti gruppi carbonilici, come il polimetil metacrilato (PMMA) e copolimeri metil metacrilato – butil metacrilato.
Allo scopo di garantire le migliori *performance*, deve essere utilizzato minimo il 70% di PVDF rispetto alla quantità totale di resine presenti nel rivestimento finale. È stato dimostrato che un sistema PVDF:Resine acriliche 70:30 garantisce il miglior bilanciamento della durezza, resistenza agli agenti atmosferici, flessibilità e aspetto del rivestimento finale. L'utilizzo di resine acriliche inoltre garantisce una più facile incorporazione dei pigmenti nel sistema e una migliore adesione ai substrati. A causa della trasparenza ai raggi UV del PVDF, si raccomanda l'utilizzo di pigmenti opachi in grado di proteggere il substrato dalla dannosa radiazione UV solare. I pigmenti inoltre devono essere resistenti al calore poiché il processo di applicazione prevede il raggiungimento di elevate temperature. Normalmente si utilizzano composti non organici, noti spesso come pigmenti ceramici. In generale i rivestimenti a base PVDF sono applicati a substrati metallici tipo alluminio o acciaio galvanizzato previo

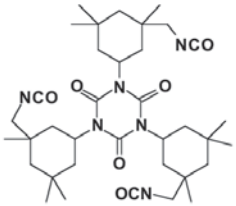
utilizzo di un *primer* per assicurare una migliore adesione del sistema a base PVDF. Fondamentale nel processo di applicazione è un corretto controllo delle temperature. La parte metallica, rivestita attraverso *coil* o *spray coating,* subisce una cottura attorno a 250°C con coalescenza delle particelle di PVDF ed evaporazione del solvente. Al riscaldamento segue un raffreddamento brusco per garantire una bassa cristallinità al sistema e migliori performance del rivestimento finale, soprattutto come flessibilità e aspetto.

RESINE POLIURETANICHE

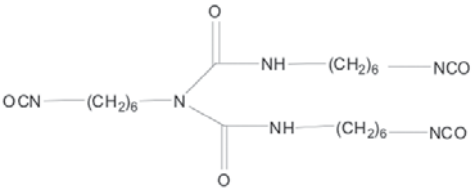
Nel *coil coating* il termine poliuretano è associato ai sistemi verniciantì nei quali viene utilizzato un poli-isocianato bloccato, in combinazione con una resina ad alto peso molecolare contenente gruppi ossidrilici, come poliesteri o poliacrilici.
I reticolanti isocianici (poli-isocianati) più utilizzati sono isocianurati, strutture cicliche ad altissima stabilità termica e chimica, e biureti, rappresentate di seguito:



Isocianurato da HDI e oligomeri



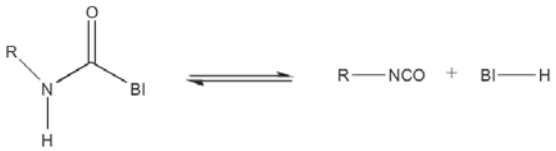
Isocianurato da IPDI e oligomeri



Biureto da HDI e oligomeri

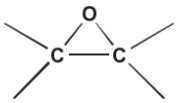
I poli-isocianati bloccati sono una versione speciale di questi addotti dove la funzione isocianica viene mascherata o protetta, attraverso una reazione termo reversibile del gruppo *NCO* (isocianico) con un bloccante appropriato, in modo da proteggerlo dalla prematura reazione con i gruppi *OH* a temperatura ambiente, ottenendo così dei formulati poliuretanici stabili a temperatura di stoccaggio. Tra i bloccanti più usati si possono citare la metil-etil-chetossima, i fenoli, i caprolattami, il dimetilmalonato ed il 3,5 dimetilpirazolo. La scelta del reticolante viene fatta considerando le

caratteristiche finali del prodotto, come durezza, flessibilità e temperatura di sbloccaggio del gruppo protettivo. Nel *coil coating*, dove il processo di reticolazione è caratterizzato da tempi brevissimi e alte temperature, è necessario uno studio accurato della formulazione di sistemi verniciantì contenenti isocianati bloccati, per evitare che la volatilizzazione dei gruppi bloccanti (Bl) possa causare difetti sul film applicato.

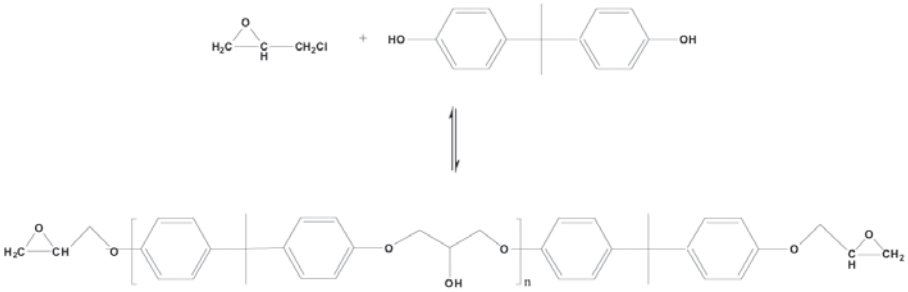


RESINE EPOSSIDICHE

Circa il 50% della produzione delle resine epossidiche trova impiego nel settore di pitture e vernici per prestazioni di qualità che richiedono elevate caratteristiche di adesione, resistenza chimica e protezione alla corrosione. Le resine epossidiche sono una classe importante di materiali polimerici, caratterizzata dalla presenza di più di un anello triatomico noto come epossido o ossirano.



Le resine epossidiche sono derivate da epicloridrina (ECH) e bisfenolo A (BPA). Il peso molecolare è controllato dal rapporto ECH/BPA



Utilizzando un largo eccesso di ECH si può ottenere una resina nella quale è predominante il diglicidiletere del Bisfenolo A (DGEBPA) caratterizzato da n = 0. Riducendo il rapporto tra ECH e BPA si osserva un aumento del valore di n e, di conseguenza, del peso molecolare e della viscosità. Il peso molecolare viene spesso indicato attraverso l'equivalente epossidico (EEW).

Resine con EEW fino a 300 si presentano allo stato liquido e la loro reattività è essenzialmente connessa alla presenza dei gruppi epossidici. Le resine con EEW superiore sono solide, oltre alla funzionalità epossidica, contengono gruppi ossidrilici secondari che diventano preponderanti con l'aumentare del peso molecolare. Commercialmente, le resine epossidiche sono frequentemente indicate come tipi 1, 4, 7 e 9. Nella tabella vengono riportati i valori di n, il peso equivalente epossidico EEW ed il punto di fusione che, più propriamente, definisce in questo caso un intervallo della temperatura di rammollimento correlato alla Tg.

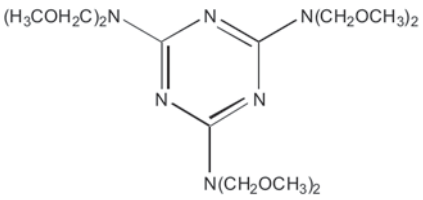
Tabella

Resina	Valore di n	EEW	Punto Fusione °C
Liquida	0,13	182 - 192	Liquido
Tipo 1	2	500 - 560	65 -85
Tipo 4	5,5	875 - 950	90 – 110
Tipo 7	14,4	1600 - 2300	120 – 135
Tipo 9	> 16	2500 - 5500	130 - 160

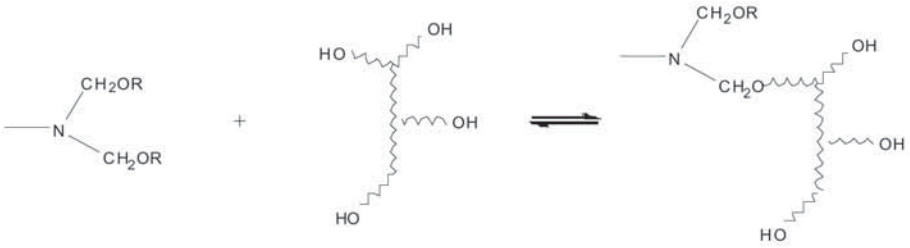
Nel *coil coating* le resine epossidiche vengono utilizzate come legante nelle formulazione per *back coating*. In generale, si utilizzano resine ad alto peso molecolare, dove la caratteristica di flessibilità è elevata. L'alta Tg di questi prodotti impartisce buona durezza e bassa permeabilità, impartendo eccellente resistenza alla corrosione. La possibilità di spaziare i terminali epossidici con gruppi ossidrilici secondari, all'interno della catena polimerica, permette di modulare la flessibilità e tenacità del rivestimento, attraverso reazione dei gruppi ossidrilici con reticolanti melamminici ed isocianici. Il dosaggio della reticolazione dei gruppi ossidrilici consente di mantenere una certa concentrazione di questi gruppi liberi, non reagiti, utili per migliorare l'adesione delle schiume poliuretaniche come è il caso del *back coating*, a seguito della reazione chimica con i gruppi NCO.
L'inserimento di resine epossidiche nelle formulazioni per *primer* migliora le prestazioni di anticorrosione ed adesione al metallo. Anche in questo caso i gruppi ossidrilici secondari, meno reattivi degli ossidrili primari delle resine, possono essere utilizzati in una seconda cottura, nell'applicazione del *top coating*, legando chimicamente il *primer* al *top* ed assicurando eccellenti caratteristiche d'*intercoating*. Le resine epossidiche, sotto l'azione combinata delle radiazioni UV e dell'ossigeno atmosferico, tendono ad ingiallire ed opacizzare e, in condizioni spinte, si può verificare un certo infragilimento con successivo sfarinamento del *film* dovuto principalmente alla presenza di legami etere. Per questo motivo non è consigliato il loro uso in vernici di finitura dove è richiesto il mantenimento del colore e della brillantezza e, pertanto, se ne evita l'uso nel *top coating*.

RESINE A BASE FORMALDEIDE

Nel settore *coil* tra i reticolanti a base formaldeide, possiamo citare il prodotto di condensazione della formaldeide con la 2,4,6-triammino-1-3-5 triazina o semplicemente melammina. Questi prodotti sono di estrema efficienza nel generare, ad alta temperatura, rivestimenti ad alta densità di reticolazione, a basso costo, caratterizzati da elevata durezza, brillantezza, buona resistenza chimica ai solventi e discreta durabilità all'esterno. I punti di debolezza di queste resine sono la modesta resistenza agli acidi, la flessibilità che può essere scarsa e, dal punto di vista tossicologico, il fatto che, durante la fase di reticolazione, emettono formaldeide anche se in quantità ridotta. Ciò può prospettare in futuro dei limiti al loro utilizzo.
Il meccanismo di sintesi prevede la metilolazione dell'azoto della melammina seguita della totale o parziale eterificazione con alcoli, ad esempio metanolo, etanolo, butanolo o isobutanolo, per migliorare la compatibilità con le resine e con i solventi organici. Nella figura riportata di seguito viene rappresentata la struttura della esametossimetilmelammina; il prodotto commerciale è caratterizzato dalla presenza di limitato quantitativo di prodotto di oligomerizzazione.



La reticolazione di resine con melammina è una reazione di policondensazione che coinvolge soprattutto le funzioni ossidriliche, ma anche altri gruppi funzionali del legante presente in formulazione come i gruppi carbossilici, amminici e anche uretanici. Nel caso del legante con funzionalità ossidriliche si ha una reazione di transesterificazione. La reazione di transesterificazione è catalizzata da acidi. La reazione in condizione neutra o alcalina procede molto lentamente o non avviene.



I PRODOTTI VERNICIANTI

© LituFalco - Fotolia

COMPONENTI DI BASE

I prodotti vernicianti (P.V.) sono sistemi polifasici in cui una fase, costituita da pigmenti, cariche ed alcuni additivi, è dispersa uniformemente e stabilmente in una fase liquida costituita dalla soluzione di resine in solventi.
Essi hanno la capacità di formare un *film*, generalmente continuo, aderente al supporto su cui vengono applicati ed hanno la funzione di proteggerlo e/o decorarlo. I prodotti vernicianti sono costituiti dai seguenti componenti.

Leganti (resine)
Costituiscono la matrice del film e formano la pellicola in cui sono "legati" gli altri componenti del P.V. Il legante é presente in tutti i P.V.

Pigmenti
Sono, in generale, costituiti da polveri insolubili di diverso colore. Sono quasi sempre dotati della caratteristica di impartire potere coprente e/o colore al film. I pigmenti, secondo l'utilizzo nel P.V. in cui sono impiegati, possono essere più o meno resistenti ai fattori esterni, quali: temperatura, agenti chimici ed atmosferici, radiazioni ecc..
I pigmenti, attualmente, sono quasi totalmente di origine sintetica e possono essere di natura organica o inorganica. Secondo la loro natura, essi conferiscono al film caratteristiche di coprenza più o meno elevata e colore più o meno pulito. I pigmenti possono non essere presenti in alcune famiglie di P.V. (trasparenti incolori).

Solventi
Sono costituiti da liquidi di natura quasi sempre organica ed hanno la funzione di:
- fluidificare il sistema per renderlo lavorabile ed applicabile
- agevolare la formazione del film
- omogeneizzare tra loro i componenti del P.V.

I solventi possono non essere presenti in alcune famiglie di P.V. (ad esempio epossidici senza solvente, prodotti vernicianti in polvere).

Cariche
Sono costituite da polveri, generalmente inorganiche, che non hanno influenza diretta sul colore. Vengono utilizzate per scopi diversi, quali: opacizzazione, conferimento di caratteristiche strutturali al *film*, proprietà anticorrosive ecc.
Le cariche non sono sempre presenti in tutti i P.V.

Additivi
Sono prodotti di natura varia: organica, inorganica o mista. Solitamente sono impiegati in piccole quantità. Hanno funzioni le più diverse, quali: miglioramento della distensione, resistenza al graffio, anti-sedimentazione, disperdibilità di cariche e pigmenti, adesione, ecc.. Gli additivi sono presenti in quasi tutte le formulazioni dei P.V.

MECCANISMI DI FORMAZIONE DEL *FILM*

Secondo la natura del legante, la formazione del *film* avviene, a grandi linee, secondo due meccanismi principali:

1) Di tipo fisico
2) Di tipo chimico.

Nel primo caso il *film* si forma per esclusiva evaporazione del/i solventi (ad esempio P.V. vinilici) oppure per evaporazione del/i solventi in soluzione e coalescenza del legante (ad esempio prodotti vernicianti a base di PVC ed in alcuni a base di Polivinilidenfluoruro).
Nel secondo caso, il *film* si forma attraverso una vera e propria reazione chimica tra due o più resine presenti nella formulazione del P.V., che vanno a costruire una struttura polimerica tridimensionale ad alto peso molecolare (ad esempio poliesteri, poliuretanici, epossidici ecc.).

CARATTERISTICHE GENERALI DEL *FILM*

Le proprietà principali che i prodotti vernicianti per il *coil coating* devono possedere, una volta applicati secondo il ciclo previsto, sono le seguenti:

Caratteristiche meccaniche
È importante che il *coil* preverniciato possa subire le normali operazioni di lavorazione (tranciatura, foratura, imbutitura, piegatura, profilatura, stampaggio, ecc.) senza che il ciclo di verniciatura subisca dei danneggiamenti.
È per questo motivo che ai cicli di verniciatura sono richieste eccezionali caratteristiche meccaniche quali: ottima adesione, elevata elasticità, buona durezza superficiale e resistenza all'abrasione.

Durabilità
Per durabilità si intende la capacità di un ciclo di verniciatura di mantenere nel tempo aspetto e caratteristiche iniziali, quali ad esempio il colore, il grado di brillantezza e il grado di ritenzione dello sporco. La durabilità è una caratteristica molto importante per i prodotti destinati all'esterno.

Mantenimento della lavorabilità nel tempo
Il ciclo di verniciatura deve conservare le sue caratteristiche di lavorabilità in modo che il *coil* possa essere formato anche dopo lungo tempo dalla sua produzione.

Resistenze chimiche
I cicli di verniciatura per *coil coating* devono conferire al prodotto finale caratteristiche generali di resistenza chimica quali: buona resistenza alla corrosione, alle intemperie, all'umidità, ai raggi ultravioletti e/o altre resistenze particolari in base agli impieghi specifici.

TIPI DI PRODOTTI VERNICIANTI

POLIESTERI

Sono così definiti tutti i P.V. che hanno come legante una miscela di polimeri: poliestere *oil-free* e resine amminiche.
La chimica organica offre una vasta gamma di polimeri *oil-free* che vanno dai tipi lineari, quindi altamente elastici, ai tipi ramificati con caratteristiche di rigidità più o meno accentuate.
Ovviamente i primi danno ottime prestazioni meccaniche, i secondi invece forniscono pellicole dotate di una migliore stabilità alle intemperie ed una migliore resistenza all'azione dei prodotti chimici in genere.
Anche per i polimeri amminici esiste una certa gamma di prodotti, molto più limitata, ma sufficiente per permettere le scelte più adatte per ottenere un *film* elastico o rigido.
Infatti con questi leganti si può raggiungere il perfetto bilanciamento flessibilità/durezza, tale da ottimizzare con soddisfacenti risultati le esigenze del mercato.
Vengono realizzati con essi prodotti vernicianti per interno destinati, ad esempio al mercato degli elettrodomestici (frigoriferi e *freezer* ad es.), dell'illuminazione e dell'edilizia (pareti divisorie, controsoffitti ecc.).
Vengono inoltre realizzati un grande numero di prodotti per esterno (in genere per facciate e coperture).
In riferimento alle Norme EN 10169 per l'acciaio ed EN 1396 per l'alluminio, gli smalti convenzionali per esterno di questo tipo rientrano generalmente nelle classi di resistenza Ruv2 o Ruv3.
In questi ultimi anni le richieste di miglior qualità, in particolare dal settore edilizia, hanno spinto i produttori di resine e vernici a studiare smalti sempre più resistenti all'esterno.
Pertanto sono oggi disponibili sul mercato le seguenti nuove categorie di poliesteri per esterno che si affiancano a quelle tradizionali già note.

Poliesteri ad alta durabilità

Si tratta di prodotti ottenuti con resine poliesteri tradizionali in cui la selezione dei monomeri consente di aumentare sensibilmente le resistenze all'esterno, migliorando la ritenzione della brillantezza e la conservazione del colore degli smalti.
In riferimento alle Norme EN 10169 ed EN 1396, gli smalti di questo tipo rientrano nella classe di resistenza Ruv3.

Superpoliesteri

Si tratta di smalti ottenuti da resine in cui i monomeri aromatici, meno resistenti alla componente UV della radiazione solare, sono sostituiti da monomeri alifatici più resistenti. Gli smalti cosi ottenuti sono caratterizzati da elevatissima resistenza all'esposizione solare, tale da poterli classificare come prodotti *Long Life* e si distinguono per l'eccellente resistenza allo sfarinamento e la variazione del colore molto contenuta nel tempo.

Trattandosi comunque di prodotti chimicamente simili ai poliesteri tradizionali, conservano tuttavia di questi ultimi i limiti di resistenza nei confronti degli attacchi di sostanze acide o alcaline. Quali campi d'impiego tipici delle tipologie di prodotti sopra descritte, possiamo citare l'edilizia industriale per i poliesteri tradizionali ed i poliesteri ad alta durabilità e l'edilizia residenziale per i superpoliesteri. Questi ultimi trovano impiego anche dove sussistono particolari esigenze estetiche da conservare nel tempo e, infine, in tutti quei casi in cui si devono conciliare tali richieste con particolari collocazioni geografiche, caratterizzate da elevato irraggiamento solare (es. zone montane o costiere).
Sempre in riferimento alle norme EN 10169 ed EN 1396, gli smalti di questo tipo rientrano nella classe di resistenza Ruv4.
Poliesteri convenzionali, alta durabilità e superpoliesteri, possono oggi venire realizzati anche nella cosiddetta finitura *wrinkled* (raggrinzita). Sono caratterizzati da una struttura superficiale ad onde di frequenza e profondità controllate, classificata da fine a grossa, e da elevata opacità (da ca. 2 a 5 *gloss*). Si tratta di finiture particolarmente indicate per la realizzazione di coperture a tegole prestampate.

Poliesteri in polvere
Le vernici in polvere che fino a pochi anni fa non erano idonee per la verniciatura in continuo di nastri metallici a causa della loro scarsa flessibilità, hanno in poco tempo migliorato le loro caratteristiche di elasticità, distribuzione granulometrica delle particelle, reattività e distensione ed hanno iniziato a trovare impiego nel *coil coating*.
Lo spessore medio di vernice va dai 40 ai 60 micron. L'utilizzo principale é nel campo edilizio, dal momento che offrono elevata resistenza all'esterno e finiture analoghe a quelle dei profili estrusi verniciati.

Esempi di impieghi dei prodotti poliesteri

- **Edilizia:** dove é richiesta principalmente la resistenza all'ambiente esterno ed alla corrosione (durabilità).
  - *Rivestimenti di facciate e pensiline*
  - *Grondaie*
  - *Serramentistica (fig. 1)*
  - *Tapparelle (fig. 2)*
  - *Controsoffitti*
  - *Pannelli isolanti per tetti e pareti*

fig. 1

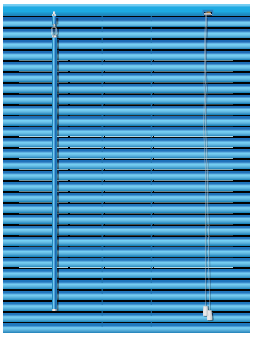


fig. 2

- **Elettrodomestici:** dove sono richieste la flessibilità e la stampabilità oltre alle resistenze chimiche (fig. 3).
  - *Frigoriferi*
  - *Lavatrici*

- **Contenitori:** dove sono richieste elevate caratteristiche meccaniche.
  - *Fusti*
  - *Contenitori di oli vegetali o minerali (fig. 4)*
  - *Tappi corona*

- **Trasporti:** dove é richiesta resistenza all'ambiente esterno.
  - *Roulottes, caravans e furgonature (fig. 5)*

Altri impieghi: dove sono richieste caratteristiche specifiche di formabilità allo stampaggio.
- *Mobili metallici e scaffalature*
- *Targhe*
- *Bombole camping gas.*

Anche per gli smalti in polvere per applicazioni destinate all'esercizio in esterno, valgono le stesse classificazioni di resistenza stabilite dalle Norme Europee EN per le vernici poliestere liquide

fig. 3

fig. 4

fig. 5

POLIURETANICI

Il legante dei P.V. poliuretanici é costituito da resine poliestere o, talvolta, acriliche e da resine poliisocianiche, derivate generalmente da HDI e IPDI, che reagiscono tra loro una volta riscaldate in forno.
Potendo utilizzare differenti resine di base, le combinazioni, e quindi le diverse caratteristiche del prodotto finale, possono essere varie, ossia pellicole con durezze elevate o pellicole molto elastiche. Le vernici poliuretaniche, proprio per la loro duttilità, possono soddisfare numerosi campi di impiego sia nel settore edilizio che in quello degli elettrodomestici e della meccanica in generale. Presentano buona resistenza agli aggressivi chimici, agli agenti atmosferici, all'abrasione e alle radiazioni.
La gamma di brillantezza ottenibile va dai lucidi agli opachi, e per tali motivi l'edilizia risulta essere il campo di maggior applicazione di questi prodotti.

L'evoluzione nello studio dei poliisocianati ha portato a prodotti che permettono la realizzazione di cicli ad alto spessore (ca. 60 µm secchi), con un solo passaggio di linea, che si propongono quali alternative ad alcuni cicli plastisol.

POLIAMMIDICI

Sono genericamente definiti così i P.V. che contengono polimeri di natura poliammidica in polvere, dispersi nella vernice. Le resine poliammidiche vengono generalmente preparate miscelando diammine e acido dibasico. I polimeri di natura poliammidica, come quelli appartenenti alla famiglia dei nylon, possiedono elevata inerzia chimica, notevole durezza e soprattutto elevata resistenza all'abrasione. Sono disponibili in più tipologie che si differenziano per la diversa dimensione media delle particelle e la diversa distribuzione granulometrica.
Utilizzando polveri di diverso diametro, si possono ottenere varie finiture, sia lisce che con bucciature più o meno pronunciate (strutturate). La quantità di polvere dispersa nel *film* determina la maggiore o minore resistenza all'abrasione che tale P.V. presenta.
Le brillantezze che si ottengono variano dalla classe dei semilucidi a quella degli opachi. I principali campi di impiego sono l'edilizia civile ed industriale (tapparelle, infissi, e tutti i manufatti soggetti ad abrasione per il loro tipo di utilizzo), i particolari per componenti auto, gli elettrodomestici e la meccanica.

PLASTISOL

Sono dispersioni di PVC in plastificante con assenza di solvente. La filmazione si ottiene per coalescenza durante la cottura in forno ed il *film* che ne deriva risulta continuo ed omogeneo. Consentono di ottenere elevati spessori: 80/250 micron. L'aspetto finale può essere liscio o striato con possibilità di goffraggio. Per le loro qualità di eccezionale tenuta in atmosfera molto corrosiva, questi prodotti sono particolarmente indicati per esposizioni in ambienti quali: raffinerie, industrie chimiche e petrolchimiche, acciaierie, cementifici, ed in tutte quelle applicazioni ove le caratteristiche di durabilità protettiva prevalgono su quelle di durabilità estetica in quanto questi prodotti, esposti ai raggi solari, tendono a sfarinare.
Vengono quindi utilizzati maggiormente nei paesi nordici e meno nei paesi mediterranei, dove l'irraggiamento solare é maggiore, anche se oggi ne esistono versioni che hanno un comportamento decisamente migliorato in tali condizioni d'impiego.
Alcuni sviluppi formulativi di questi prodotti ne hanno inoltre permesso l'utilizzo in alcune situazioni in cui un elevato spessore di vernice può giocare un ruolo importante nella stabilità delle strutture sottoposte all'azione del fuoco. Sono nati così i plastisol ritardanti di fiamma, caratterizzati da una reazione al fuoco migliore rispetto ai tipi tradizionali.
L'applicazione dei plastisol richiede l'impiego di un *primer* specifico.

FLUORURATI

I P.V. più diffusi sono quelli a base di polivinilidenfluoruro (PVdF). Questo componente viene miscelato in diversi rapporti compresi fra il 50% e l'80% con resine acriliche, e la vernice che ne deriva presenta *performance* tanto maggiori quanto più alta é la percentuale di PVdF, tanto è vero che nella quasi totalità dei casi vengono prodotti con un contenuto minimo di PVdF del 70%, che rappresenta anche il valore minimo consentito dai maggiori produttori di tale polimero perché se ne possa citare la presenza nella scheda tecnica degli smalti.

Si tratta di un polimero a catena fluorocarbonica ad alto peso molecolare, disperso in solvente; il film si ottiene mediante coalescenza del polimero fluorurato e reticolazione o essiccazione fisica (secondo i casi) della componente acrilica. La natura intrinseca del PVdF produce *film* ad elevatissima inerzia chimica che possiedono inoltre buone proprietà autopulenti ed un basso coefficiente di attrito. Rappresenta il più duraturo rivestimento che si possa realizzare su pannellature per esterno destinate al settore dell'edilizia ed assomma tutte le caratteristiche che un P.V. per tale impiego deve avere: ottima flessibilità, resistenza allo sfarinamento, ritenzione del livello di brillantezza (*gloss*) e del colore.

I limiti di questo prodotto sono costituiti dall'impossibilità di ottenere *film* brillanti (max 40 *gloss*) e dalla limitata gamma di tinte possibili, a causa del ridotto numero di pigmenti utilizzabili per ragioni di coprenza e di resistenza all'esterno (ad es. i pigmenti organici normalmente non vengono utilizzati).

Per superare alcuni di questi limiti, in particolare quelli legati alla brillantezza, sono attualmente disponibili nuovi leganti fluorurati, basati su clorotrifluoroetilene vinileteri (CTFEVE) e perfluoropolieteri (PFPE).

Questi ultimi sono resine di bassissima viscosità, prive di solvente, che permettono tra l'altro di ottenere P.V. ad alto contenuto di secco e spiccate proprietà di autopulizia.

Restano comunque ancora insuperate le resistenze alle radiazioni UV del PVdF, che si colloca al primo posto fra gli smalti della classe Ruv4 e tra i più resistenti chimicamente.

Recenti sviluppi formulativi hanno permesso di eliminare totalmente l'isoforone, per decenni considerato un solvente indispensabile ma da qualche anno classificato come sospetto cancerogeno, sostituendolo con altri che non lo sono. Questi smalti, denominati "*Isophorone free*", conservano inalterate tutte le caratteristiche tipiche dei precedenti prodotti a base di isoforone.

Esempi di costruzioni in preverniciato:

Steel Hall in Heddesheim -
Preverniciato ThyssenKrupp Steel
(Architetto: Helwig & Helwig Architekten)

Velocità @ Novena Square -
Preverniciato Novelis
(Architetto: DP Architects Pte Ltd)

Chatterley Valley Blue Placet
Distribution Centre -
Preverniciato Tata Steel
(Architetto: Chetwood Architects)

Tetto in preverniciato - "Halny tiles
(Armat by Arcelormittal)"

EPOSSIDICI

Sono prodotti derivati da un polimero epossidico (ottenuto dalla reazione fra epicloridrina e bisfenolo), in combinazione con un opportuno *partner* di reazione, quale per esempio un polimero amminico, ureico od isocianico.
Sono impiegati soprattutto nelle preparazioni di *primer*, dove sono richieste elevate resistenze alla corrosione accompagnate, secondo i casi, anche da ottima elasticità. Sono inoltre impiegati nella verniciatura interna/ esterna di imballaggi alimentari (Fig. 6).
Recenti pronunciamenti dell'FDA e dell'EFSA, divulgati dopo attenta valutazione dei numerosi studi sulla pericolosità del bisfenolo A, hanno esplicitato che non esistono evidenze convincenti circa la pericolosità dei livelli di bisfenolo A libero residuo, normalmente presente in questi prodotti. Ciò nonostante, la spinta di alcune associazioni di consumatori e l'iniziativa su base volontaria di alcune grandi multinazionali verso l'abbandono di prodotti contenenti bisfenolo A, ne sta determinando la riduzione dell'utilizzo per quegli impieghi che ne prevedono il contatto diretto con alimenti.
Sul tema della pericolosità per la salute umana del bisfenolo A e del rischio connesso al livello di cessione dalla vernice agli alimenti, le discussioni sono ad oggi ancora aperte.

(fig. 6)

(fig. 7)

(fig. 8)

EPOSSIFENOLICI

Sono prodotti di reazione tra un polimero epossidico e uno fenolico. Il film che ne deriva (epossifenolico) ha ottime caratteristiche di aderenza su metallo, infatti non necessita di *primer*, ma si applica in una o due mani dello stesso prodotto.
Scegliendo opportunamente il polimero epossidico assieme al partner fenolico, si possono realizzare *film* più o meno elastici.
Per le caratteristiche d'impiego non sono quasi mai pigmentati ma trasparenti, generalmente gialli (il tipico colore "oro"). Le limitazioni all'impiego di questi prodotti sono:

- il colore giallo del legante impedisce la realizzazione di tinte chiare;
- la tendenza allo sfarinamento all'azione dei raggi ultravioletti.

Si utilizzano dove sono richieste, oltre alle buone caratteristiche meccaniche, anche una elevata resistenza chimica, come ad esempio nel caso dei contenitori per idropitture.
Per l'interno di contenitori destinati al contatto con alimenti, cui buona parte di questi prodotti è destinata (come per il caso di cui al paragrafo precedente, e per le stesse ragioni) si sta verificando un interesse per alternative agli epossi fenolici, denominate BPA NIA (*BisPhenol A Not Intentionally Added*).

SILICONICI (Siliconpoliesteri)
Sono una combinazione tra una resina poliestere *oil-free* ed un polimero siliconico, combinati tra loro nella percentuale ritenuta ottimale all'uso finale del prodotto verniciante.
Il polimero siliconico conferisce al prodotto verniciante caratteristiche di buona inerzia chimica, resistenza alle temperature medio alte, buona durezza superficiale ma ridotta elasticità.
Prodotti così formulati sono dotati di buona resistenza all'esterno ed il loro campo di applicazione é soprattutto nell'edilizia industriale.
Questi prodotti, che hanno ancora una certa diffusione negli USA, sono praticamente scomparsi in Europa a causa dei costi elevati dovuti alla componente siliconica che deve venire introdotta in quantità non inferiori al 30 % sul secco della resina, per ottenere prestazioni significative, rendendo così critico il rapporto prezzo/prestazioni.

VINILICI
Sono prodotti derivanti dalla filmazione di una resina vinilica o di una miscela di viniliche, da sole o in combinazione con altre resine *partner* di reazione. Vengono realizzate normalmente vernici trasparenti dotate di notevole flessibilità, formabilità e ottima adesione al supporto, che trovano il loro principale impiego nell'imballaggio alimentare (pellicole termosaldanti (fig. 7), tappi in alluminio (fig. 8) ecc).

SVILUPPI PIÙ RECENTI

VERNICI RETICOLANTI UV
Si tratta di vernici realizzate con miscele di oligomeri insaturi (es. acrilici) e diluenti reattivi che, con meccanismi di reazione di natura cationica o radicalica, attivata da opportuni catalizzatori, sotto l'azione di radiazioni UV, portano alla formazione di un film, caratterizzato da elevata densità di reticolazione e ottima durezza, mentre la flessibilità non è ancora a livello dei prodotti più convenzionali.
Il progresso nella produzione di oligomeri di opportuna struttura sta sempre più migliorando la flessibilità di questi prodotti, al punto che *primer* su questa base sono allo stato di avanzata sperimentazione su alcune linee *coil*.

La ragione per cui, nonostante le sopraccitate difficoltà, si insista nello studio di questi prodotti, è dovuta al fatto che, poiché anche i diluenti partecipano alla reazione, tali prodotti risultano essere praticamente al 100% di secco.
Da ultimo, non è trascurabile il fatto che la reticolazione con raggi UV avviene in tempi brevissimi, dell'ordine di qualche secondo, con dispendio energetico contenuto ed in forni molto corti che riducono notevolmente gli ingombri della linea di verniciatura.

VERNICI INORGANICHE
Si tratta di prodotti a base acquosa, realizzati con organo-silani modificati che, attraverso una reazione chimica ed un cambiamento di fase di tipo Sol-Gel, portano alla formazione di un film con caratteristiche tanto più simili al vetro quanto maggiore è la componente siliconica rispetto alla modifica organica. Queste reazioni chimiche sono interessanti perché permettono di ottenere prodotti con le caratteristiche degli smalti ceramici ma a temperature molto inferiori (150 - 200°C).
Si ottengono film per ora di spessore molto basso (con difficoltà si raggiungono i 2-3 micron), caratterizzati da elevatissima durezza e resistenza chimica, ma flessibilità ancora molto limitata per l'uso che in genere è richiesto nel *coil coating*.
Trattandosi di prodotti di nuovissima generazione è piuttosto arduo prevederne gli sviluppi futuri al di fuori di nicchie molto specializzate.

VERNICI A BASSA PMT
I più recenti accordi internazionali per la riduzione delle emissioni in atmosfera (Protocollo di Kyoto) e il continuo aumento del costo dell'energia hanno spinto l'industria delle vernici a studiare prodotti che reticolano a PMT decisamente inferiori a quelle attualmente necessarie (mediamente intorno ai 230°C con punte che arrivano a 240°C e talvolta anche a 250°C).
Sono dunque oggi disponibili *primer*, *back coating* ed alcuni smalti che reticolano a temperature di 200°C, colle per PVC e alcuni tipi di vernici per banda stagnata che pure reticolano a 200°C (in quest'ultimo caso risolvendo i ben noti limiti della verniciatura della banda stagnata sulle linee *coil*, legati alla bassa temperatura di fusione dello stagno).
Per qualche prodotto, con resine di reattività e struttura adeguata, si riesce anche a scendere fino a PMT di 150°C.

SMALTI RIFLETTENTI IR
Si tratta di prodotti che grazie alla combinazione di opportuni leganti e pigmenti, permettono la formazione di film di vernice ad elevata emissività termica (ε) ed elevata riflettanza, sia nella regione del visibile dello spettro solare, sia nella zona dell'IR (TSR: *Total Solar Reflectance*).
Queste caratteristiche, in aree particolarmente calde, permettono di realizzare coperture (i cosiddetti "tetti freddi") che, scaldandosi meno, ri-

ducono la temperatura interna degli ambienti. Diminuisce quindi il costo del condizionamento estivo e, indirettamente, l'emissione di CO_2 in Paesi, come il nostro, in cui l'energia viene prodotta prevalentemente da combustibili fossili.
La maggiore riflettanza solare consente inoltre di ridurre il fenomeno delle cosiddette "isole di calore" che si manifesta con un innalzamento di qualche grado della temperatura sopra le città, rispetto alle zone agricole circostanti, causa questa di maggiore inquinamento.

VERNICI BPA NIA (BisPhenol A Not Intentionally Added)
Si tratta di prodotti di natura chimica varia, comunque non contenenti derivati del bisfenolo A, nati per sostituire le vernici epossidiche o epossifenoliche, destinate ad impieghi che ne prevedono il contatto diretto con gli alimenti.
Come precedentemente spiegato, i livelli di bisfenolo A libero, presente nei prodotti a base epossidica, oggi impiegati per contatto diretto con gli alimenti, non sono stati giudicati rischiosi per la salute né dall'FDA né dall'EFSA. Questi enti fanno una chiara distinzione fra pericolosità di un componente (il bisfenolo A), che è un concetto assoluto, e rischio (per la salute) che dipende solo dall'entità del suo contenuto, presente nella vernice reticolata.
La presa di posizione di alcune associazioni di consumatori e di alcune multinazionali, queste ultime su base volontaria, di schierarsi a favore dell'eliminazione di prodotti derivati dal bisfenolo A e della loro sostituzione con altri di prestazioni equivalenti, va dunque intesa come espressione di una tendenza politico/etica di estromettere quanto più possibile dall'impiego i prodotti pericolosi anche se i rischi per la salute, alle concentrazioni permesse, non sono attualmente giudicati di rilievo.

VERNICI ALL'ACQUA
Si tratta di una classe di prodotti formulati con resine di varia natura chimica, il cui impiego non ha mai avuto, fino ad oggi, uno sviluppo significativo né in Europa né in alcuna altra parte del mondo. Le ragioni di questo ridotto utilizzo sono più d'una:
- la limitata gamma di polimeri rispetto a quella disponibile per i prodotti a solvente;
- la necessità di avere un contenuto di solvente pressoché nullo;
- la maggior quantità di energia richiesta per evaporare l'acqua rispetto ai solventi;
- il maggior consumo di metano, nei forni a convezione, per mancanza di solvente proveniente dalla vernice;
- la limitata quantità di energia ricuperabile per scambio termico dal vapore generato nei forni, rispetto a quella ottenuta per combustione dei solventi nei post-combustori;
- la necessità di alimentare la linea di verniciatura solamente con prodotti all'acqua, per evitare i problemi di contaminazione che si possono verificare sulle linee miste acqua/solvente.

Non è comunque da escludere che l'insieme di alcuni eventi quali: i cambiamenti nella legislazione con istituzione ad es. di Carbon Tax, l'eventuale diffusione di tecnologie di reticolazione quali quella dell'induzione elettromagnetica o delle radiazioni IR e NIR®, che non prevedono l'utilizzo del calore di combustione dei solventi, e infine, la disponibilità di un numero sempre crescente di polimeri idrosolubili o idrodispersi, in futuro dare maggiore spinta alla formulazione di questi prodotti per il *coil coating*.

CICLI DI VERNICIATURA PIÙ COMUNI

I cicli di verniciatura sono, in genere, indipendenti dalla natura chimica dei singoli prodotti utilizzati per realizzarli. Ad esempio, un ciclo tipo *primer* più smalto a finire può scaturire dall'unione di un *primer* epossidico o poliuretanico con una finitura PVdF, oppure di un primer poliestere con uno smalto a finire poliuretanico.
È importante notare come la verniciatura dei nastri metallici si sia evoluta dai suoi inizi, quando il suo unico obiettivo era di ottenere *film* perfettamente distesi, senza altro effetto estetico se non la perfetta uniformità del *film* per aspetto e colore.
Oggi vengono prodotti cicli di verniciatura con effetti estetici differenti quali ad esempio:
- effetti strutturati (goffrati) differenti per densità e dimensione della goffratura
- finiture raggrinzite (*wrinkled*) anch'esse di struttura da fine a grossa
- finiture finto legno, ottenute per applicazione di opportuni inchiostri con rulli incisi.
- cicli per coperture finto coppo anticato, ottenute per combinazione di opportune inchiostrature con finiture strutturate o raggrinzite.

Da non trascurare, inoltre, il fatto che l'innovazione e lo sviluppo delle materie prime ha permesso la realizzazione di cicli estetici e funzionali che nel passato non era possibile ottenere.
Ci si riferisce in particolare a cicli con smalti perlescenti, iridescenti, a bassa ritenzione di sporco (autopulenti), antibatterici, antigraffiti, riflettenti IR (per i cosiddetti "tetti freddi") o, al contrario, ad elevata captazione termica, ed altri ancora. La recente introduzione dei nanomateriali porterà, nel prossimo futuro, ulteriori innovazioni, soprattutto nelle caratteristiche funzionali.
Nella tabella successiva sono evidenziati i cicli di verniciatura più diffusi, sia per la faccia a vista che per il retro. Va osservato che i prodotti per retro (*back coating*), fino a pochi anni fa considerati di bassa qualità e quindi economici, devono oggi soddisfare richieste di prestazioni elevate anche in situazioni critiche quali: adesione delle schiume poliuretaniche anche dopo cotture multiple; assenza di marchi di pressione o di appiccicosità residua anche a PMT di reticolazione molto basse; resistenze chimico fisiche le più varie, ecc.
Non è dunque inusuale il caso che il contenuto tecnologico di tali prodotti risulti essere uguale a quello dei materiali utilizzati per il rivestimento della faccia principale.

Guida all'impiego del preverniciato per esterno

PRODOTTI	AMBIENTE						
	Rurale	Urbano	Industr.	Ind. severo	Marino	Mar/ Ind.	Alto UV
POLIESTERI							
POLIESTERI ALTA DURABILITÀ							
SILICONICI							
SUPERPOLIESTERI							
POLIESTERI POLIAMMIDICI							
POLIURETANICI							
POLIURETANICI POLIAMMIDICI							
PLASTISOL							
FLUORURATI							

Legenda:

Consigliato

Da valutare

Sconsigliato

Sconsigliato agli spessori convenzionali e da valutare se in cicli ad alto spessore

Nota: *le indicazioni in tabella sono frutto dell'esperienza ma possono non avere validità universale. La scelta definitiva del tipo di preverniciato deve essere stabilito da accordi fra produttore ed utilizzatore.*

PRINCIPALI CICLI DI VERNICIATURA DELLA FACCIA SUPERIORE

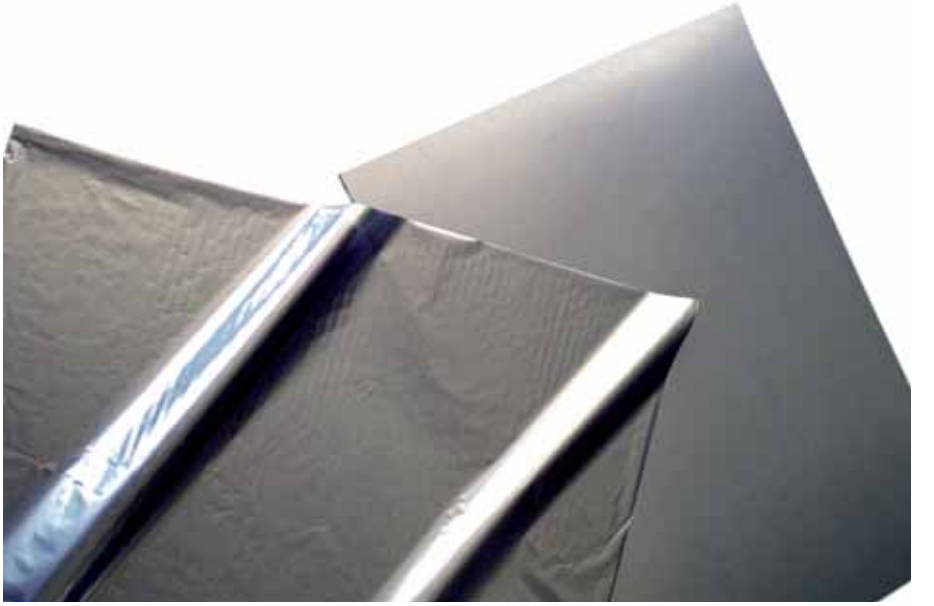
Primer	Fondo Barriera	Top a finire	Top a finire	Top a finire	Top a finire	Base past./	Ink past./	Trasp incol.	Trasp incol.	Trasp incol.	Trasp colorato
	(PVdF)	pastello L-SL-O	met./perl. L-SL-O	past./met. strutturale	past. ragg. O	perl.	met.	ragg. O	liscio L-SL-O	strutturale	colorato L-SL-O
●		●									
●			●								
●				●							
●					●						
●						●		●			
						●			●		
						●				●	
●						●			●		
●						●				●	
											●
									●		
										●	
		●									
			●								
				●							
●	●	●									
●	●		●								
●	●					●			●		
●						●	●		●		
						●	●		●		
●						●	●			●	
						●	●			●	

PRINCIPALI CICLI DI VERNICIATURA DELLA FACCIA SUPERIORE

Primer	base pigmentata	Back trasparente	Back pigmentato	Top
		incol./col.		L-SL-O
●			●	
		●		
	●	●		
●				●

Legenda:
L = Lucido; SL = Semilucido; O = Opaco; Met = Metallizzato; Past = Pastello
Perl = Perlescente; Ragg = Raggrinzito; Incol = Incolore; Col = Colorato

I FILM DI RIVESTIMENTO



“Texcover” photo courtesy Sublitex - Miroglio Textile s.r.l.

I FILM DI RIVESTIMENTO

Contemporaneamente al preverniciato, si é sviluppato molto l'impiego di laminati metallici prerivestiti. Si intende, con tale definizione, un prodotto metallico costituito da un *film* preformato legato in via permanente al supporto mediante l'uso di appositi adesivi. Tale legame permanente viene ottenuto su una linea di *coil coating* grazie all'effetto combinato del calore e della pressione di laminazione. In pratica l'adesivo (specifico per ogni famiglia di *film*) viene applicato a rullo sul metallo opportunamente pretrattato. Il pretrattamento è quello normale consigliato per il *coil coating*. Le tecniche più sofisticate prevedono l'impiego di un *primer* appositamente formulato come mano intermedia tra il metallo e l'adesivo.
Successivamente, l'adesivo viene portato in forno alla sua temperatura di rinvenimento (compresa tra un PMT di 180 e 210 °C) e il *film* plastico viene laminato sul metallo mediante calandra a pressione a temperatura ottimale subito all'uscita del forno. La bontà del legame permanente così ottenuto é funzione, oltre che della qualità del supporto, del pretrattamento, dell'eventuale *primer*, dell'adesivo, del film e anche della temperatura e della pressione di laminazione.
Sofisticate tecniche di collaudo permettono di determinare subito l'idoneità o meno del legame.
In generale, i *film* utilizzati per la laminazione sono prodotti da aziende specializzate che hanno sviluppato formulazioni specifiche e posseggono il *know-how* necessario alla produzione di tali *film*.
Le caratteristiche principali dei *film* (adesione, flessibilità, lavorabilità, stabilità nelle specifiche condizioni di utilizzo) sono ottenute mediante un'accurata cernita del peso molecolare del polimero base e delle qualità e quantità degli stabilizzanti, plastificanti, additivi e pigmenti utilizzati. Il *range* di *film* disponibili per la laminazione offre una vasta scelta di qualità e di aspetto.
Con riferimento alla qualità, si possono dividere i *film* per uso all'esterno, *film* con particolari caratteristiche di resistenza al fuoco, alle macchie, all'abrasione, *film* con bassa tossicità, *film* idonei al contatto con alimenti, ecc.
Tra i *film* che hanno trovato più largo impiego, possiamo annoverare i fluorocarbonici, i vinilici e gli acrilici.

Film fluorocarbonici
Tale pellicola, ottenuta mediante estrusione del polimero di fluoruro di polivinile (PVF), é un materiale plastico molto tenace e garantisce una delle migliori protezioni contro gli agenti atmosferici e la corrosione delle superfici metalliche. Il film laminato presenta le seguenti caratteristiche:
- Inerzia chimica (resistenza agli acidi, basi e solventi)
- Durabilità estetica (resistenza agli UV e allo sfarinamento, stabilità cromatica)
- Elevate prestazioni meccaniche (OT senza alcuna fessurazione)
- Elevata resistenza all'abrasione.

Le caratteristiche di resistenza alla corrosione vengono esaltate mediante l'uso di uno speciale primer di laminazione tra il supporto e l'adesivo. Il *film* viene normalmente utilizzato ad uno spessore di 37 micron.
Grazie alle succitate prestazioni, i laminati a base fluorocarbonica trovano largo impiego nell'edilizia sia civile che industriale e, in generale, in tutte quelle applicazioni che richiedono un "*surplus*" di durabilità sia estetica che protettiva tale da giustificare l'elevato costo degli stessi.

Film vinilici
Ottenuti mediante estrusione e calandratura del cloruro di polivinile, sono di gran lunga i più utilizzati in quanto offrono una vasta possibilità di formulazioni specifiche per differenti usi finali; possono essere inoltre prodotti a spessori relativamente elevati (generalmente da 100 a 250 micron) il che permette la successiva goffratura e/o verniciatura o stampa, offrendo in tal modo una gamma vastissima di aspetti estetici.
È doveroso spendere alcune parole circa la formulazione e la produzione del film PVC. I *film* PVC vengono normalmente ottenuti mediante la tecnica della calandratura. Il prodotto base é il cloruro di polivinile realizzato con il processo di polimerizzazione in sospensione o in massa. Il peso molecolare del polimero di partenza ha grande influenza sulle proprietà finali del *film* ottenuto. Il primo stadio per la produzione del *film* é la preparazione del *dry-blend*. I *dry-blend* sono formulazioni a base di PVC in cui il polimero di base viene additivato con particolari sostanze idonee a migliorare la lavorabilità, le prestazioni finali del *film* e a conferire particolari caratteristiche al *film* stesso.
Gli additivi più comunemente usati possono suddividersi nelle seguenti famiglie:

- **modificanti** (normalmente a base di polimeri acrilici, gomme nitriliche, CPE)
- **plastificanti**, per ottenere il giusto equilibrio di flessibilità (anche alle basse temperature) e durezza
- **stabilizzanti** al calore e alla luce. Servono durante la lavorazione del *film* PVC, la successiva operazione di laminazione al metallo e durante l'utilizzo in opera del manufatto. I più comuni sono a base di sali di bario-cadmio, bario-zinco o calcio-zinco.
- **scivolanti** e *process-aid* per agevolare le operazioni di calandratura
- **cariche** ed **inerti**
- **pigmenti** per la colorazione.

Il *dry-blend* così formulato viene omogeneizzato in turbo miscelatori veloci in cui la mescola raggiunge una temperatura di circa 120°C. Dopo tale operazione, il *dry-blend* passa in un estrusore planetario, dove ad una temperatura di circa 180-200°C, il materiale viene fuso in una massa omogenea. Il materiale estruso viene quindi convogliato sulla calandra di laminazione. Qui, mediante l'azione di diversi cilindri, il materiale assume la forma di *film* dello spessore predeterminato e costante.

In calandra il *film* può essere accoppiato ad altri *film* preformati onde assumere particolari caratteristiche finali (accoppiati PVC/cristallo, molto usati nell'industria elettrodomestici).
Successivamente il *film* viene goffrato e, se richiesto, passa in una linea di stampa per assumere i disegni ed i colori desiderati (tipico esempio *film* PVC ad imitazione effetto legno).
Le caratteristiche più comuni dei *film* PVC possono essere così riassunte:

- **Tipo:** rigido o flessibile (a seconda del peso molecolare, o "K", del polimero e del livello di plastificante usato nelle formulazioni);
- **Spessore:** da 100 a 800 micron. I più usati da 100 a 250 micron;
- **Aspetto superficiale:** liscio o goffrato;
- **Brillantezza:** bassa o media. In casi particolari alta (vedi film accoppiati e/o verniciati);
- **Colori:** tutti, solo alcuni colori idonei per uso esterno;
- **Resistenza chimica:** buona agli acidi e agli alcali, scarsa ai solventi organici e chetonici;
- **Resistenza all'abrasione:** buona, specialmente nel caso di *film* goffrati;
- **Flessibilità:** possono essere piegati a OT senza alcuna fessurazione.

A seconda delle formulazioni e della lavorazione, il *film* PVC può essere adattato a specifiche esigenze, quali:
- resistenza all'abrasione e al graffio;
- resistenza alle macchie;
- resistenza chimica;
- resistenza al fuoco e bassa emissione di fumo in caso di incendio;
- prolungato contatto con cibo senza influenzarne l'odore e il sapore (*film* atossico);
- aspetto brillante (mediante accoppiatura con *film* cristallo o mediante verniciatura);
- formulazione idonea all'esposizione all'esterno (generalmente con spessori di almeno 200 micron e solo con opportuni colori selezionati);
- formulazione resistente all'ingiallimento U.V.

Applicazioni
I laminati a base *film* PVC trovano largo impiego nei più svariati settori industriali. Segnaliamo perciò solo alcune tipiche applicazioni:
- Scaffalature per supermercati (*film* resistente all'abrasione);
- Celle frigorifere (*film* atossico);
- Pannelli per televisori e frigoriferi (*film* effetto legno);
- Rivestimento esterno di frigoriferi e congelatori (*film* brillante, non ingiallente, resistente alle macchie);
- Arredamento interno (porte e pareti);
- Componenti di autovetture;
- Arredamento interno di navi (*film* a bassa propagazione di fiamma).

In Italia é ancora poco diffuso l'utilizzo di *film* PVC per rivestimenti esterni.

Film acrilici
A base di polimeri termoplastici, sono generalmente utilizzati ad uno spessore di 75 o di 50 micron. Sono caratterizzati da elevata resistenza all'esposizione all'esterno (durabilità estetica, inerzia all'azione dei raggi U.V., resistenza allo sfarinamento, buona ritenzione del colore originale), buona resistenza agli ambienti corrosivi e ottime caratteristiche meccaniche. La flessibilità meccanica viene mantenuta anche dopo lunghi periodi di esposizione all'esterno.
La resistenza chimica in ambiente particolarmente aggressivo, pur essendo buona, è generalmente inferiore a quella di laminati a base di polivinilfluoruro. Disponibili in una gamma di colori abbastanza vasta e ad un livello di brillantezza medio, i laminati acrilici trovano largo impiego nell'edilizia residenziale.

FILM DI RIVESTIMENTO PLASTIFICATI E COLAMINATI

La gamma dei plastificati é stata negli anni recenti aggiornata con speciali prodotti specifici.
Tra i più significativi citiamo:
- plastificato lucido ad alta durezza;
- plastificato ad altissima brillantezza;
- colaminato.

Plastificato lucido ad alta durezza
Si tratta di un laminato così costituito:
a) *Film* in PVC di ultima generazione, non ingiallente, bianco brillante, con una tipica finitura leggermente mossa, dallo spessore variabile dai 100 ai 120 micron. Tale film viene preventivamente verniciato con una vernice acrilica trasparente dello spessore di circa 2 - 3 micron. Tale vernice garantisce resistenza al graffio e al *metal marking*.
b) Successiva lavorazione in questa sequenza:
supporto - pretrattamento - primer 8-10 micron - adesivo di laminazione 8-10 micron - *film* PVC verniciato.

Presenta i seguenti vantaggi:
- **ottima combinazione flessibilità/durezza** (flessibilità 0 T - durezza 2-3 H);
- **ottima resistenza all'abrasione;**
- **idoneità al profondo stampaggio;**
- **ottima resistenza chimica;**
- **eccezionale facilità di lavorazione** (può essere lavorato e stampato anche su attrezzature non particolarmente dedicate, ed in condizioni non *standard*).

Inoltre, eventuali problemi si evidenziano subito, durante la lavorazione, senza dar luogo ad inconvenienti in utenza. Idoneo e già utilizzato anche per lavatrici e lavastoviglie. Il ciclo di lavorazione eseguito per l'ottenimento del particolare laminato (ossia la presenza e del pretrattamento e di un *primer* tra il supporto e l'adesivo) garantisce l'ottima resistenza chimica del prodotto stesso.

Presenta, però, i seguenti svantaggi:
- **contiene PVC** (leggi tedesche per la riciclabilità);
- **la brillantezza non é molto elevata** (massimo 80-82 *gloss*);
- **sensibilità ai marchi di pressione**, anche se questo può essere evitato mediante l'adozione sul retro del metallo di uno speciale ciclo alta brillantezza (*primer* + trasparente) antimarchi;
- **costo sensibilmente superiore a quello del preverniciato**.

Comunque tale sistema (pure con i suoi limiti) é il prodotto di gran lunga più utilizzato, con ottimi risultati, nel campo elettrodomestico in Europa.

Plastificato ad altissima brillantezza
Si tratta di un laminato ad altissima brillantezza, inizialmente studiato e prodotto da industrie giapponesi, che offre anche la possibilità di ottenere effetti di decorazione anche a più colori. Si tratta di un laminato simile al prodotto precedente. Si differenzia solo per il primo stadio, in cui il film di PVC non viene verniciato con una vernice acrilica, bensì accoppiato mediante adesivi con un film di poliestere PET trasparente. Il *film* così ottenuto (PVC + PET) viene successivamente laminato al supporto base, operando esattamente con la stessa sequenza di cui al prodotto già visto.

Il laminato finale presenta tutte le sue ottime caratteristiche con le seguenti differenziazioni:
- **aspetto molto attraente, pieno**
- **finitura a specchio con brillantezza molto elevata** (superiore ai 100 *gloss*)
- **eccezionale resistenza alle macchie**
- **facilissima pulibilità**, anche da inquinanti permanenti (eventualmente a mezzo di solventi che non intaccano la superficie - alcool e/o chetoni).

Tale prodotto ha inoltre il vantaggio di poter essere personalizzato: il *film* di PVC, prima della laminazione con il trasparente PET, può essere decorato con disegni e colori a piacere; successivamente viene laminato il *film* PET, che blocca i diversi disegni e colori. Si possono ottenere così finiture molto decorative.

Colaminato
Questo prodotto rappresenta la più recente e, al momento, più valida proposta di prerivestito specialmente all'industria dell'elettrodomestico. È la ovvia e naturale evoluzione del prodotto preverniciato e dei plastificati, in quanto riunisce in sé tutti i pregi dei sistemi precedenti, eliminandone i difetti. Il colaminato é composto da strati di *primer*, vernice e speciali adesivi, e da un *film* poliestere appositamente trattato allo scopo, prima della laminazione con il metallo.
Il tutto viene poi assemblato in una linea di *coil coating* con due cabine di applicazione, due forni ed una stazione di laminazione.
Il prodotto così ottenuto é una combinazione vernice/adesivo/film PET, esente da PVC, che riunisce in sé, per la sua propria struttura, una vastissima gamma di proprietà.

Presenta i seguenti vantaggi:

Aspetto
- **molto più attraente;**
- **brillantezza molto elevata;**
- **possibilità di personalizzazione** (decorazione, scritte, etc.);
- **disponibile sia in versione liscia che strutturata;**

Caratteristiche meccaniche
- **combinazione di altissima flessibilità (0 T) ed elevata durezza (2/3 H);**
- **completa assenza di micro fessurazioni** (eventuali errori di produzione potrebbero dare luogo a microfessurazioni negli strati di vernice, ma il *film* mantiene sempre la sua integrità, escludendo nel modo più assoluto la possibilità di problemi in utenza);
- **idoneità al profondo stampaggio**, senza che il laminato perda in maniera drastica la sua brillantezza originale.

Caratteristiche di resistenza chimica
- **Ottime**, proprio in virtù della speciale configurazione del colaminato e per il fatto che non é in questo caso necessario ricercare il compromesso tra flessibilità/durezza/resistenza chimica, ma é possibile ottimizzare tutte le caratteristiche succitate.

Attitudine alla pulizia della superficie
- **E' questo forse l'unico esempio di prerivestito perfettamente pulibile con acqua o alcool** o, nei casi più severi, con solventi chimici, da qualsiasi traccia di inquinante (anche il più aggressivo) senza che la superficie venga minimamente danneggiata. Per queste caratteristiche viene usato anche come rivestimento anti-graffiti.

Tabella comparativa delle prestazioni dei materiali prerivestiti

	Plastificato lucido alta durezza	Plastificato PVC/PET	Colaminato Alta Brillantezza
Spessore	120-140 Q	120-140 Q	40-60 Q
Aspetto	Effetto speciale	Liscio	Liscio/ strutturato
Brillantezza (Gardner 60°) gloss	76-80	105-110	105-110
Resistenza ingiallimento UV	Buona	Buona	Buona
Resistenza al graffio	Buona	Buona	Buona
Piegatura T-bend senza fessurazione	O T	O T	O T
Idoneità meccanica al profondo stampaggio	Ottima	Ottima	Ottima
Perdita brillantezza per allungamento stampaggio	Buono	Ottima	Ottima
Durezza matita	2-3H	2-3H	2-3H
Resistenza chimica generale	Ottima	Ottima	Ottima
Resistenza nebbia salina	Ottima	Ottima	Ottima
Resistenza all'umidità	Ottima	Ottima	Ottima
Resistenza ai detergenti	Ottima	Ottima	Ottima
Resistenza ai solventi	Scarsa	Ottima	Ottima
Resistenza alle macchie	Sufficiente	Ottima	Ottima
Pulibilità / antigraffiti	Scarsa	Ottima	Ottima
Ecologia / riciclabilità	Negativa	Negativa	Buona
Possibilità decorazione	Si	Si	Si

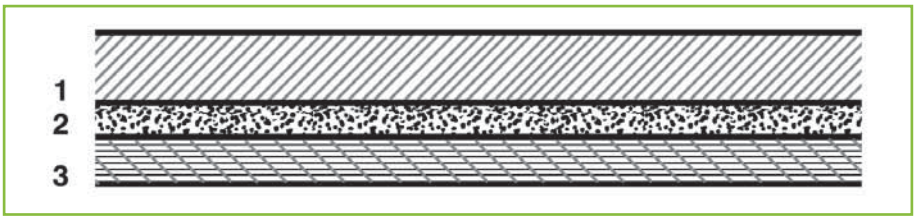
NASTRI PROTETTIVI AUTOADESIVI

© Novelis Italia

L'impiego di pellicole autoadesive di protezione temporanea (il "pelabile", per gli addetti ai lavori) ha in una certa misura contribuito alla diffusione dei laminati metallici preverniciati.
La pellicola autoadesiva infatti, oltre alla salvaguardia estetica di un prodotto che deve essere, per le sue stesse funzioni, esente da imperfezioni superficiali, agevola l'automazione di numerose operazioni meccaniche riducendo in tal modo tempi e costi di produzione.
E' evidente infatti che una pellicola protettiva autoadesiva, specificamente realizzata attraverso lunghe fasi di ricerca e di sperimentazione, non solo ovvia ai danneggiamenti che talvolta possono verificarsi presso gli utilizzatori delle lamiere preverniciate (nelle fasi di riavvolgimento, movimentazione e taglio di "*coil*"), ma accelera le lavorazioni meccaniche (piegatura, punzonatura, profilatura, stampaggio, imbutitura, ecc.) che ne seguono, riducendo l'attrito fra utensile e superficie.
In oltre venticinque anni di impiego, esse hanno conosciuto un'interessante evoluzione tecnologica, evoluzione resa peraltro necessaria dalla crescita continua del mercato e dalle nuove tecnologie che ne sono conseguite.

CENNI SULLA COMPOSIZIONE DI UN NASTRO PROTETTIVO

Un nastro protettivo autoadesivo é costituito da un supporto di materiale plastico e da una massa adesiva.
Prima di procedere all'adesivizzazione, viene eseguito un trattamento detto "Corona" che consente l'aggrappaggio dell'adesivo.



1. *SUPPORTO*
2. *TRATTAMENTO CORONA*
3. *ADESIVO*

L'adesivo deve ancorarsi saldamente al supporto, deve avere una elevata coesione e deve essere facilmente rimosso dalla superficie che protegge.
Le forze che regolano questo equilibrio sono:

- ***Coesione***
- ***Adesività verso il supporto***
- ***Adesività verso la superficie.***

Affinché un nastro protettivo autoadesivo abbia le caratteristiche che lo rendono idoneo negli impieghi per i quali é previsto, é necessario che le "forze" di cui sopra siano così distribuite:

- La coesione deve essere maggiore dell'adesività verso il supporto
- L'adesività verso il supporto deve essere maggiore dell'adesività verso la superficie protetta.

Vale la seguente regola:
Coesione > Adesività verso supporto > Adesività verso superficie protetta

I SUPPORTI

Il supporto maggiormente utilizzato nella fabbricazione dei nastri protettivi é il Polietilene A Bassa Densità (LDPE), ma non trascurabili sono gli impieghi di altri film quali: PVC Plastificato, Polipropilene, Polietilene Lineare (LLDPE), Poliestere.
Trascuriamo, per brevità di esposizione, di esplorare le prestazioni dei vari supporti e rivolgiamo la nostra attenzione al supporto più utilizzato: il Polietilene a bassa densità.

Produzione
Dal granulo di Polietilene, mediante un'operazione di soffiaggio, si estrude il *film*.

Trattamento "Corona"
Il *film*, prima di essere riavvolto in bobina, viene sottoposto al trattamento "Corona", che avviene con il passaggio del *film* in un'apparecchiatura ad alta tensione nella quale vengono originate delle scariche elettriche con conseguente formazione di ozono. L'ozono agisce sulla superficie del *film* polarizzandola e trasformandola da inerte a ricettiva dell'adesivo.

Materie prime utilizzate
Polietilene resina base, con eventuale aggiunta di additivi (pigmenti, antiossidanti).

Caratteristiche chimico -fisiche

- Organoletticamente inodore
- Buona trasparenza
- Punto di rammollimento 96 °C
- Carico rottura longitudinale 1.34 Kg/cm
- Carico rottura trasversale 1.02 Kg/cm
- Allungamento longitudinale 315 %
- Allungamento trasversale 585 %

Nota: valori riferiti ad uno spessore di 0,07 mm.

Dimensioni correnti di estrusione
Spessore: 35 - 200 µm
Altezza: 500 - 2500 mm
Densità: 0,92 - 0,94 g/cm^3.

GLI ADESIVI

Un importante elemento di differenziazione dei nastri protettivi é costituito dal tipo di adesivo impiegato.
I principali sono i seguenti:

- Gomma naturale e resine in soluzione solvente
- Acrilico da dispersione acquosa
- Acrilico da soluzione solvente.

Gomma naturale
E' caratterizzato da una elevata elasticità e da prestazioni adesive polivalenti. E' l'adesivo migliore poiché é in grado di fornire eccezionali risposte ad un ampio spettro di lavorazioni meccaniche su laminati con diversa finitura superficiale.
I limiti di questo adesivo vanno ricercati nella sua scarsa resistenza all'invecchiamento. Infatti i legami del Poliisoprene (polimero della gomma naturale) sono sensibili ai raggi U.V. ed all'ossidazione, ed il loro degradamento si manifesta in particolare in regime di temperature elevate (85-90°C) ed é proporzionale all'aumentare di quest'ultime.
Per migliorare le prestazioni dell'adesivo all'invecchiamento, vengono aggiunti antiossidanti ed anti U.V. ed é suggerito l'impiego di *film* coprenti (nero, bianco, ecc.).

Acrilici da soluzione o da emulsione
Sono originati in mezzo acquoso o in mezzo solvente e grazie alla loro migliore resistenza all'invecchiamento, hanno favorito la messa a punto di tutta una serie di protettivi a *film* trasparente, esigenza molto richiesta nel mercato dei laminati metallici preverniciati poiché é richiesta l'ispezionabilità delle superfici finite.
In aggiunta a questi pregi, i nastri protettivi realizzati con resine acriliche, vengono offerti sul mercato a prezzi più convenienti. Questo grazie alla maggiore velocità realizzabile sugli impianti di spalmatura e quindi al minor costo produttivo.

Acrilici in soluzione
Gli adesivi acrilici in soluzione vengono prodotti polimerizzando per via radicalica alcuni tipi di monomeri acrilici. I solventi utilizzati sono: acetato di etile, esano, eptano, toluene ed alcoli. Gli adesivi acrilici in soluzione hanno una buona resistenza all'invecchiamento UV all'umidità ed al calore, esigenze molto richieste nel mercato dei laminati metallici preverniciati dove é necessaria l'ispezionabilità delle superfici finite.

Acrilici in dispersione acquosa
Gli adesivi acrilici in dispersione acquosa vengono prodotti sempre polimerizzando per via radicalica, ma utilizzando come solvente l'acqua. Hanno quindi un migliore impatto ecologico. Per poter essere polimerizzati in ambiente acquoso i monomeri acrilici, essendo insolubili in acqua, devono essere emulsionati con appositi tensioattivi.
Il fatto di contenere questi agenti tensioattivi, rende questa categoria di prodotti leggermente più sensibili all'umidità. Le caratteristiche di resistenza agli UV ed al calore sono simili se non migliori dei prodotti a solvente. Recentemente la tecnologia dei prodotti all'acqua si é evoluta grazie all'utilizzo dei nuovi tipi di tensioattivi meno sensibili all'acqua e all'aggiunta di agenti reticolanti. In questo modo gli adesivi acrilici in dispersione acquosa hanno caratteristiche di resistenza in applicazione all'esterno molto vicine ai prodotti a solvente.

CRITERI DI SCELTA DEL PROTETTIVO

Il nastro protettivo ideale dovrebbe avere, per ovvie ragioni economiche, lo spessore minimo possibile.
Nella scelta del *film* si dovrà però tener conto del tipo di lavorazione meccanica al quale verrà sottoposto il *film* stesso e tanto più sarà gravosa, tanto più elevato dovrà essere lo spessore.
Diamo qui di seguito alcuni esempi:

Tipo di lavorazione	Spessore in micron
Punzonatura – Taglio	50/60
Profilatura e Piegatura ad ampi raggi di curvatura su laminati sottili	50/60
Stampaggio	80/90
Piegatura su laminati ad alto spessore	80/90
Profilatura ed imbutiture severe	80/120

Nella scelta del tipo di massa adesiva si dovranno considerare i seguenti fattori:

- L'impiego (esterno o interno);
- La natura e la brillantezza superficiale del materiale da proteggere;
- Le operazioni meccaniche cui sarà sottoposto il materiale protetto;
- Il tempo di permanenza del *film* sul materiale protetto.

Diamo qui di seguito alcune indicazioni.

Tipi di Impiego	Tipo di adesivo
Lunghi periodi all'interno (9 mesi) Lavorazioni meccaniche non gravose *Film* trasparente	Acrilico da dispersione acquosa
Brevi periodi all'esterno (fino a 2 mesi) o lunghi periodi all'interno (oltre 9 mesi) Lavorazioni meccaniche non gravose *Film* trasparente	Acrilico da soluzione solvente
Lunghi periodi all'esterno (6 mesi) Lavorazioni meccaniche non gravose *Film* nero coprente o bianco/nero	Acrilico da soluzione solvente
Brevi periodi all'interno (2 mesi) Lavorazioni meccaniche gravose *Film* trasparente, bianco coprente	Gomma naturale
Lunghi periodi all'esterno (6 mesi) Lavorazioni meccaniche gravose *Film* nero coprente o bianco/nero	Gomma naturale

CONTROLLI QUALITATIVI

Al fine di fornire un prodotto di qualità costante, i nastri protettivi vengono sottoposti a severi controlli che hanno lo scopo di verificare continuamente, ed a diversi stadi del ciclo produttivo, la rispondenza del nastro autoadesivo alle specifiche di prodotto. Qui di seguito richiamiamo i principali controlli che vengono regolarmente effettuati.

Controllo in linea

Vengono rilevati lo spessore e il trattamento Corona del *film* prima della spalmatura.
Si controllano la grammatura (quantità di adesivo applicato per metro quadrato), l'adesività, l'ancoraggio dell'adesivo al supporto dopo la spalmatura.

Controllo dello spalmato

Viene eseguito dopo tre giorni d'invecchiamento accelerato. Si controllano le caratteristiche fondamentali del nastro protettivo: adesività, appiccicosità, grammatura, ancoraggio, coesione.
Si effettuano inoltre prove pratiche su campioni di laminato preverniciato.

Controllo su prodotto finito

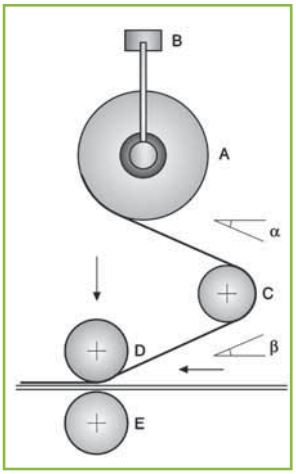
Viene eseguito sui rotoli prima del confezionamento. Si controllano: l'aspetto, la rispondenza dimensionale e l'assenza di difetti visivi. I metodi di prova adottati sono quelli previsti dalle norme:

Adesività	(g/cm)	A.F.E.R.A. 4001
Resistenza alla trazione	(Kg/cm)	A.F.E.R.A. 4004
Allungamento alla rottura	(%)	A.F.E.R.A. 4005
Forza di srotolamento	(g/cm)	A.F.E.R.A. 4013
Appiccicosità	(cm)	A.F.E.R.A. 4015
Coesione	(h)	A.F.E.R.A. 4012
Spessore	(mm)	A.F.E.R.A. 4006
Invecchiamento accelerato	(cicli)	Q.U.V. TEST

NOTA: i metodi di prova sono soggetti ad aggiornamenti e modifiche. Così, ad esempio i metodi AFERA 4001/4004/4006/4012 sono stati adottati dai rispettivi "*International Harmonized Test methods*" 5001/5004/5006/5012.

TECNICHE APPLICATIVE

Per un'ottimale stesura del nastro di protezione, che avviene tramite apposite attrezzature, é necessario che vengano rispettate alcune regole basilari affinché l'applicazione della pelabile, specie ad alte velocità, avvenga senza difetti superficiali di micro pieghe o inglobamento di aria fra pellicola e supporto.
Come si può notare dal disegno allegato, la macchina é semplice. Il sistema di frenatura del rotolo di protezione, che può essere meccanico o elettrico, fa si che la tensione di applicazione del *film* sia costante, così pure gli angoli di devolgitura ed applicazione (α e β che devono essere rispettivamente di 40° e 40° circa) hanno la loro importanza perché, con il rullo a banana, evitano l'inglobamento di aria, la formazione di pieghe del protettivo e quindi lo rendono uniforme durante l'applicazione in senso trasversale. Se quanto sopra é solo consigliato a basse velocità (5÷10 mt/min.), diventa imprescindibile ad alte velocità (30÷200 mt/min.) affinché si abbia un buon esito sulle successive operazioni che la superficie protetta dovrà in seguito sopportare.



SCHEMA APPLICATIVO
A = rotolo di pelabile
B = sistema di frenatura
C = rullo a banana
D = rullo di applicazione a pressione in gomma dura 60 sh A
E = rullo di contrasto

LA SERIGRAFIA SU SUPPORTO METALLICO PREVERNICIATO

© Focchi

Il metallo preverniciato rappresenta un ottimo supporto per la successiva decorazione mediante serigrafia, operazione che può essere eseguita sia sul metallo in lastre che su particolari già tranciati e/o stampati.
Logicamente si richiede che i prodotti vernicianti usati dal produttore di preverniciato siano compatibili con gli inchiostri utilizzati per la serigrafia, al fine di ottenere un'ottima aderenza fra vernice ed inchiostro stesso. Il preverniciato, destinato a successive operazioni di soprastampa mediante serigrafia, litografia ecc. viene collaudato presso i laboratori del produttore utilizzando le consuete tecniche di collaudo con inchiostri reperibili sul mercato. Pur tuttavia, dato il numero elevato di tipologie e di fornitori di inchiostri ed in considerazione delle sensibili differenze fra gli impianti, é necessario che vengano effettuate dall'utilizzatore prove di compatibilità e di idoneità fra i prodotti per scegliere quello idoneo per lo scopo finale richiesto.

DEFINIZIONE

Il procedimento serigrafico é un metodo altamente specializzato e rappresenta essenzialmente uno sviluppo dell'antico metodo a quadro usato per la preparazione di etichette, insegne ed altro, ad effetto decorativo.
I primi tessuti da stampa erano anticamente costituiti da seta, da qui deriva infatti il termine serigrafia.

MATRICE, RETINO E STAMPINO

La matrice viene preparata otturando alcune zone del tessuto mediante un procedimento fotomeccanico.
I retini utilizzati in serigrafia possono essere di differenti materiali quali: *nylon*, poliestere, metallo.
La seta ha dei fili relativamente grossi se paragonati all'apertura e di conseguenza deposita un basso spessore di *film* rispetto ai retini con filo di materiale sintetico. La spatola può essere in gomma o in poliuretano. Quest'ultimo materiale mantiene il profilo dei propri bordi anche dopo un utilizzo prolungato e per questo viene spesso impiegato per macchine da stampa automatiche

SPESSORE DEI *FILM*

Gli spessori dei *film* sono in funzione del procedimento di stampa:

Procedimento di Stampa	Spessori
Lito-*offset*	2 µm
Tipografico	3 µm
Flessografico	3 µm
Rotocalco	7 µm
Retino *film* ultrasottile	8 µm
Retino convenzionale	12 µm
Retino *film* spesso	30 µm

CARATTERISTICHE DEGLI INCHIOSTRI

I requisiti richiesti dagli inchiostri sono:

- un'eccellente coprenza poiché i *film* sottili applicati con questo procedimento devono coprire qualsiasi tinta di vario colore
- opportune caratteristiche di scorrimento poiché, immediatamente dopo l'applicazione, il *film* umido sarà naturalmente formato da un molteplice numero di piccoli punti (corrispondenti alla trama del tessuto). Questi punti devono unirsi per formare un *film* uniforme e quindi rendere una buona copertura; se lo scorrimento é eccessivo i contorni della stampa saranno sbavati
- la miscela solvente deve essere tale che l'inchiostro non essicchi troppo rapidamente ed ostruisca il tessuto (ciò richiederebbe molti lavaggi con interruzione del lavoro), ma deve essere sufficientemente rapida in modo da rendere veloce il processo
- la viscosità deve essere tale che la stampa avvenga senza problemi di formazione di bolle o sbavature.

Se il manufatto è destinato all'esposizione all'esterno è indispensabile che i colori siano resistenti alla luce e alle intemperie.

METODI DI ESSICCAZIONE

Il metodo di essiccazione più comunemente usato é quello per evaporazione del solvente.
I prodotti per serigrafia contengono una percentuale di solventi volatili che può raggiungere un massimo del 70% della formulazione.
Per rimuovere tale quantità di solvente sono stati sviluppati diversi tipi di essiccatoi. Per tipi di inchiostri, a base di resine alchidiche, l'essiccazione é ossidativa. Per applicazioni particolari, come ad esempio la stampa su bottiglie di polietilene e per circuiti stampati, vengono impiegati dei sistemi a catalisi.
Esistono alcuni tipi di inchiostri che richiedono la reticolazione in forno ed infine tecniche più recenti impiegano inchiostri reticolanti per esposizione ai raggi UV.

TIPI DI RESINE E SCELTA DELL'INCHIOSTRO

Gli inchiostri possono essere formulati con resine cellulosiche, alchidiche, viniliche, acriliche, epossidiche, poliuretaniche, ecc. La scelta dell'inchiostro appropriato dipende dalla conoscenza della natura chimica del supporto e delle sue caratteristiche superficiali. Allo scopo di garantire adesione massima il connubio resina dell'inchiostro simile o compatibile con quella del supporto é come primo approccio corretto; una parte sostanziale viene svolta anche dalla miscela solvente.
In generale, quanto più é inerte la pellicola da serigrafare, tanto più é difficile avere una buona adesione dell'inchiostro.
Data la particolarità dei supporti esistenti, quando si devono serigrafare oggetti metallici finiti e verniciati, devono essere fatte prove di aderenza tra i vari prodotti serigrafici ed il tipo di *film* sul quale deve essere fatta la stampa.
I prodotti serigrafici non devono contenere additivi siliconici o cere micronizzate se non in piccolissime percentuali per evitare problemi di *intercoating* nel caso di ulteriore sovrastampa.
Questi additivi, a maggior ragione, sono evitati nelle formulazioni di tutte quelle vernici utilizzate per la verniciatura di metalli sui quali é richiesto una serigrafia finale. Tra le varie applicazioni degli inchiostri serigrafici su preverniciato, una delle più note é quella per insegne e cartellonistica.
Le caratteristiche più importanti di un prodotto serigrafico per questi tipi di applicazioni sono la durata, per quanto concerne l'adesione, la resistenza alla luce e alle intemperie.
Normalmente vengono utilizzati pigmenti con una buona resistenza alla luce e resine poliuretaniche. Queste resine hanno il vantaggio di essere compatibili con i vari tipi di inchiostri utilizzati nella serigrafia e di offrire le migliori prestazioni.
L'inchiostro applicato sopra un supporto precedentemente verniciato, può essere essiccato sia ad aria che in forno quindi essere protetto con una vernice trasparente mediante applicazione a rullo o a spruzzo e successiva essicazione in forno. È importante che l'inchiostro sia sufficien-

temente essiccato per resistere all'aggressione dei solventi presenti nella vernice trasparente. L'*intercoating* tra i tre prodotti deve essere eccellente. Paragonando la serigrafia ad altri sistemi di stampa, si osserva che con essa si ottengono vantaggi quali: elevata copertura, alta resa visiva, elevata economicità in termini di costi per quanto concerne macchine ed attrezzature.
È per questo che, nonostante sia più critica la proprietà di adesione, la serigrafia è adottata da molte industrie per la stampa sui propri prodotti. Va da ultimo rilevato che in molti casi oggi, in base alla valutazione dei costi legati alle quantità da produrre ed alle resistenze richieste, si preferisce alla serigrafia l'applicazione di inchiostri UV con tecnica digitale.

CARATTERISTICHE DI COLLAUDO

© Image courtesy of Euramax Coated Products

PROVE GENERALI DI COLLAUDO

Ogni laminato preverniciato ha delle specifiche di caratterizzazione che sono proprie di quel prodotto; avremo quindi metodologie diverse e diversi parametri di giudizio in relazione alla destinazione del nastro preverniciato; il collaudo relativo al materiale per controsoffitti, per esempio, sarà diverso da quello per infissi o per elettrodomestici.
A monte di tutto questo esiste un'organizzazione che interpreta le esigenze del cliente e collabora con i fornitori di vernici fin dalla formulazione dei nuovi prodotti per essere certi che corrispondano alle caratteristiche richieste. Naturalmente tali valori devono essere costanti fra i vari lotti.
La tecnica più razionale di controllo dei lotti di produzione delle vernici é quella del "*preshipment*" o "precampionamento".

Da cosa é costituito il *preshipment*
Il fornitore di vernice invia al produttore di preverniciato un piccolo campione prelevato dal lotto che ha prodotto; é sulla base dei risultati del campione che viene dato il benestare per il confezionamento e la spedizione dell'intero lotto di fornitura.
I controlli effettuati sulla vernice prima che venga utilizzata in produzione riguardano sia i parametri fisici sia le caratteristiche meccaniche e di tinta.

Parametri fisici
- Viscosità
- Potere coprente
- Finezza macinazione
- Peso specifico
- Spessore umido
- Residuo secco

Come si può intuire, tutti i parametri finora analizzati sono interdipendenti e solo quando tutti sono conformi agli *standard* la vernice é idonea alla produzione.
Oltre alle proprietà fisiche, vengono controllate anche le caratteristiche meccaniche, la brillantezza e la tinta. Questo controllo è uguale a quello effettuato sui nastri preverniciati da ognuno dei quali si prelevano dei campioni da collaudare.
Il collaudo del preverniciato consiste nella valutazione dei parametri sottonotati in accordo con la **Norma DIN EN 10169**. La EN 10169 é composta da 3 parti:

Parte 1 Informazioni generali (definizioni, materiali, tolleranze, metodi di prova)
Parte 2 Prodotti per applicazioni in edilizia all'esterno
Parte 3 Prodotti per applicazioni in edilizia all'interno.

La finalità é quella di fornire informazioni per la selezione e l'ordine di prodotti piani, in metallo preverniciato in continuo con processo "*coil coating*" e specifica gli appropriati requisiti tecnici per i prodotti.

METODI DI PROVA DEL PREVERNICIATO

L'ECCA, attraverso la sua Commissione Tecnica ha da sempre sviluppato e pubblicato i metodi di prova dei prodotti preverniciati. Allo stesso tempo l'ECCA non é un Ente di Normalizzazione quindi ha messo a disposizione la sua esperienza nel settore e la partecipazione di alcuni membri della Commissione Tecnica alla normalizzazione dei metodi di prova. La pratica fu affidata dal CEN al TC139 e più specificatamente al WG 9, che ha trasferito le esperienze ECCA in uno *standard* europeo, la norma EN 13523-1.

Spessore del rivestimento

Valutazione dello spessore totale del rivestimento organico su un supporto metallico. Si controlla mediante uno spessimetro, il sistema più usato é digitale ed il sistema di rilevamento si basa sulle correnti parassite, ma vi sono anche sistemi meccanici.
Per determinare lo spessore del rivestimento si colloca sullo stesso una sonda elettrica, che produce un campo elettromagnetico nel metallo di base e si misura la variazione di potenziale di tale campo. Nel caso di acciaio con rivestimento metallico + organico la EN13523-1 prevede anche la misura tramite differenza di spessore (micrometro) prima e dopo rimozione dello strato di vernice con apposito solvente.
Norma DIN EN 13523-1: *Coil coated metals - Test methods - Part 1: Film thickness*

Brillantezza speculare

Indica la quantità di luce riflessa dal rivestimento. Per rilevarla si usa il glossmetro, che é uno strumento munito di una sorgente che proietta un fascio di luce, con diversi angoli di incidenza (20°-60°-85°), sul provino in esame. Generalmente si usa l'angolo di 60°. Per prodotti specifici con una brillantezza <30 UB, è possibile ricorrere a un'apparecchiatura con altre angolazioni. Un ricevitore fotosensibile misura la percentuale di luce riflessa e la converte in valori numerici da 0 a 100.
Norma DIN EN 13523-2: *Coil coated metals - Test methods - Part 2: Specular gloss*

Determinazione della differenza di colore

Valutazione della differenza di colore di un rivestimento organico su un supporto metallico. L'argomento della costanza di colore, con tutte le problematiche inerenti, é piuttosto complesso e richiede l'ausilio di determinazioni strumentali obiettive.
La differenza di colore tra lo *standard* e la vernice in accettazione o in produzione viene rilevata ed evidenziata da uno spettrofotometro che consiste in una sorgente luminosa il cui raggio ad impulsi colpisce il campione in esame. Il raggio riflesso viene ricevuto da una fotocellula che lo converte in valori numerici colorimetrici che determinano la variazione di colore rilevata (DELTA E).

Semplificando, il DELTA E é la radice quadrata della somma dei quadrati delle differenze tra i tre parametri che caratterizzano una tinta rispetto ad un'altra, ossia L*,a*, b*. (preceduti ciascuno dal proprio segno algebrico «+»o«-»).
La lettera L* identifica il chiaro/scuro con valore da 0 a 100;
«a*» identifica il tono di rosso nei valori positivi ed il tono di verde nei valori negativi;
«b*» il tono di giallo nei valori positivi ed il tono di blu nei valori negativi.
Rimane tuttavia di fondamentale importanza la valutazione visiva della differenza di colore effettuata dagli addetti al controllo.
Norme:
DIN EN 13523-3: *Coil coated metals - Test methods - Part 3: Colour difference - Instrumental comparison*
DIN EN 13523-22: *Coil coated metals - Test methods - Part 22: Colour difference - Visual comparison*

Durezza matita
Valutazione della solidità superficiale di un rivestimento organico su un supporto metallico. La misura viene effettuata ricorrendo a una gamma di matite di durezza crescente: 6B, 5B, 4B, 3B, 2B, B, HB, F, H, 2H, 3H, 4H, 5H, 6H. La matita viene applicata sulla superficie della vernice con un'angolazione di 45° con peso costante. La durezza della vernice corrisponde alla durezza dell'ultima matita che non ne graffia la superficie.
In Italia si impiegano tradizionalmente le mine Koh-I-Noor 1500; variando la marca può variare il corrispondente valore. Con questa prova, oltre alla durezza, viene valutata (anche se parzialmente) l'adesione al supporto del *film* stesso.
I valori *standard* sono compresi tra HB minimo (per vernici fluorocarboniche) e 2H (per vernici poliammidiche).
Norma DIN EN 13523-4: *Coil coated metals - Test methods - Part 4: Pencil hardness*

Resistenza alla deformazione rapida (prova di impatto o d'urto)
Valutazione della resistenza di un rivestimento organico su un supporto metallico alla screpolatura e/o alla pelatura dopo una deformazione rapida del prodotto preverniciato. Viene fatto cadere un peso da 1-2 kg sulla faccia B del campione rivestito. L'altezza da cui viene lasciato cadere il peso può essere regolata tra 1 cm e 150 cm in modo tale da ottenere una determinata energia d'urto. L'adesione del rivestimento sulla faccia A viene verificata tramite nastro adesivo. La valutazione del livello di flessibilità (massima energia senza formazione di fessure) viene effettuata con lente x10 ingrandimenti. La resistenza all'urto di un rivestimento é determinata ed espressa in *Joules* o in kgxcm.
Norma DIN EN 13523-5: Coil coated metals - Test methods - Part 5: Resistance to rapid deformation (impact test)

Adesione
Valutazione del livello di adesione e flessibilità (massima energia senza formazione di fessure) di un rivestimento organico su un supporto metallico dopo imbutitura. Si utilizza un apparecchio quadrettatore a 11 lame equidistanti 1 mm. Si formano delle incisioni perpendicolari tra di loro in modo da avere 100 quadratini di 1 mm^2 di superficie. Viene creata una deformazione a velocità costante (12 mm/min) con un punzone emisferico di 20 mm di diametro, fino a una profondità definita. Sulla quadrettatura così deformata si procede allo strappo con nastro adesivo. Il numero di quadratini rimasti integri indica il valore dell'adesione.
Norma DIN EN 13523-6: *Coil coated metals - Test methods - Part 6: Adhesion after indentation (cupping test)*
L'adesione viene anche valutata sulla piega. La prova consiste nel piegare il campione di materiale prima a 90° e successivamente a 180°. Il valore viene espresso dalla percentuale di film asportato dopo lo strappo con nastro adesivo. Quest'ultimo dovrà essere di tipo e marca definito
Norma DIN EN 13523–7: *Coil coated metals – Test methods – Part 7: Resistance to cracking on bending (T-bend test)*

Piegatura (prova della piega a T)
Valutazione della resistenza alla screpolatura e del grado di adesione di un rivestimento organico su un supporto metallico tramite flessione del prodotto fra 135-180°. Identifica il raggio minimo di curvatura necessario finché la vernice non presenti screpolature al microscopio a 10 ingrandimenti. La prova viene effettuata piegando il campione a 180°. Si prosegue piegando il campione su se stesso fino alla comparsa di screpolature. I risultati ottenuti sono espressi come T= 0,0 - 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 ecc. Il grado di adesione del rivestimento è indicato dal valore T minimo di flessione in corrispondenza del quale non si notano spellature della vernice usando un nastro adesivo.
È comprensibile quindi la notevole importanza che la durezza dei supporti metallici ed il ciclo di verniciatura hanno sul risultato finale. E' noto che il raggio di curvatura durante le lavorazioni in officina risenta della velocità e delle modalità di effettuazione della piegatura e della temperatura del supporto.
Norma DIN EN 13523-7: *Coil coated metals - Test methods - Part 7: Resistance to cracking on bending (T-bend test)*

Resistenza alla nebbia salina
Valutazione della resistenza alla nebbia salina di un rivestimento organico su un supporto metallico esponendo un campione di prova in nebbia salina a 35°C per un determinato lasso di tempo. Per l'acciaio generalmente si utilizza la nebbia salina neutra e per l' alluminio la nebbia salina acetica. Il lamierino subirà l'esposizione in ambiente salino o salino acido provocato dalla nebulizzazione di una soluzione appositamente preparata. Ad intervalli dall' inizio della prova verrà valutata, la formazione di cor-

rosione sulla superficie del pannello, la delaminazione del rivestimento organico dai bordi e sulle incisioni e infine il livello di *blistering*. I risultati ottenuti indicano:
- L' influenza del tipo di supporto;
- La qualità del pretrattamento;
- L' andamento di una resina nei confronti di un'altra;
- L' andamento di una stessa resina nelle varie versioni fornite;
- Il confronto costante dell'andamento della produzione nei confronti di un determinato ciclo.

Raramente si trova una relazione diretta tra la resistenza alla nebbia salina e la resistenza alla corrosione nelle diverse condizioni ambientali. Questo è dovuto al fatto che l'effetto di ciascuno dei molti fattori che influenzano la formazione della corrosione varia considerevolmente con le differenti condizioni ambientali. Pertanto il risultato di queste prove non deve essere considerato come una correlazione diretta della resistenza alla corrosione negli ambienti in cui un ciclo di verniciatura viene impiegato, ossia è possibile asserire con sicurezza che per esempio, 1000 ore di nebbia salina equivalgono a 10 anni di resistenza agli esterni. Tuttavia il metodo di prove descritto costituisce una delle verifiche del mantenimento della costanza di qualità del rivestimento di un ciclo di verniciatura.
Norma DIN EN 13523-8: *Coil Coated Metals – Test methods – Part 8: Resistance to salt spray (fog)*

Resistenza all'immersione in acqua
Valutazione della resistenza all'immersione in acqua a 40°C di un rivestimento organico applicato su un supporto metallico. La prova è applicabile a tutti i tipi di rivestimenti organici, compresi i rivestimenti metallici goffrati, ad effetto, perlacei e stampati. Il risultato della prova viene determinato mediante valutazione della formazione di corrosione sulla superficie del pannello, la delaminazione del rivestimento organico dai bordi e sulle incisioni e il livello di *blistering*.
Norma DIN EN 13523-9: *Coil coated metals – Test methods - Part 9: Resistance to water immersion*

Resistenza alla radiazione fluorescente UV e alla condensazione dell'acqua
Valutazione della variazione cromatica, dello sfarinamento e della conservazione di brillantezza di un rivestimento organico applicato su un supporto metallico esposto ciclicamente ad agenti atmosferici accelerati (raggi UV, umidità e temperatura) per 2.000 ore. Ogni ciclo consta di 4 ore di esposizione a raggi UVA a secco a 60°C, seguita da 4 ore di esposizione a condensa a 40°C senza raggi UV.
Norma DIN EN 13523-10: *Coil coated metals – Test methods - Part 10: Resistance to fluorescent UV radiation and water condensation*

Resistenza ai solventi (prova di strofinamento)
Valutazione del grado di reticolazione, di un rivestimento organico applicato su un supporto metallico, mediante la resistenza ai solventi. La resistenza viene verificata strofinando la superficie con cotone idrofilo impregnato di solvente, di norma un chetonico (metiletilchetone). La valutazione si basa sul numero di doppi colpi necessari a consumare l'ultimo strato del rivestimento.
Norma DIN EN 13523-11: *Coil coated metals – Test methods - Part 11: Resistance to solvents (rubbing test)*

Resistenza al graffio
Valutazione della resistenza al graffio di un rivestimento organico applicato su un supporto metallico. Uno strumento con punta sferica (diametro 1 mm) viene trascinato lungo la superficie del rivestimento con carico crescente. La valutazione corrisponde al carico più elevato che non graffia il rivestimento organico nel suo insieme fino al substrato metallico.
Norma DIN EN 13523-12: *Coil coated metals – Test methods - Part 12: Resistance to scratching*

Resistenza all' invecchiamento accelerato mediante calore
Valutazione del comportamento di un rivestimento organico applicato su un supporto metallico, piano o flesso, quando viene sottoposto a invecchiamento accelerato dovuto alla temperatura. I campioni vengono mantenuti in atmosfera secca a una determinata temperatura. La valutazione si basa sulla variazione cromatica e sulla conservazione della brillantezza.
Norma DIN EN 13523-13: *Coil coated metals – Test methods - Part 13: Resistance to accelerated ageing by the use of heat*

Sfarinamento
Valutazione del comportamento di un rivestimento organico applicato su un supporto metallico allo sfarinamento provocato da un'esposizione naturale o artificiale agli agenti atmosferici. Del nastro adesivo viene posto sulla superficie da valutare, assicurando la massima adesione. Dopo rimozione dello stesso viene valutato il grado di trasparenza mediante lettura strumentale. Il risultato è espresso in percentuale.
Norma DIN EN 13523-14: *Coil coated metals – Test methods - Part 14: Chalking (Helmen method)*

Metamerismo
Valutazione del comportamento di un rivestimento organico applicato su un supporto metallico al metamerismo di una riproduzione di colore. Quando due campioni di colore hanno le stesse curve di riflessione spettrale, essi concordano sotto qualsiasi illuminante indipendentemente dalle sue caratteristiche spettrali. E' anche possibile per due campioni di colore che abbiano differenti curve di riflessione spettrale

che visivamente concordino sotto una determinata sorgente luminosa ma non sotto un'altra sorgente luminosa con caratteristiche spettrali differenti.
Norma DIN EN 13523-15: *Coil coated metals – Test methods - Part 15: Metamerism*

Resistenza all'abrasione
Valutazione della resistenza all' abrasione ed all'usura di un rivestimento organico applicato su un supporto metallico. Un provino con un foro centrale per il fissaggio è sottoposto all'attrito di una ruota abrasiva normalizzata (tipo CS10 o CS17), caricata con una massa costante (500g per un rivestimento di 20 µm e 1 kg per rivestimenti superiori). La misura viene effettuata dopo 250, 500 o 1000 rotazioni. Il risultato viene espresso come perdita di peso o di spessore dopo le rotazioni previste, oppure come numero di giri necessari per raggiungere il substrato.
Norma DIN EN 13523-16: *Coil coated metals – Test methods - Part 16: Resistance to abrasion*

Aderenza di *film* pelabili
Valutazione della aderenza di *film* pelabili applicati su un laminato metallico preverniciato. I campioni possono essere analizzati indipendentemente dal fatto che sono stati applicati in laboratorio o sulla linea di produzione. La misura dell'aderenza viene effettuata con un dinamometro e il risultato espresso come Nw per millimetro di larghezza.
Norma DIN EN 13523-17: *Coil coated metals – Test methods - Adhesion of strippable films*

Resistenza alle macchie
Valutazione dell'effetto delle sostanze chimiche sulle caratteristiche di un rivestimento applicato a un supporto metallico.
Si può ricorrere a due metodi:
- *Test* in immersione: i campioni con i bordi protetti vengono parzialmente immersi per 24 ore in una sostanza chimica a una temperatura di 25°C.
- Prova alla goccia: si pone sul campione circa 1 ml di sostanza chimica poi coperta con un vetro da orologio a temperatura ambiente per 24 ore. La valutazione si basa sulla variazione cromatica, la formazione di vescicole, perdita della brillantezza, il rammollimento, il rigonfiamento e la perdita di aderenza.

La norma prevede anche la resistenza del *film* di vernice all' azione di prodotti alimentari. Sul lamierino vengono lasciate per un certo numero di ore piccole quantità di salse, olio, burro, senape,limone, aceto caffè o altro. Dopo lavaggio viene valutato l'eventuale assorbimento del *film* di vernice dei prodotti sopraindicati.
Norma DIN EN 13523-18: *Coil coated metals – Test methods - Resistance to staining*

Provino e metodo di esposizione agli agenti atmosferici
Valutazione della resistenza agli agenti atmosferici di un rivestimento organico applicato a un supporto metallico. I *test* di esposizione in esterni vengono eseguiti in corrispondenza di zone di esposizione naturale (classificate secondo EN ISO 12944-2) nell'intento di controllare il comportamento dei prodotti in acciaio preverniciato per applicazioni edili esterne. Questi prodotti vengono esposti per 2 anni, in conformità ai criteri dello standard EN 10169.
Norma DIN EN 13523-19-21: *Coil coated metals – Test methods - Part 19: - Panel design and method of atmospheric exposure testing*

Aderenza della schiuma
Valutazione dell'effetto dell'aderenza della schiuma su un rivestimento organico applicato su di un supporto metallico. La schiuma bi-componente (per es. poliolo e isocianato) viene posta sul lamierino da testare per un periodo di circa 30-40 minuti. Il grado di aderenza viene valutato dopo asportazione manuale del pacchetto di schiuma.
Norma DIN EN 13523-20: *Coil coated metals – Test methods - Part 20: Foam adhesion*

Valutazione di pannelli esposti all'esterno
Valutazione del comportamento di un rivestimento organico applicato su di un supporto metallico durante e dopo la sua esposizione all'esterno. Tre sono gli orientamenti di esposizione e tre i diversi provini per simulare le consuete condizioni di servizio di un edificio.
- 90° esposizione a nord: coperture verticali a riparo.
- 5° esposizione a sud: tetti con bassa pendenza, ritenzione di acqua e sporco nelle zone di sovrapposizione.
- 45° esposizione a sud: foto-degradazione del *top-coat*.

I risultati di queste esposizioni esterne sono rappresentativi del comportamento del prodotto nelle reali condizioni di servizio. Sono necessari 2 anni per avere una buona classificazione dei vari prodotti.
Norma DIN EN 13523-21: *Coil coated metals – Test methods - Part 21: Evaluation of outdoor exposed panels*

Differenze di colore - valutazione visiva
Valutazione della differenza di colore di un rivestimento organico applicato a un substrato metallico mediante la comparazione visiva con uno *standard* di riferimento utilizzando sia la luce diffusa naturale sia quella artificiale in una cabina normalizzata.
Norma DIN EN EN 13523-22: *Coil coated metals – Test methods - Part 22: Colour difference - Visual comparison*

Stabilità dei colori in atmosfere umide contenenti diossido di zolfo
Valutazione della resistenza del colore di un rivestimento organico su

un supporto metallico quando esposto ad atmosfere umide contenenti diossido di zolfo (atmosfere industriali). Questo metodo non può essere applicato alle finiture metallizzate o con effetti speciali.
Norma DIN EN 13523-23: *Coil coated metals – Test methods - Part 23: Colour stability in humid atmospheres containing sulfur dioxide*

Resistenza all'accatastamento e alla marcatura per pressione
Valutazione della resistenza all'accatastamento e/o alla marcatura per pressione di un rivestimento organico applicato su di un supporto metallico.
Sui lamierini impilati mantenuti alla temperatura di 50°C viene applicata una pressione compresa tra 1 MPa e 5 MPa per un tempo di 48 ore. Il risultato viene valutato come variazione visiva di colore e brillantezza.
Norma DIN EN 13523-24: *Coil coated metals – Test methods - Part 24: Resistance to blocking and pressure marking*

Resistenza all'umidità
Valutazione della resistenza all'umidità di un rivestimento organico applicato su un supporto metallico (nastro metallico rivestito), per mezzo dell'esposizione in una cabina umidostatica sotto condizioni controllate. Un provino viene esposto in atmosfera caldo umida, alla temperatura di 40°C e 95-100% di umidità relativa, per un tempo stabilito. La valutazione viene condotta in base alla formazione di corrosione sulla superficie del pannello, la delaminazione del rivestimento organico dai bordi e sulle incisioni e infine il livello di *blistering*.
Norma DIN EN 13523-25: *Coil coated metals – Test methods - Part 25: Resistance to humidity*

Resistenza alla condensa di acqua
Valutazione della resistenza alla condensa di un rivestimento organico applicato su un supporto metallico, esponendo in modalità continua il prodotto preverniciato a un'atmosfera satura. I campioni vengono esposti con un'angolazione di 60° sopra un serbatoio d'acqua a 40°C. Il lato sottoposto al *test* è orientato verso l'acqua in modo tale che il vapore acqueo si depositi sulla superficie. La valutazione viene condotta in base alla formazione di vescicole in conformità a ISO 4628/2.
Norma DIN EN 13523-26: *Coil coated metals – Test methods - Part 26: Resistance to condensation of water*

Resistenza all'impacco umido (*test* del cataplasma)
Valutazione della resistenza di un rivestimento organico applicato su un substrato metallico in condizioni di umidità molto elevata (in ambiente acido, alcalino e/o neutro).
Norma DIN EN 13523-27: *Coil coated metals – Test methods - Part 27: Resistance to humid poultice (Cataplasm test)*

Resistenza alle macchie di origine ambientale (presa di sporco striature)
Valutazione comparativa della resistenza alla sporcabilità di un rivestimento organico applicato su un supporto metallico (*coil coating*) durante un esposizione esterna, in particolare il difetto conosciuto come "strisce di tigre" (*tiger stripes*).
Norma DIN EN 13523-29: Coil coated metals – Test methods - Part 29: Resistance to environmental soiling (Dirt pick-up and striping)

Altre caratteristiche da verificare
Come abbiamo visto, il nastro preverniciato é destinato ad usi e mercati differenti. Può capitare che i tipi di vernice impiegati non siano gli stessi e, che i prodotti vernicianti in fase di omologazione, subiscano una serie di ulteriori controlli che, esemplificando per settore, sono:

- **elettrodomestici**
  Resistenza agli alimenti
  Resistenza agli sbalzi termici
  Attitudine alla schiumabilità
  Resistenza alla saponificazione e ai detersivi

- **edilizia**
  Sfarinamento
  Viraggio di colore
  Resistenza alle malte cementizie
  Abrasione
  Metal marking
  Sovraverniciabilità
  Ritenzione dello sporco

- **meccanica**
  Resistenza agli sbalzi termici
  Abrasione
  Metal marking
  Viraggio di colore
  Sovraverniciabilità

Tutte le prove di cui sopra, vengono eseguite secondo metodi previsti dalle norme europee della *European Coil Coating Association* (ECCA) o da altre normative nazionali ed internazionali.

***Test* accelerati di corrosione**
Salvaguardare le superfici dei manufatti dal deterioramento é un compito fondamentale dei prodotti vernicianti, di importanza pari o superiore alla loro funzione estetica.
I nemici del metallo verniciato sono: luce, acqua, vapore, caldo, gelo, vento,

polvere, salino, inquinamento. I loro effetti sono:

- *Blistering* (bollicine)
- *Cracking* (screpolature)
- Corrosione filiforme
- Sfogliature (distacco del film)
- Sfarinamento (affioramento del pigmento)
- Viraggio tinta
- Perdita di brillantezza

Lo scopo delle prove di laboratorio é quello di riprodurre artificialmente, in tempi accelerati ed in modi controllabili, le aggressioni a cui una superficie verniciata ha probabilità di essere esposta.
Oltre a tali prove di laboratorio, vi sono le prove di esposizione naturale che si svolgono all'aperto in una serie di stazioni, la cui collocazione nelle varie parti del mondo é accuratamente studiata e scelta, tenendo conto delle fasce climatiche (macro-clima), delle aree climatiche (micro-clima) e dell'ambiente (micro-ambiente).

Affidabilità delle prove
Per "affidabilità" si intende la certezza che un dato componente di manufatto si comporti effettivamente nel modo previsto quando si verificano le condizioni previste. É questo anche il principale requisito di una prova: dare risultati affidabili e ripetibili.
Ad esempio, se una vernice resiste bene ad un dato *test* di laboratorio, ma poi non resiste nelle normali condizioni d'uso, quella prova non é affidabile. Analogamente non si può considerare affidabile nemmeno una prova troppo severa, che distrugge una vernice la quale sfiderà tranquillamente le intemperie.
L'altro fondamentale requisito di un *test*, é che sia correlato con le condizioni ambientali nelle quali il manufatto si troverà ad operare. Manca di correlazione, ad esempio, una prova che sottoponga una vernice a radiazioni inferiori ai 300 µm (che non arrivano sulla terra perché trattenute dall'atmosfera) a meno che si tratti di una vernice per veicoli spaziali.

I *test* più severi
Tutte le prove richieste dalle più severe normative mondiali vengono svolte nel laboratorio e nelle stazioni di esposizione all'esterno. Come abbiamo già visto, i fattori aggressivi che portano alla distruzione di un *film* di vernice, sono: umidità, luce, calore, inquinamento, salsedine, altri fattori locali concorrenti.
Le prove simulate vengono condotte per verificare i parametri particolarmente significativi della vernice al fine di stabilirne la durata e l'affidabilità.

Nebbia salina
Dato il considerevole numero di pretrattamenti e le numerose resine oggi disponibili, si é ritenuto necessario, almeno per certe caratteristiche, disporre di un sistema di raffronto di prodotti che sia in grado di dare, con rapidità e semplicità, idee sul comportamento delle vernici all'azione degli agenti atmosferici.
La norma a cui si fa riferimento sono:
Norma EN 13523–8: *Coil coated metals – Test methods – Part 8 : Resistance to salt spray (fog)*

Agenti della corrosione:
Umidità + Salsedine
Umidità + Salsedine + Acidità

Per la descrizione della prova e le sue implicazioni rimandiamo alla pag. 125 del presente manuale.

Umidostato
Il lamierino viene immerso nel vapore provocato dal riscaldamento a 40°C dell'acqua contenuta nella vasca sottostante alla rastrelliera contenente i lamierini. Dopo un periodo prestabilito viene valutata la formazione di corrosione o di *blistering*.
Per quanto riguarda la correlazione dei risultati nei confronti delle condizioni reali di impiego valgono le stesse considerazioni fatte riguardo ai risultati della nebbia salina.
Norma EN ISO 6270-2: *Pitture e vernici - Determinazione della resistenza all'umidità - Parte 2: Procedura per l esposizione di provini ad atmosfere di acqua di condensa*

Agenti dell'aggressione:
Umidità

Q U V
Questo *test* si basa sull'esposizione del ciclo di verniciatura ad un flusso di raggi ultra violetti (UV) alternati a fasi di umidità che condensa sulla superficie del lamierino.
Norma DIN EN 13523-10: *Coil coated metals - Test methods - Part 10: Resistance to fluorescent UV radiation and water condensation*

Agenti della corrosione:
Umidità
Raggi ultravioletti

Questa sequenza é programmabile (es. 4 ore UV a 60°C; 4 ore umidità a 40°C ripetuto n volte, oppure a diverse combinazioni di. I risultati vengono rilevati valutando la differenza di colore e di aspetto (sfarinamento, opacizzazione, ecc.) esistente tra la parte esposta e la parte non esposta del lamierino.

Prova di resistenza ai detersivi
Il lamierino di prova viene immerso completamente in una soluzione che contiene disciolto un detersivo con concentrazione fra lo 0,5 e il 2% ad una temperatura variabile tra 40 e 70°C.
Trascorso il tempo previsto, il lamierino viene estratto e viene valutata l'eventuale formazione di *blistering,* l'adesione tra *film* e supporto e le variazioni di colore rispetto ad un campione tenuto come riferimento.
Norma DIN EN 13523-18: *Coil coated metals - Test methods - Part 18: Resistance to staining*

Agenti dell'aggressione:
Soluzioni di detersivo

Prova di resistenza agli alimenti
Lo scopo di questa prova é quello di valutare la resistenza del *film* di vernice all'azione di prodotti alimentari.
Sul lamierino vengono lasciate per un certo numero di ore piccole quantità di salse, olio, burro, senape, limone, aceto, caffè o altro. Dopo il lavaggio con acqua e sapone viene valutato l'eventuale assorbimento del *film* di vernice dei prodotti sopraindicati.
In questo tipo di prova l'affidabilità del risultato é totale, in quanto i tempi e le modalità rispecchiano le condizioni di impiego a cui verrà sottoposto il preverniciato.
Norma DIN EN 13523-18: *Coil coated metals - Test methods - Part 18: Resistance to staining*

Agenti dell'aggressione:
Alimenti

NORME SPECIFICHE DI COLLAUDO DEI *FILM* LAMINATI

Come esemplificato nell'apposito capitolo "I *film* laminati", le caratteristiche qualitative finali del laminato metallico prerivestito, dipendono essenzialmente dalla natura e dalla formulazione del *film* utilizzato per l'accoppiamento.
Tali caratteristiche sono perciò predeterminate e verificate in fase di studio e di realizzazione del *film* stesso.
Analogamente l'adesione dello specifico *film* al supporto pretrattato o primerizzato è funzione delle proprietà dell'adesivo utilizzato per il legame. Nondimeno le caratteristiche qualitative finali del laminato metallico sono assolutamente dipendenti dalla bontà del legame permanente realizzato, il quale a sua volta é strettamente funzione anche delle condizioni di laminazione (spessore dell'adesivo, temperatura di attivazione dello stesso, pressione di accoppiamento, ecc.).
E' perciò fondamentale verificare in fase di collaudo l'idoneità del legame ottenuto. Esemplifichiamo qui di seguito le principali prove che vengono di norma effettuate.

Adesione su taglio e piega
Il *film* applicato viene inciso sino a metallo nudo. Si realizza quindi una piega a blocco (180° - OT) in corrispondenza del taglio. (Il *film* rimane sull'esterno della piega). Si tenta poi di staccare il *film* dal supporto in corrispondenza della piega anche con l'ausilio di un coltello. L'adesione viene giudicata buona se si ha rottura del *film* plastico e nessun distacco dello stesso dal supporto.

Adesione su quadrettatura e imbutitura
Il *film* applicato viene inciso mediante reticolo quadrettatore. Il laminato viene quindi imbutito in corrispondenza del reticolo mediante apparecchio Erichsen sino a un valore di penetrazione prefissato (normalmente 6 mm o fino a rottura del supporto).
Si tenta quindi di staccare il *film* quadrettato e imbutito dal supporto partendo dal culmine dell'imbutitura. L'adesione é tanto migliore quanto più difficoltoso é il distacco.

Immersione in acqua bollente
Si esegue mediante immersione in acqua bollente del laminato metallico per 1 ora e per 4 ore.
Successivamente il laminato metallico viene sottoposto ai *test* precedenti. In alternativa il laminato viene deformato secondo quanto descritto nei suddetti *test*, successivamente immerso in acqua bollente per 1 ora e per 4 ore ed infine sottoposto alle prove di adesione.
In entrambi i casi i valori di adesione devono essere molto simili a quelli ottenuti senza immersione in acqua bollente e comunque non inferiori all'80%.

***Test* caldo secco**
Il laminato viene imbutito sino a formare una coppetta tranciata (il *film* rimane all'esterno). Successivamente viene messo in stufa per 1 ora a 100° centigradi. Non deve verificarsi alcuna delaminazione del *film* a partire dai bordi esterni del manufatto.

***Test* di nebbia salina**
Il laminato viene sottoposto a prove di nebbia salina analogamente a quanto avviene per i normali preverniciati.
Dopo il periodo prefissato (funzione dell'uso finale a cui il laminato é destinato) si verifica l'adesione del *film* al supporto a partire della croce preincisa. E' accettabile un distacco massimo di 2 mm.
I primi due *test* garantiscono l'adesione al tempo zero, mentre i *test* successivi garantiscono l'idoneità del legame durante la vita utile del manufatto.

STAZIONI PER IL COLLAUDO

I materiali preverniciati, essendo ampiamente utilizzati per manufatti esposti di continuo all'esterno nelle più diverse condizioni climatiche e ambientali (rivestimenti di palazzi, capannoni industriali, tetti, grondaie, ecc.) devono avere delle elevate e durevoli prestazioni relativamente all'integrità del *film*, alla variazione di colore, allo sfarinamento, al distacco dal supporto, alla corrosione.
Molti di questi materiali vengono forniti con garanzia di parecchi anni. Per essere in grado di fornire queste garanzie, non sono sufficienti le prove di resistenza accelerate che di norma vengono condotte in laboratorio perché queste, molto spesso, pur avendo significato quali prove di confronto fra differenti materiali e cicli di verniciatura, non sono però adeguatamente correlabili con il reale comportamento all'esterno del manufatto verniciato.
Caso classico é quello delle vernici poliuretaniche, le quali resistono solo poche centinaia di ore agli UV-B, mentre nella realtà hanno un buon comportamento all'esterno anche in regioni molto assolate.
Per tali ragioni i produttori di vernici e di preverniciato espongono lamiere preverniciate in stazioni di esposizione agli agenti naturali, ubicate in luoghi dalle caratteristiche ambientali particolarmente severe per il tipo di resistenza che si vuole valutare: all'irraggiamento solare, alla corrosione, all'attacco chimico o a tutte queste variabili insieme.
Queste stazioni sono generalmente dotate di sistemi per la rilevazione delle condizioni ambientali che forniscono i valori di: temperatura minima e massima, ore di sole, umidità relativa, livello di pioggia, pH della stessa. In molti casi sono anche attrezzate con strumenti per la valutazione dei pannelli esposti ed i tecnici addetti forniscono dei bollettini ufficiali riportanti l'esito della loro valutazione, con una cadenza in genere semestrale o annuale, per il numero di anni richiesto.
L'esposizione viene eseguita esponendo generalmente i pannelli a 45° Sud su appositi tralicci. Le più note stazioni di esposizione all'esterno

sono quelle situate in Florida dove esistono condizioni climatiche molto severe per l'irraggiamento solare e la corrosione marina.
Molto spesso i produttori di vernici e di preverniciato hanno delle aree dedicate all'esposizione, all'interno dei propri stabilimenti. Sovente infatti questi si trovano in aree ad alta concentrazione industriale, quindi significative per valutare la resistenza agli attacchi chimici.
Nel 1990 nell'ambito dell'ECCA, una speciale commissione ha varato il programma EURODES (*European Outdoor Exposure Sites*) per testare, per conto dei membri dell'Associazione, i metalli preverniciati destinati all'ambiente esterno. (ECCA T 21) Sono stati individuati 4 differenti siti con diverse condizioni climatiche/ambientali:
HOEK VON HOLLAND (Olanda): ambiente marino/industriale
HENDAYE (Francia Sud Ovest): ambiente marino aggressivo
LISBONA (Portogallo): ambiente ad alto irraggiamento U.V.
GELEEN (Olanda): ambiente continentale/industriale

Oltre ad individuare questi luoghi, la stessa commissione ha definito un diverso sistema di esposizione, non più basato solamente su un pannello piano, esposto a 45° sud, ma su un sistema di pannelli che presentano pieghe con raggio variabile, incisioni a T, sovrapposizioni e rivettature che sono rappresentative delle reali situazioni di assemblaggio e di impiego del preverniciato.
Il traliccio di esposizione é pure di nuova concezione e rende possibile sia l'esposizione classica a 45° Sud sia una a 5° Sud e infine a 90° Nord. Queste ultime per simulare rispettivamente l'impiego per tetti e per pareti, in zone soggette a forte azione di condensa che facilita la corrosione.
Nei siti sopra citati sono disponibili aree ed attrezzature che mettono in grado i produttori di vernici e di preverniciato di avere una più esatta idea delle prestazioni possibili per le diverse linee di prodotti e di poter fornire delle garanzie ancor più puntuali di quelle date fino ad oggi.

TRASPORTO, STOCCAGGIO, MOVIMENTAZIONE

© Marcegaglia

Il materiale preverniciato é un prodotto di alta tecnologia, fabbricato e controllato in conformità a norme di qualità correnti. Esso viene consegnato all'utilizzatore in imballaggi appropriati al suo stato di fornitura, nastro, lastra, rotolo o laminato, ed adattati a: tipo di trasporto, mezzi di movimentazione del cliente, destinazione geografica, utilizzo finale.
Le raccomandazioni che seguono hanno lo scopo di aiutare l'utilizzatore a trarre il massimo beneficio dalla qualità del prodotto proveniente dalla fabbrica e ad assicurare che il prodotto raggiunga il cliente finale in buone condizioni.
Queste raccomandazioni si basano sull'esperienza dei fornitori e del sempre maggior numero di utilizzatori.

TRASPORTO

Il materiale pre-rivestito, così come quello nudo, é sensibile all'influenza di umidità e condensa.
Di conseguenza il trasporto deve essere effettuato in condizioni tali da proteggere il materiale da vapore ed umidità da un lato e da urti ed abrasioni dall'altro.
All'arrivo è consigliabile verificare le condizioni del materiale imballato e annotare qualsiasi danno meccanico o causato all'infiltrazione di acqua. Tali danni vanno notificati immediatamente al trasportatore e all'assicuratore, dato che il produttore solitamente non é responsabile per danni verificatisi durante il trasporto.

STOCCAGGIO

Il materiale preverniciato deve essere protetto da umidità, pioggia e dal rischio di creazione di condensa.
In magazzino le condizioni di stoccaggio ideali prevedono un ambiente ventilato e temperato.
Si dovrà fare attenzione ad evitare che il prodotto sia esposto o venga a contatto con agenti corrosivi, quali prodotti chimici, solventi o vapori nocivi. Anche in cantiere si dovranno rispettare le condizioni sopracitate, nei limiti del possibile. Durante il periodo di stoccaggio comunque al materiale dovrà essere garantita la massima protezione da vapore ed umidità.
Quando il materiale viene stoccato all'esterno, si consiglia di seguire le seguenti procedure:

- stoccare le lamiere con un'inclinazione tale da permettere il drenaggio;
- lasciare uno spazio di almeno 15 cm tra la base dell'imballaggio ed il suolo, in modo da assicurare una buona ventilazione;
- sostenere con un supporto apposito i pannelli di maggior lunghezza in modo da evitare curvature;
- evitare che il materiale sia completamente avvolto da coperture in plastica per consentire, nei limiti del possibile, un ricircolo d'aria che prevenga la formazione di zone di condensa;
- in caso di stoccaggio di lungo periodo, il materiale dovrebbe essere

controllato periodicamente. Qualora si constati la presenza di umidità, l'imballo dovrà essere aperto, le lastre o i rotoli separati e completamente asciugati;
- in caso di rimozione del *film* protettivo, si dovrà prestare la dovuta attenzione ai limiti di tempo indicati dal fornitore, al tipo di pelabile ed alle raccomandazioni riguardanti metodo e durata dello stoccaggio.

MOVIMENTAZIONE

Il materiale preverniciato può essere maneggiato come ogni altra lastra metallica. Nonostante ciò bisogna ricordare che la superficie é quella di un prodotto finito: per questo motivo è necessario prestare la stessa attenzione riservata ad un prodotto finito pronto per la consegna all'utilizzatore finale. Le precauzioni da seguire variano in base all'utilizzo indicato: in edilizia o industria.

Nei cantieri edili

Quando il materiale viene manipolato con mezzi di sollevamento, si deve prestare particolare cura alla protezione dei lati e della parte inferiore.
É consigliabile l'uso di bandelle o fasce in *nylon* (o rivestite di neoprene); di contro è sconsigliabile l'uso di cavi di acciaio non protetti. In caso di carrelli sollevatori a forca, le staffe devono essere protette con un rivestimento. Durante il disimballaggio ogni lastra dovrà essere sollevata con cura, evitando che l'angolo della stessa vada a graffiare la lastra sottostante.
Durante l'assemblaggio, eventuali particelle metalliche derivanti dalle operazioni di tranciatura, taglio, foratura o stampaggio dovranno essere rimosse con cura per evitare la formazione di incrostazioni sulla superficie verniciata.
Va inoltre ricordato che i danni superficiali prodotti durante le differenti operazioni possono essere evitati in gran parte con l'uso di *film* protettivi. É importante però che tali *film* di protezione vengano rimossi entro il tempo limite indicato dal fornitore e che venga prestata la massima attenzione al tipo di pelabile, ai metodi raccomandati per lo stoccaggio nonché la durata dello stesso.

In officina

Le raccomandazioni sopra esposte sono applicabili anche in officina. Le lastre preverniciate devono essere manipolate con la stessa cura che si presta ai prodotti finiti.
Inoltre, si dovrebbero tener presenti i seguenti punti:
- le attrezzature devono essere pulite e le superfici a contatto con la lastra devono essere lisce e prive di irregolarità;
- le culle di contenimento del rotolo preverniciato devono essere adeguatamente robuste ed adatte a sostenere rotoli pesanti senza rischio di danneggiarne la superficie;
- i rotoli di materiale preverniciato devono essere protetti da eventuali

danni alla superficie e agli angoli e in nessun caso vanno fatti rotolare a terra;
- se i rotoli vengono stoccati a terra dopo il disimballaggio, è necessario posizionarli su feltro in modo da evitare danni dovuti alle asperità del suolo o ad altre cause, che possono rendere inutilizzabile la prima spira;
- la sovrapposizione dei rotoli è sconsigliabile;
- al momento del taglio della reggia per l'apertura dei rotoli e dell'imballaggio, si dovrà evitare ogni tipo di pressione che possa intaccare più spire. Se non è possibile evitare tali pressioni, si dovrà posizionare del cartone di fibra compresso – o materiale simile – a protezione della superficie verniciata.

NOTA: spesso eventuali segni prodottisi durante il trasporto o lo stoccaggio, così come qualsiasi eventuale cambiamento nella brillantezza, potranno essere rimossi riscaldando la superficie a 60-80°C mediante un apparecchio a raggi infrarossi, ad aria calda o esponendo il materiale ai raggi del sole.

Quando il disimballaggio è effettuato manualmente, bisogna fare in modo di non graffiare la superficie. In particolare bisogna evitare lo sfregamento del lato di una lastra sulla lastra sottostante. In caso di lastre lunghe o pesanti é consigliabile l'utilizzo di almeno due persone. Inoltre possono essere utilizzati particolari mezzi meccanici di sollevamento, quali ventose in gomma o apparecchi pneumatici o magnetici, appositamente designati al sollevamento di lastre.
Nel caso in cui le lastre vengano depositate sul suolo dell'officina, è necessario posizionarle con il lato posteriore al suolo e poi in senso alternato. La pressione potrà essere diminuita attraverso l'inserimento fra una lastra e l'altra di carta rinforzata; allo stesso tempo si eviteranno danni alla superficie a causa di bave o angoli tranciati.
É consigliabile l'uso di guanti puliti ed asciutti.

TECNICHE DI LAVORAZIONE

© Origoni Zanoletti S.p.A.

La proprietà plastica (malleabilità e duttilità) é fattore determinante che permette ai laminati metallici di poter assumere le più svariate forme in modo permanente e stabile nel tempo, così da conferire al manufatto da produrre quelle caratteristiche di rigidità, di resistenza e di leggerezza per il quale é stato progettato.
Lo studio di queste forme é strettamente legato alla funzione del manufatto che si vuole realizzare ma deve tener conto dei procedimenti di lavorazione più usuali: piegatura, profilatura, calandratura e stampaggio.
Razionalità delle forme e procedimenti di lavorazione non vanno mai discostati tra loro, se si vuole produrre dei manufatti a basso costo e di facile realizzazione. Oltre a questi due fattori di massima importanza ne intervengono altri anch'essi determinanti, quali produzione prevista, costo del manufatto e capitale da investire per la costruzione dell'attrezzatura occorrente (mezzi di formatura) alla sua produzione.
Dall'insieme di questi fattori nascono due documenti importanti: il disegno dell'elemento da produrre e il ciclo di lavorazione nel quale sono indicate le operazioni da eseguire, l'attrezzatura occorrente e il tipo di macchine da usare. Su ambedue i documenti sarà pure indicata la qualità del laminato metallico, che sarà scelta in rapporto alle esigenze di formatura del particolare da produrre.
I laminati di acciaio ed alluminio preverniciati possono essere tranciati, punzonati, trapanati, piegati, stampati, imbutiti e calandrati, nella maggior parte dei casi applicando la stessa tecnica operativa dei laminati nudi. Anzi, la vernice talvolta facilita dette operazioni.
Diversi fattori tuttavia intervengono sul comportamento della lamiera e sul prodotto finito, come la flessibilità durante la lavorazione, l'adesione della vernice e le caratteristiche di superficie che il prodotto dovrà avere.
La flessibilità é influenzata dalla qualità e dallo spessore del supporto, dalla natura e dallo spessore del rivestimento, dal trattamento preliminare, dalla velocità delle operazioni che imprimono le deformazioni, dalla loro entità e dalla pressione sugli stampi. É interessante osservare ora la diretta relazione fra i fattori citati ed i processi di fabbricazione più comuni, quali la piegatura, il taglio, lo stampaggio, le giunzioni, le saldature.

TRANCIATURA

Per mantenere il buono stato della superficie del prodotto è doveroso seguire i seguenti accorgimenti:

- Tutti gli equipaggiamenti di taglio, tranciatura, taglio con cesoia devono essere perfettamente puliti;

- Lo stato dei coltelli e delle lame usate per il taglio dovrà essere controllato in modo da ridurre al minimo la formazione di bave;

- Il gioco degli elementi di taglio dovrà essere regolato in base allo spessore

delle lastre: in caso di tranciatura si dovrà garantire un gioco tra le lame o tra il materiale e la cesoia equivalente al 5% dello spessore del supporto;

- Si consiglia di ricoprire le tavole di alimentazione ed i bracci di sostegno con del materiale morbido, quale plastica o gomma;

- In caso di taglio di lastre con un alto rivestimento, la superficie verniciata superiore dovrà essere posizionata contro la lama mobile;

- Le lastre tranciate non devono mai cadere l'una sull'altra, ma devono essere dirette verso uno scivolo leggermente inclinato ed in seguito sovrapposte con cura;

- È consigliabile l'utilizzo di guanti.

Ricorda, infine, che esistono equipaggiamenti appropriati per la movimentazione dei pezzi formati, basati su principi magnetici o pneumatici.
Tutte le operazioni di taglio della lamiera di acciaio ed alluminio preverniciato possono essere eseguite con l'impiego delle stesse macchine usate per la lavorazione dei laminati non rivestiti.
Per ricavare lamiere partendo dai nastri si utilizzano generalmente, ove il numero di lastre da tagliare lo renda conveniente, cesoie con alimentatore automatico oppure semplici cesoie a ghigliottina. Ove possibile, é opportuno che prima del taglio il nastro passi attraverso un sistema di spianatura per togliere la curvatura dovuta all'avvolgimento. Partendo da lastre, i sottoformati possono essere ottenuti con tutti i tipi di cesoia a ghigliottina oppure anche con taglierine manuali.
Per ricavare dischi o altre sagome direttamente da nastri o da bandelle si usano di solito presse eccentriche con o senza alimentatore automatico dotate di ferro trancia secondo il disegno desiderato.
É buona norma che durante il taglio, la lama penetri tra il 30% e 60% dello spessore del laminato, maggiormente per i materiali più teneri (alluminio), meno per quelli più duri (acciaio).
Gli utensili da taglio devono essere sempre ben affilati e lucidi ed i piani di lavoro ben puliti, privi di punte o di sbavature che potrebbero danneggiare la superficie verniciata. La perfezione del bordo tagliente e la velocità del taglio, concorrono alla buona riuscita della tranciatura.
Attrezzi usurati e un taglio troppo veloce possono causare sulla superficie preverniciata e lungo i bordi perdite di aderenza tra vernice e metallo.
Si raccomanda di tagliare i laminati preverniciati posizionandoli con la superficie rivestita rivolta verso la lama che si muove, per evitare sbavature e danneggiamenti della vernice. É necessario che durante l'impilamento delle lastre tranciate si eviti di far cadere i fogli l'uno sull'altro con gli spigoli.

PIEGATURA E STAMPAGGIO

La piegatura lineare é il sistema più semplice di formatura. Essa é generalmente eseguita con un'attrezzatura *standard* o con un'attrezzatura specifica di formatura.
La piegatura lineare con attrezzatura *standard* é comunemente chiamata piegatura "a V" o ad angolo. É un'operazione usualmente eseguita con delle piegatrici corredate di attrezzature di tipo *standard* che permettono di formare un qualsiasi angolo. Ogni attrezzatura *standard* é composta da un punzone e da una matrice.
Dai due schemi in fig. 1 risulta chiaramente che variando la penetrazione del punzone nella matrice si ottiene un numero infinito di angoli sino a raggiungere l'angolo del punzone stesso.

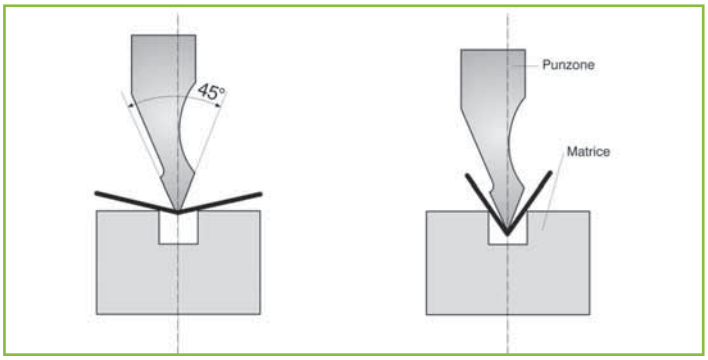


Figura 1

Una delle attrezzature *standard* più usate é quella di piegatura a 90° (fig. 2).
In questo caso tanto il punzone che la matrice hanno lo stesso angolo, mentre il raggio R del punzone non dovrà essere inferiore allo spessore della lamiera da piegare.
La larghezza della scanalatura a V della matrice dipende dallo spessore della lamiera e dal raggio di piegatura. La larghezza della scanalatura aumenterà con l'aumentare sia dello spessore che del raggio. Per questo ogni matrice può avere due o più scanalature di differenti larghezze (fig. 2).

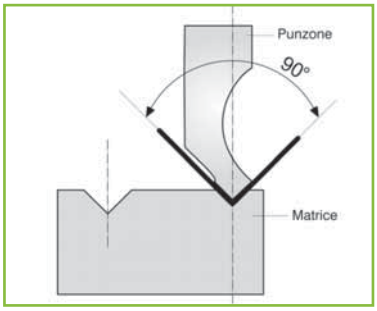


Figura 2

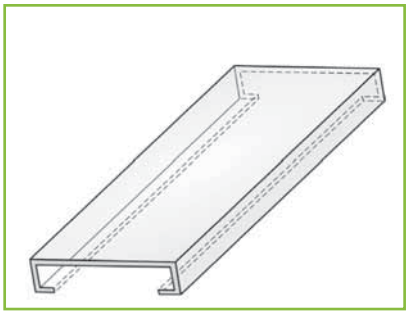


Figura 3

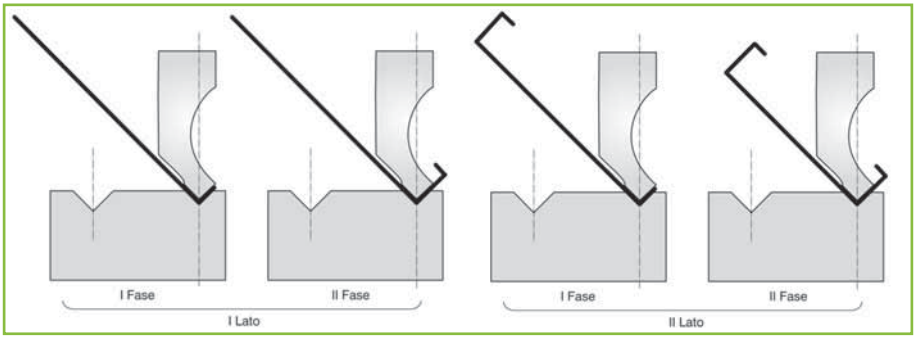


Figura 4

Dell'importanza che assume il raggio di curvatura interno nella piegatura della lamiera preverniciata si rimanda il lettore a quanto già espresso nel capitolo riguardante le prove generali di collaudo. Questo ovviamente deve essere sufficientemente ampio da non favorire criccature nel *film* di vernice stirato sulla parte esterna della piega.
Supponiamo di voler realizzare l'elemento illustrato nella fig. 3. Gli angoli da piegare a 90° sono quattro e pertanto il ciclo di lavorazione prevederà quattro operazioni di piegatura (una per ogni angolo) con una preordinata successione indicata nella fig. 4.
La forma illustrata ad esempio nella fig. 5 offre la possibilità di scelta nell'adoperare un'attrezzatura *standard* o un'attrezzatura specifica.
Con l'attrezzatura *standard* a V di 90° si eseguiranno successivamente quattro operazioni di piegatura, mentre con uno stampo (attrezzatura specifica) la piegatura dei quattro angoli potrà essere eseguita in un'unica operazione (fig. 6).
I laminati preverniciati possono anche essere impiegati per ottenere prodotti stampati. Un buon risultato viene determinato dalle operazioni di processo in termini di velocità e pressione che intervengono sugli stampi, dalla qualità di un supporto opportunamente trattato e dalla natura chimica del film di vernice che deve offrire la massima flessibilità.

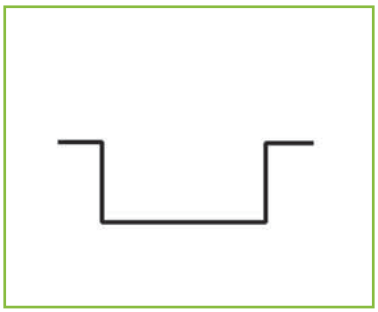


Figura 5

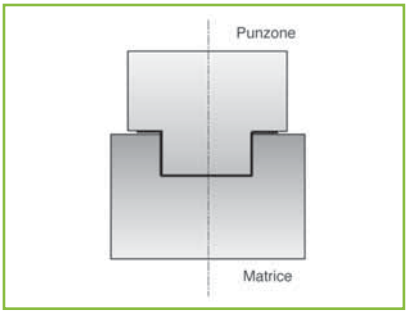


Figura 6

Nell'eseguire la progettazione dell'elemento da stampare bisognerà poi tener presente che utilizzando laminati preverniciati, affinché la superficie resti intatta, questi devono avere durante la lavorazione ampie possibilità di scorrimento e non devono essere trafilati.
La presenza di una pellicola protettiva asportabile al termine delle operazioni, é normalmente di buon aiuto favorendo lo scorrimento delle superfici ed eventualmente proteggendo le stesse dalla presenza di lubrificanti e abrasioni.
Il punzone, penetrando nella matrice, obbliga gradualmente la lamiera ad assumere la forma finale desiderata.
Quest'ultimo sistema di piegatura comporta la costruzione di uno stampo il cui costo verrà ad incidere su quello del particolare da produrre. Quale dei due sistemi di piegatura é il più conveniente? Occorre considerare due dei fattori condizionanti già accennati: produzione prevista (quantità di particolari da produrre) e ammortamento del capitale investito per la costruzione dello stampo di piegatura.
Se la produzione prevista é una piccola serie, il sistema di piegatura da preferire è quello con attrezzatura *standard*. Se la produzione prevista é una grande serie, il sistema di piegatura da preferire é quello con attrezzatura specifica perché il capitale investito per la costruzione dello stampo di piegatura sarà facilmente ammortizzabile in un periodo di tempo ragionevole con il risparmio di tre operazioni per ogni particolare piegato.
Il sistema di piegatura per la media serie dovrà essere scelto dopo un'accurata analisi dei costi per determinare se sussiste la convenienza economica di costruire l'attrezzatura specifica.
Il laminato preverniciato può essere piegato usando generalmente le stesse macchine impiegate per i laminati nudi ma occorre usare alcuni accorgimenti per evitare il danneggiamento o la rimozione del rivestimento soprattutto quando si lavora laminati negli spessori più elevati per la piegatura dei quali é richiesta una pressione maggiore dell'utensile.
Nella zona di piegatura il rivestimento subisce sollecitazioni maggiori del supporto: per evitare inconvenienti si raccomanda l'adozione di raggi interni di curvatura più elevati possibile.
Il raggio di curvatura dovrà essere compatibile con il supporto ed il rivestimento impiegato.
Più generalmente, l'attitudine alla piega di un rivestimento é misurata piegando un provino cosi rivestito a 180° su di un mandrino conico. La "piegabilità" é indicata dal numero T dove:

T = raggio minimo del mandrino/spessore del provino.

É essenziale specificare i requisiti di piegabilità al fornitore di preverniciato in modo da ricevere il prodotto adeguato alla lavorazione prevista.
Recenti tendenze di alcuni mercati (beni semidurevoli) richiedono rivestimenti duri e resistenti all'abrasione e contemporaneamente molto flessibili

per consentire la costruzione di manufatti con spigoli vivi di raggio inferiore a quello misurato sul rivestimento prescelto con il metodo del mandrino conico. Tale apparente contraddizione trova una soluzione piegando il rivestimento in condizioni nelle quali viene raggiunta la sua "temperatura di transizione vetrosa".
Il fenomeno é ben conosciuto e consiste in un cambiamento di stato dal polimero componente il rivestimento con l'aumento della temperatura. Oltre un certo valore, tipico di ogni tipo, il rivestimento da vetroso e rigido, diviene gommoso ed elastico. Il punto al quale avviene questo cambiamento si chiama "transizione vetrosa". É così possibile diminuire il raggio di curvatura, di un rivestimento scaldandolo oltre la sua temperatura di transizione vetrosa *tg*.
Dopo la piegatura "a caldo", ed ottenuta la prestazione elastica, il rivestimento ritornando a temperatura ambiente, ritornerà alla durezza e resistenza all'abrasione o graffio desiderata.
Questa tecnica é correntemente impiegata da società americane ed europee operanti nel settore degli elettrodomestici.

PROFILATURA E CALANDRATURA

É sempre più frequente l'uso dei profilati in qualsiasi tipo di costruzione meccanica. La sezione (sempre lineare) o forma di questi profilati é così varia da coprire una vastissima gamma di impiego.
Il procedimento di profilatura più usuale si avvale di una macchina chiamata profilatrice a rulli. I rulli sempre in coppia, sono disposti a batteria e hanno il loro asse di rotazione parallelo. Ogni coppia di rulli ha una sezione particolare che permette di ottenere gradualmente la forma permanente del profilato.
Senza entrare nel dettaglio di funzionamento della profilatrice, illustriamo schematicamente nelle figure 7 e 8 la forma che ogni coppia di rulli imprime al laminato al suo passaggio attraverso di essi per produrre un determinato profilato.

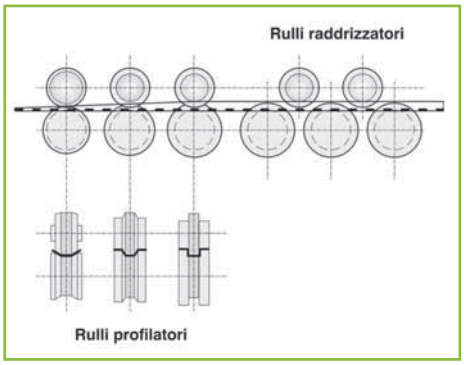


Figura 7

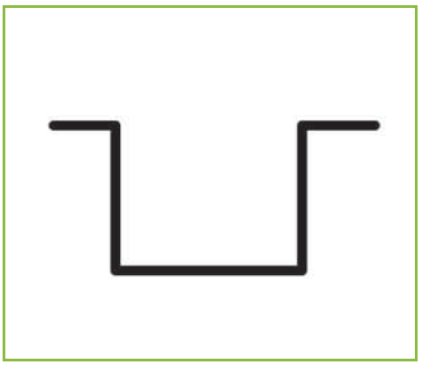
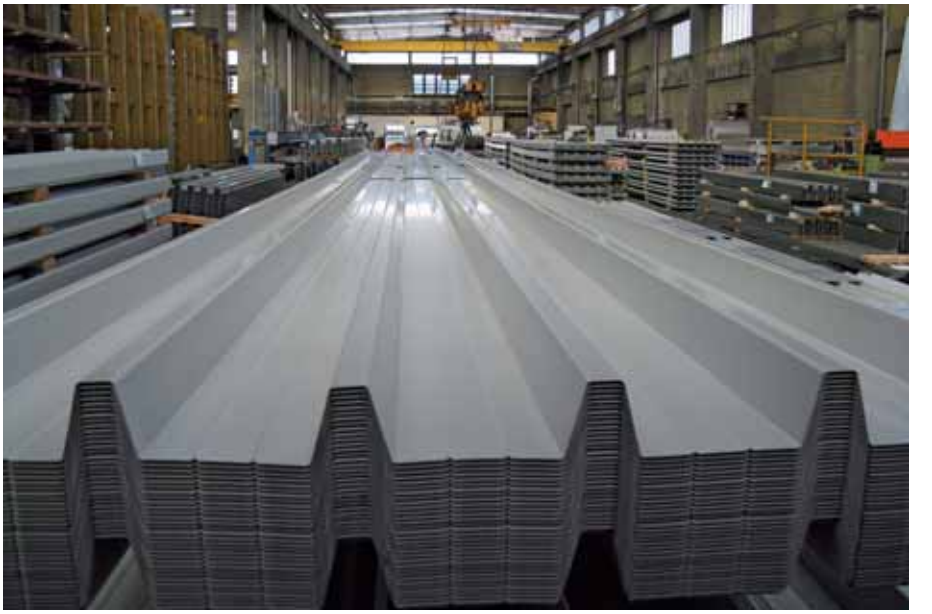


Figura 8

METODI DI ASSEMBLAGGIO



© Origoni Zanoletti S.p.A.

Questo capitolo è stato tratto dalla pubblicazione "*The Assembly of Coil Coated Metal*" edita dalla *European Coil Coating Association* che ringraziamo. La pubblicazione originale in lingua inglese è disponibile richiedendola a: ECCA Rue Montoyer 47, B 1000 Bruxelles - Tel: 0032.2.5136052 - Fax: 0032.2.5114361

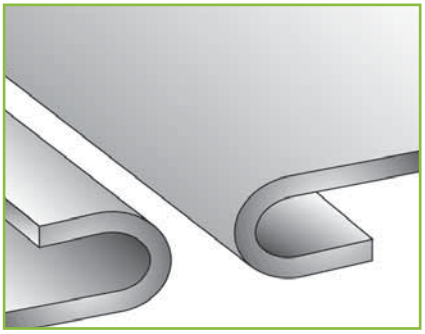
FISSAGGIO MECCANICO

Ai metodi tradizionali per l'assemblaggio meccanico (viti, bulloni, ecc.) di prodotti derivati dai laminati preverniciati, si affiancano oggi metodi di montaggio in grado di risolvere molti problemi, specialmente quando vengono usati in abbinamento al fissaggio con adesivi.
In particolare, le tecniche di fissaggio meccanico offrono una interessante alternativa alla saldatura. Essi infatti non devono far fronte alla scarsa conducibilità elettrica dello strato organico del rivestimento ed impediscono i forti surriscaldamenti locali dovuti alla saldatura che distruggono gli strati di vernice provocando problemi estetici e di corrosione.
La resistenza di una giunzione metallica dipende dalla tecnica utilizzata; essa può comunque raggiungere una resistenza paragonabile a quella di una saldatura a punto e talvolta addirittura superiore, se accoppiata al fissaggio con adesivi.
Un altro vantaggio interessante riguarda la possibilità di unire materiali diversi tra loro, ad esempio acciaio preverniciato con alluminio o plastica, ottenendo spesso egregi risultati estetici.

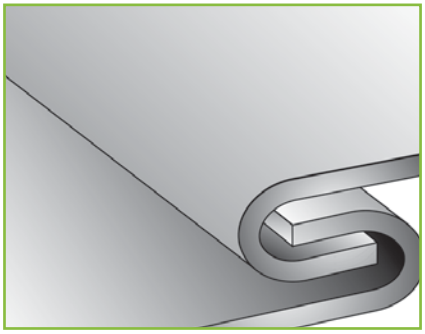
Nota
Tutte le figure mostrate in questo capitolo sono solo indicative e non possono essere estrapolate senza un'attenzione adeguata. Per esempio, la resistenza meccanica delle giunzioni varia con le caratteristiche del supporto, della vernice e con il design della giunzione.

AGGRAFFAGGIO

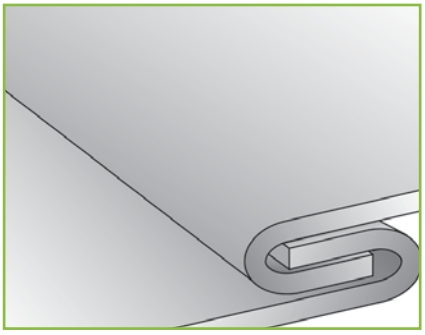
Ampiamente usato da molto tempo, questo sistema ha mostrato la sua efficienza in molte applicazioni comprese quelle inerenti ai derivati dei laminati preverniciati.
Sul mercato esistono molte macchine e utensili per il *lockforming*, dalle più semplici controllate manualmente sino a linee di lavorazione automatizzate. Sono disponibili numerosi tipi di giunzione, le quali possono essere scelte per il montaggio da effettuare in base alle caratteristiche meccaniche, estetiche ed al costo finale desiderato.
La resistenza meccanica del giunto é funzione delle caratteristiche del supporto e del *design* della giunzione stessa, mentre la sua rigidità é solo funzione del sovra-spessore locale e può essere ulteriormente incrementata con l'uso di collanti.
L'isolamento da aria e acqua (miglioramento delle caratteristiche anticorrosione) si può ottenere mediante l'uso di appositi sigillanti.



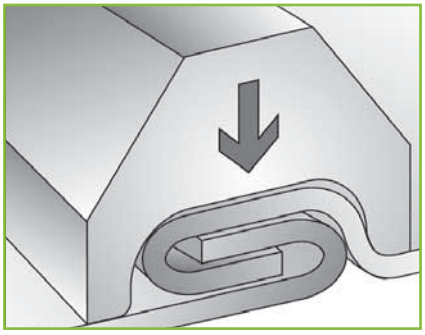
Preparazione lamiera per l'aggraffaggio



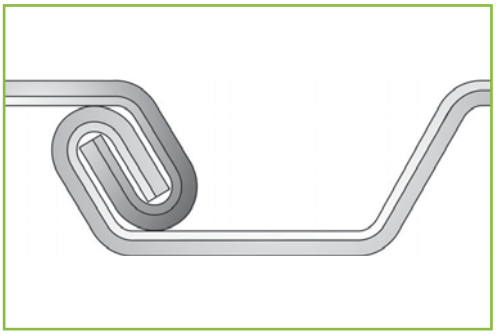
Preparazione lamiera per l'aggraffaggio



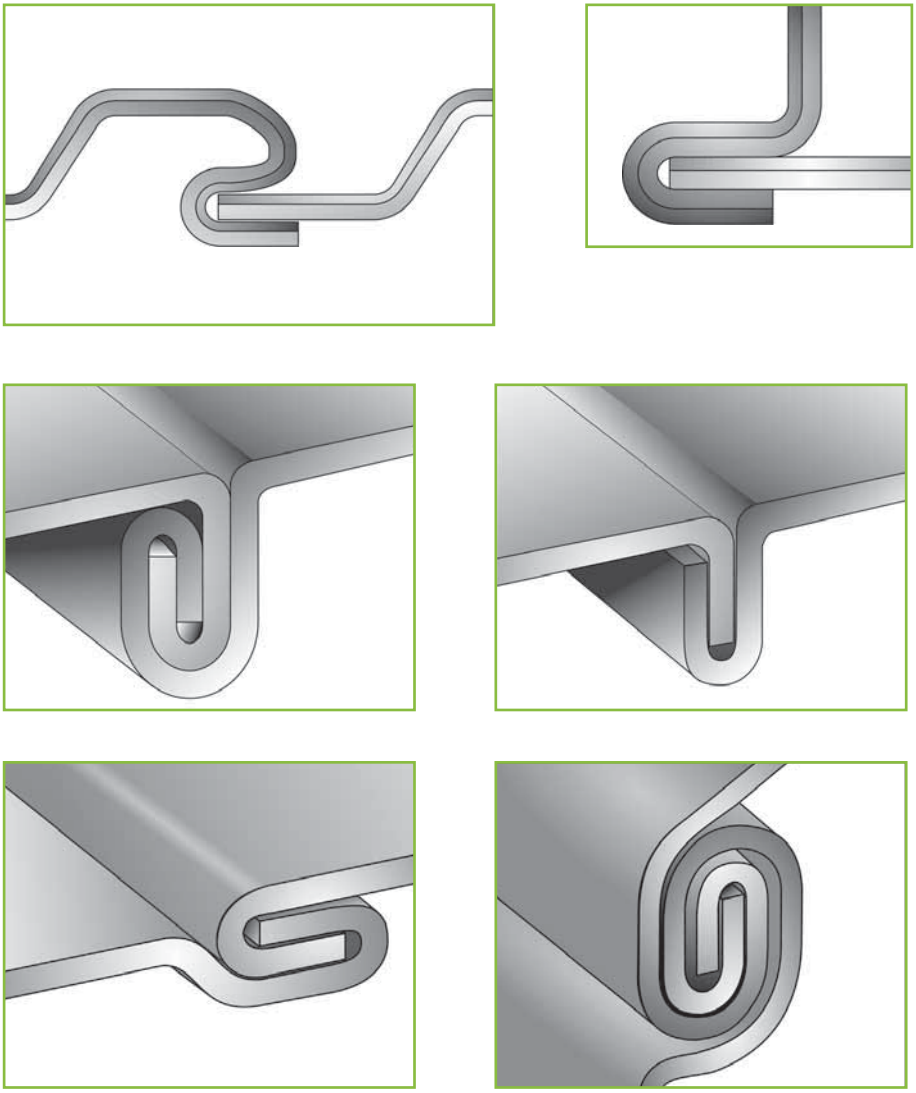
Posizionamento in piano



Chiusura con pressa



Esempi di aggraffature

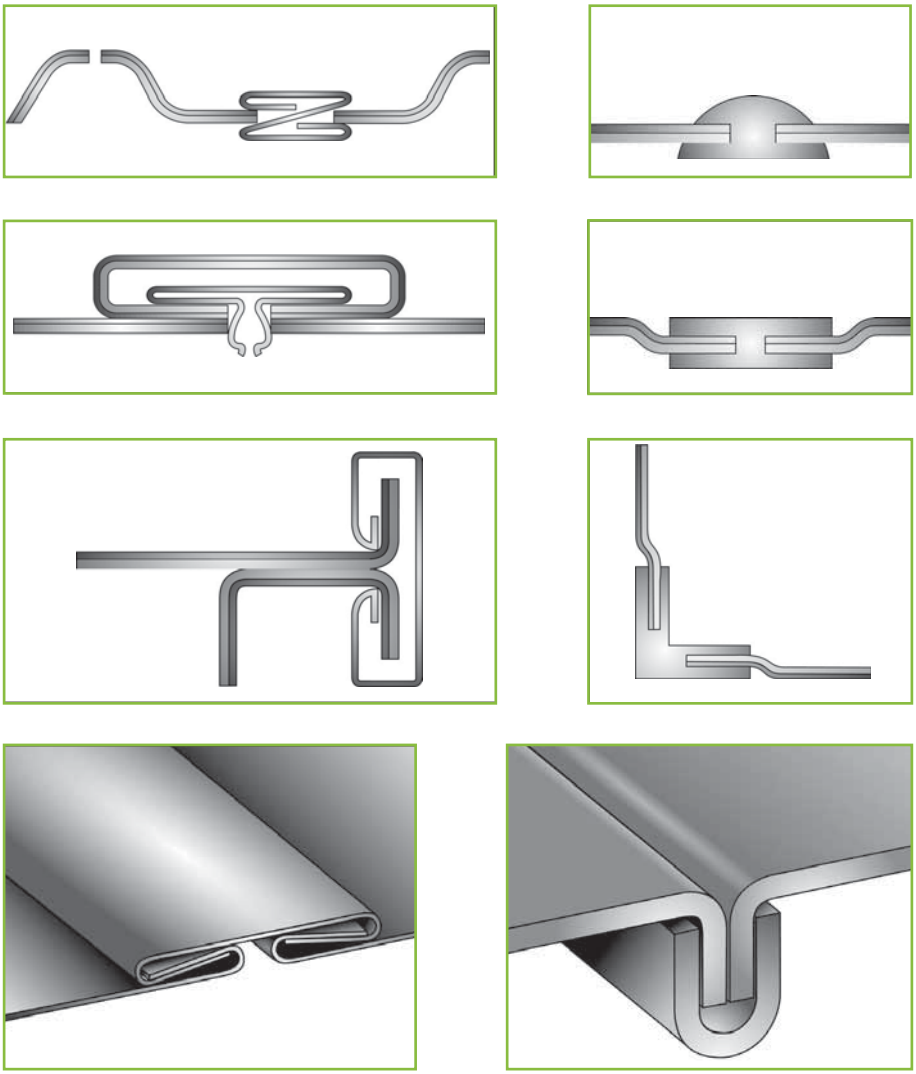


Esempi di aggraffature

ASSEMBLAGGIO CON SISTEMI ADDIZIONALI

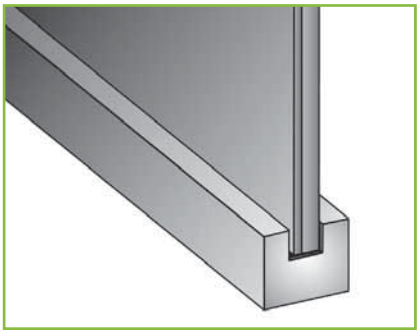
I laminati di acciaio o di alluminio preverniciato possono essere assemblati con profili addizionali di acciaio, plastica o alluminio estrusi oppure con fermi o molle.
L'obiettivo in questo caso é di raggiungere ottimi risultati estetici con minori *performance* dal punto di vista meccanico, migliorabili tuttavia con l'utilizzo di collanti.

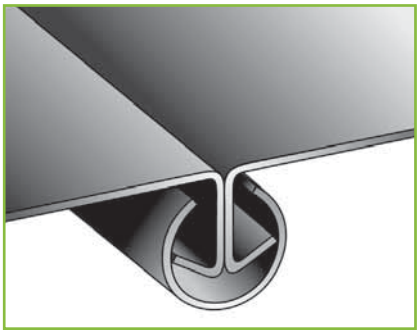
È noto che la parte più sensibile alla propagazione della ruggine in un acciaio preverniciato é rappresentata dai bordi; se le condizioni di utilizzo del materiale prevedono umidità o contatto con acqua é preferibile l'uso di un appropriato sigillante. Il rischio di corrosione dei bordi diminuisce ovviamente se questi ultimi non sono esposti direttamente all'esterno. Nel settore delle costruzioni si possono trovare molti esempi di questa tecnica di assemblaggio, come nel caso della connessione dei pannelli divisori per interni o di quelli isolanti rivestiti con schiume poliuretaniche.



Esempi di assemblaggio con sistemi addizionali

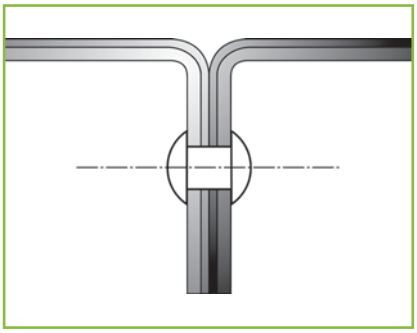
Esempi di assemblaggio con sistemi addizionali

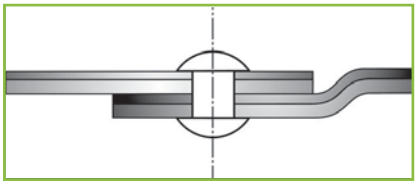


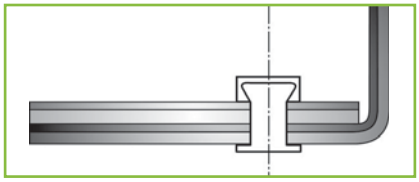


RIVETTI

Se correttamente impiegata, questa tecnica é appropriata per l'assemblaggio di materiali preverniciati. I rivetti non devono rovinare il rivestimento del supporto e si devono inoltre evitare problemi di corrosione galvanica dovuti al contatto di metalli diversi. I rivetti possono essere in acciaio inox, acciaio zincato o alluminio; quest'ultimo non permette ovviamente i livelli di resistenza dei primi due.
La rivettatura può essere "convenzionale", nel caso in cui le due parti da unire sono accessibili come lavorazione da entrambi i lati, ed a "punto" dove le operazioni di montaggio possono essere effettuate da un solo lato.

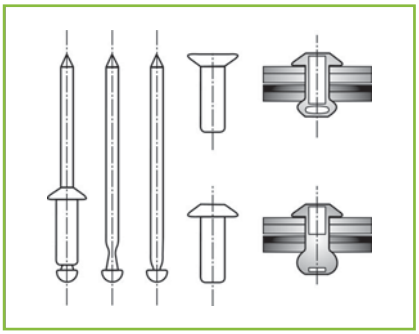




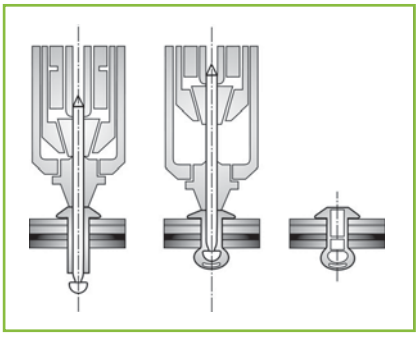


Rivettatura

Rivettatura con accesso da un solo lato

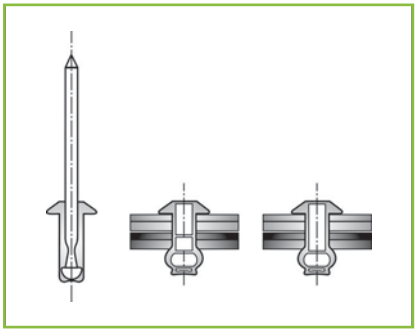


Rivetti

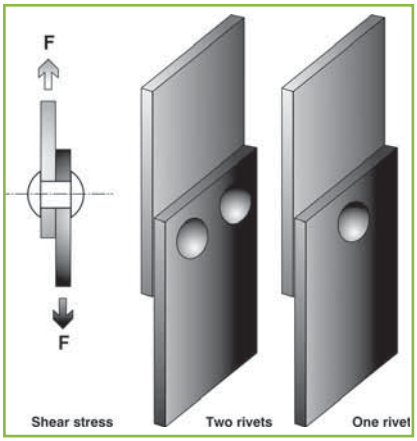


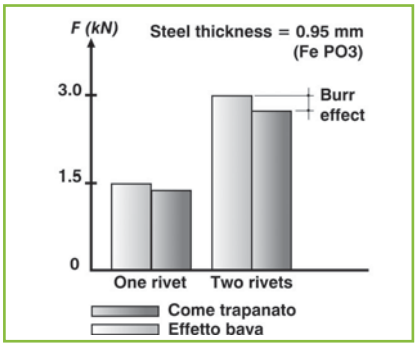
Rivettatrice

Successivamente alla foratura o punzonatura del supporto per la applicazione dei rivetti, é necessario rimuovere le sbavature dal foro stesso per migliorare l'accoppiamento e diminuire i problemi di corrosione.
Il diametro del foro deve essere adeguato alle dimensioni del rivetto da applicare con una tolleranza foro rivetto indicata dal costruttore di quest'ultimo.



Rivetti



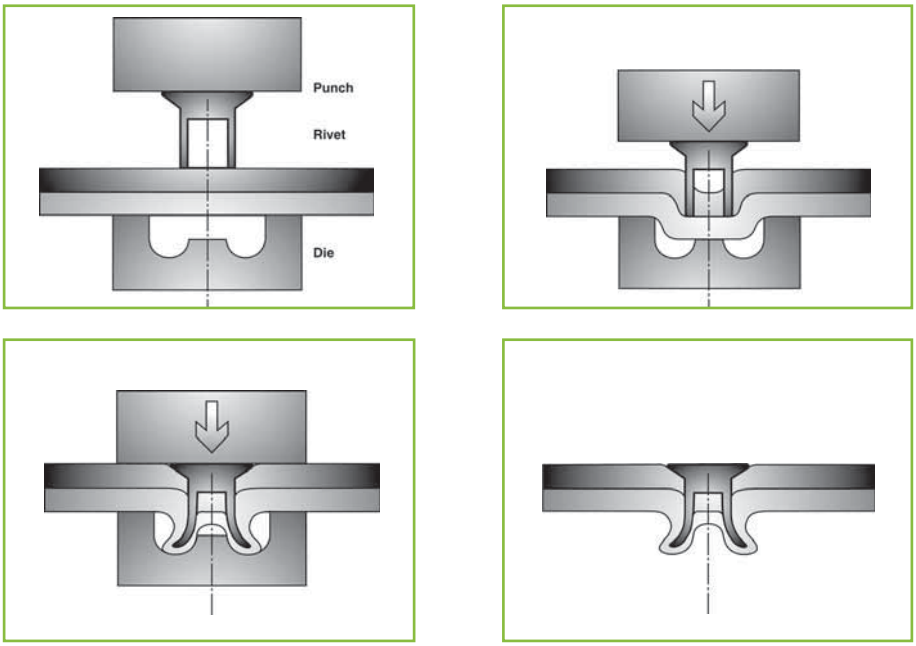


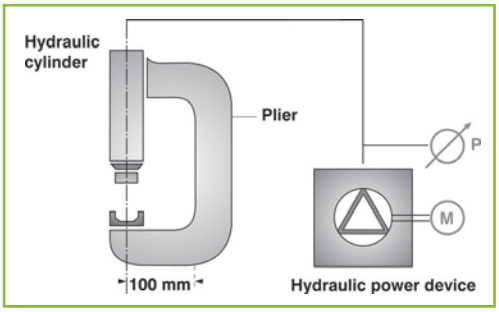
Resistenza meccanica della giunzione con uno o due rivetti

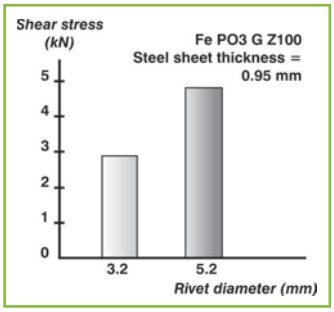
RIVETTI AUTOPENETRANTI

Questa interessante tecnica di assemblaggio non richiede una foratura o punzonatura preliminare del materiale. Tale procedimento é caratterizzato dal fatto che il rivetto attraverso la pressione di un semplice sistema idraulico penetra nel materiale creandosi un alloggiamento.
A causa della elevata pressione esercitata dalla pressa, non é tecnicamente possibile fissare questi rivetti a distanze superiori a 10 cm dai bordi dei supporti da unire.

Schematizzazione del sistema di applicazione dei rivetti autopenetranti





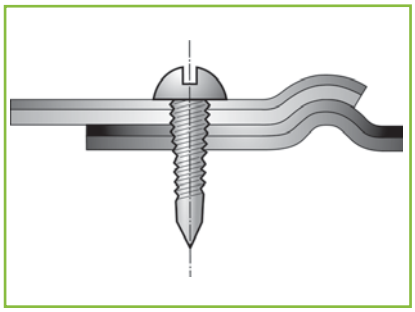


Resistenza in relazione a diametro del rivetto

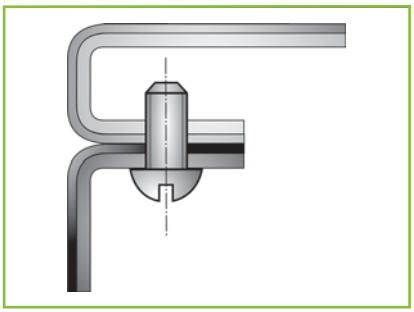
Dal punto di vista estetico si hanno risultati eccellenti: quando tutti i parametri di lavorazione sono adeguatamente regolati, la testa piana del rivetto assicura una perfetta continuità della superficie del supporto. Inoltre, sono disponibili rivetti dello stesso colore del supporto preverniciato. Questa lavorazione può essere effettuata manualmente o mediante linee automatizzate. Dal punto di vista delle caratteristiche meccaniche, i rivetti autopenetranti offrono *performances* paragonabili a quelle della saldatura a punto grazie al loro diametro e al fatto che il rivetto non perfora completamente la superficie dei materiali accoppiati.

VITI E BULLONI

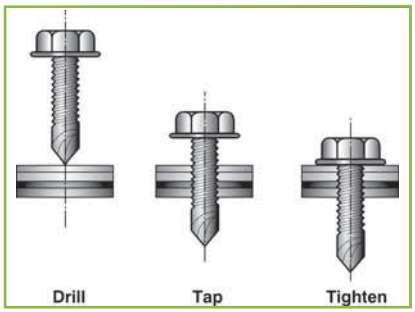
Questa tecnica di assemblaggio presenta la caratteristica di non richiedere particolari attrezzature e di consentire lo smontaggio delle parti accoppiate. In commercio esiste una vasta gamma di sistemi di questo tipo in grado di soddisfare tutte le esigenze. Talvolta, la vite può essere bloccata mediante un apposito fermo. La vite o il bullone possono essere di acciaio inox o zincato. Il rame é da evitare a causa di fenomeni di corrosione galvanica che quest'ultimo potrebbe instaurare con il supporto.
E' consigliato l'uso di rondelle di plastica dura per impedire danneggiamenti al rivestimento del supporto dovuti alla rotazione della vite stessa durante il fissaggio.



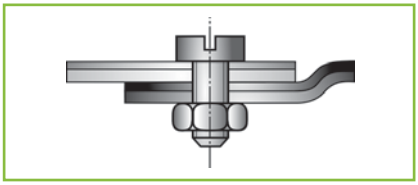
Viti

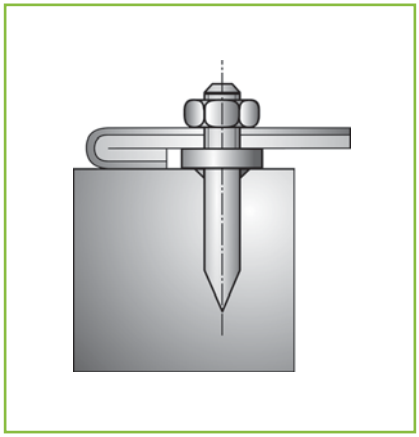


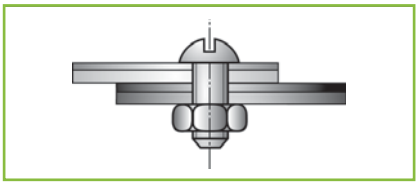
Viti



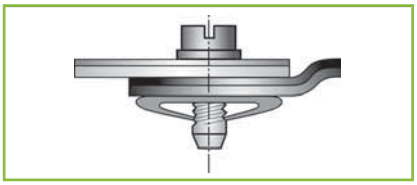
Viti autofilettanti

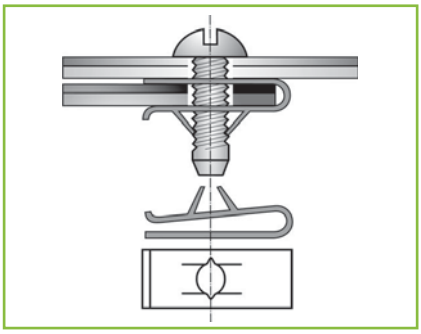


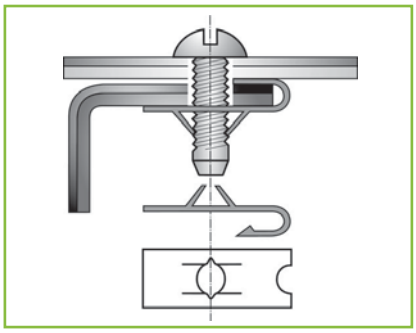




Serraggio con bulloni





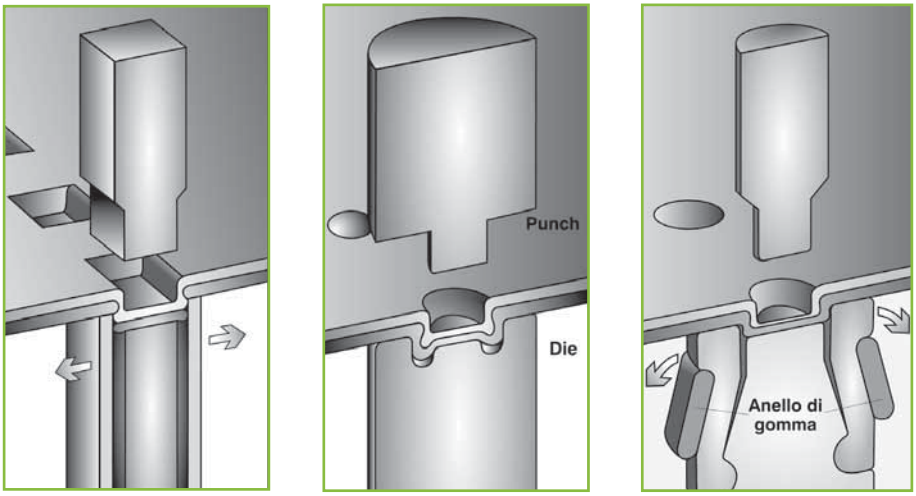


Viti in gabbia

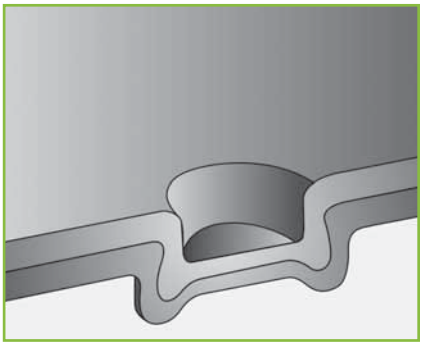
RIBADITURA

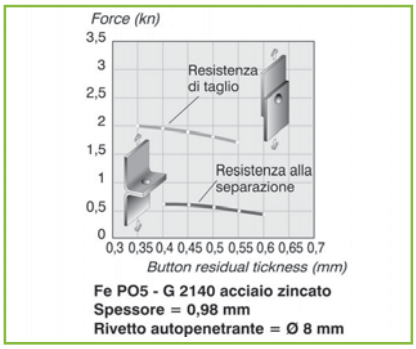
La ribaditura, esistente da numerosi anni, ha trovato recentemente vasti campi di utilizzo. E' una valida alternativa alla saldatura a punto negli acciai laminati a caldo, acciai zincati e nell'alluminio e presenta una certa economicità. Questa tecnica è attualmente presa in seria considerazione dall'industria automobilistica e da quella degli elettrodomestici.

Come per i rivetti autopenetranti, la forza richiesta per deformare le lamiere é ottenuta con semplici presse idrauliche equipaggiate con speciali punzoni.
Grazie agli attuali rivestimenti, la ribaditura non provoca rotture o interruzioni della vernice minimizzando perciò il rischio di corrosione del supporto. La resistenza meccanica di una ribaditura é funzione in generale della geometria di quest'ultima, delle caratteristiche del supporto e da quelle del rivestimento. Se abbinata all'incollaggio questa tecnica consente di raggiungere alti livelli di resistenza meccanica.
Sebbene esista una vasta gamma di forme geometriche di ribaditura, la più affidabile si é rivelata quella circolare perché limita al minimo il rischio di rottura del metallo. A livello di standardizzazione, la ribaditura é descritta nella norma DIN 8593 parte 5.



Esempi di attrezzatura per ribaditura

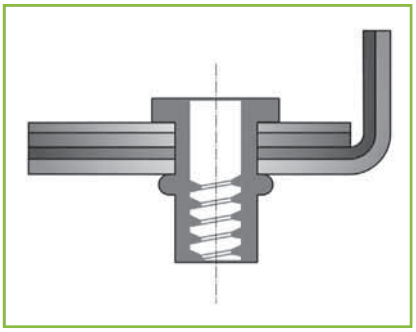


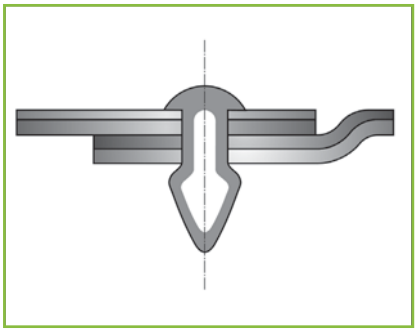


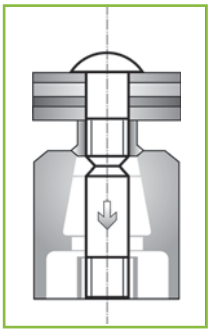
Esempio di ribaditura

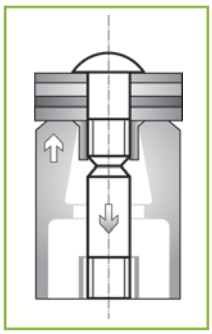
ALTRI SISTEMI

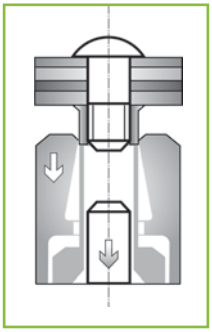
Oltre a quelli descritti, esiste una vasta gamma di metodi di assemblaggio di laminati preverniciati; sotto é mostrata una sintesi dei sistemi più utilizzati per costo e facilità di applicazione.

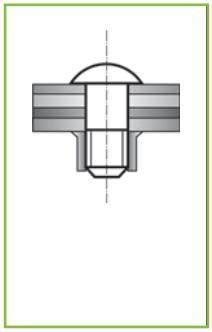


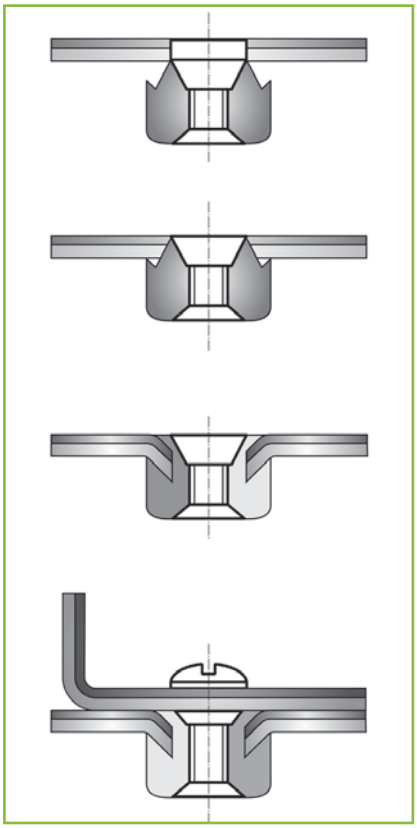


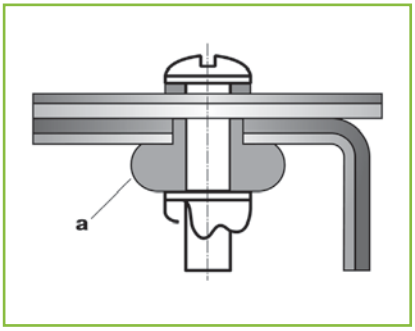


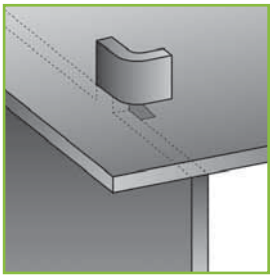


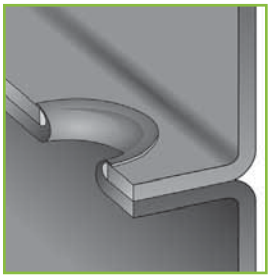


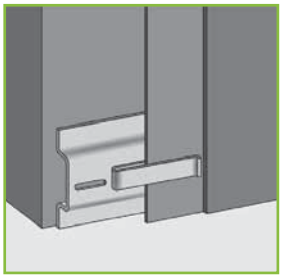


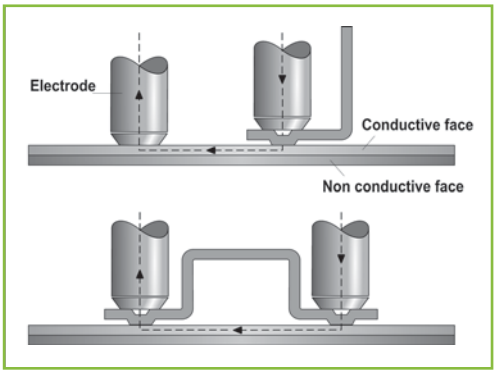




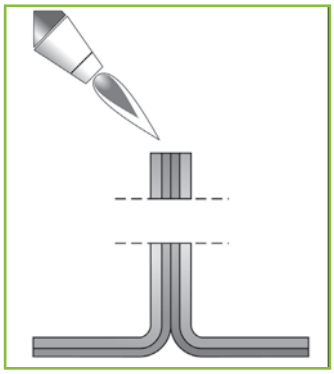




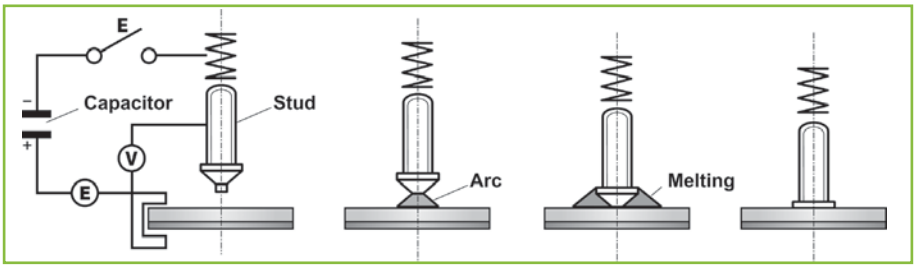




Saldatura a punti



Saldatura a fiamma



Schema di saldatura a capacità

ASSEMBLAGGIO CON ADESIVI

Malgrado siano disponibili in commercio adesivi organici ed inorganici, i polimeri sintetici sono attualmente quelli più usati per l'incollaggio di materiali metallici. Le principali famiglie di adesivi utilizzati a questo scopo sono sotto elencate:

- adesivi strutturali
- adesivi termoplastici
- adesivi sensibili alla pressione
- adesivi a base solvente
- adesivi a reticolazione UV/EB

Ogni famiglia di adesivi é descritta nei paragrafi che seguono in modo sintetico. Ulteriori e più complete informazioni, in modo particolare sulle tipologie da utilizzare nelle varie necessità tecniche dovranno essere concordate con il fornitore degli adesivi.

Adesivi strutturali

Caratteristiche principali

- Le giunzioni incollate con gli adesivi strutturali possono essere sottoposte a considerevoli sforzi di trazione e per lungo tempo senza rischio di rottura;
- numerosi adesivi di questa famiglia sono termoindurentl;
- sono mono o bi-componente;
- la temperatura di reticolazione può essere quella ambiente o richiedere riscaldamento;
- é disponibile una ampia gamma di colle con caratteristiche di flessibilità e resistenze a trazione diversificate.

Vantaggi

- Buona resistenza alle alte temperature;
- buona resistenza ai solventi;
- buona resistenza alla deformazione a trazione;
- disponibilità sotto forma di *film*.

Limitazioni

- I sistemi bicomponente richiedono attenzione nel dosare le due quantità da mescolare;
- alcune colle mostrano debole resistenza a trazione;
- difficili da rimuovere dopo essiccazione;
- alcune colle richiedono alte temperature di essiccazione;
- si possono avere sottoprodotti dopo indurimento (polimeri di condensazione);
- le parti incollate non possono essere maneggiate sino a essiccazione della colla.

Le colle maggiormente impiegate per l'incollaggio di laminati preverniciati sono le epossidiche, poliuretaniche, acriliche modificate, cianoacrilate e le anaerobiche. Le siliconiche, fenoliche e gli adesivi da alte temperature sono molto più costosi.

Epossidici

Questi adesivi si legano con il maggior numero di materiali rispetto ad altre colle. Un tipico sistema bicomponente consiste in una resina ed un induritore contenuti in flaconi separati. Nei sistemi monocomponente resina e induritore sono contenuti nello stesso flacone.
Le proprietà di questi adesivi possono essere variate con l'aggiunta di opportuni additivi. I plastificanti ad esempio possono migliorare la resistenza alla deformazione. L'aggiunta di riempitivi può variare invece il comportamento reologico della colla allo scopo di modificare il tipo di rottura (adesivo/coesivo) e di migliorare il rapporto qualità prezzo. La vasta gamma di induritori disponibili per le colle epossidiche consente di ottenere tempi di indurimento oscillanti tra pochi secondi a temperatura elevata sino a molti minuti od ore a temperatura ambiente. In ogni caso le colle resistenti al calore richiedono alte temperature di indurimento.
Gli adesivi epossidici non modificati presentano alta resistenza a trazione ma tendono a diventare fragili dando problemi di sfaldatura e scollaggio. Quest'ultimo può essere migliorato utilizzando dei flessibilizzanti di catena per la resina epossidica, ciò riduce però il modulo elastico della colla. La tabella che segue riassume le caratteristiche principali delle colle epossidiche.

Vantaggi

- Alta resistenza e durata nel tempo;
- buona resistenza ai solventi;
- buona capacità di riempimento delle cavità;
- vasta gamma di formulazioni;
- buona resistenza a temperature elevate;
- grande gamma di utilizzo;
- bassa contrazione volumica dopo essiccazione;
- non si formano sostanze volatili durante l'indurimento.

Limitazioni

- Bassa resistenza allo collaggio;
- bassa flessibilità;
- reazione di indurimento esotermica;
- i sistemi bicomponente raggiungono ottime proprietà solo con un perfetto dosaggio;
- i sistemi monocomponente richiedono conservazione a basse temperature e indurimento ad alte temperature;
- i tempi di indurimento oscillano da 30 minuti ad alcune ore per i sistemi relativi a temperatura ambiente;
- tempo di lavorazione breve.

Poliuretanici
Aderiscono saldamente alla maggior parte di superfici lisce o porose. Presentano la migliore resistenza alle basse temperature rispetto ad altre colle. Sotto sono mostrate le principali caratteristiche degli adesivi poliuretanici.

Vantaggi
- Tenacità;
- flessibilità anche a bassa temperatura;
- capacità di riempimento di cavità;
- mono o bi componente;
- temperatura e tempi di indurimento variabili;
- costo contenuto.

Limitazioni
- Sensibilità all'umidità;
- bassa resistenza a temperature elevate;
- tempo di lavorabilità breve;
- necessità di attrezzature per il dosaggio e il mescolamento delle resine bicomponente.

Acrilici modificati
Costituiscono la seconda generazione di adesivi acrilici. Sono costituiti da catene acriliche modificate e attivatori di superficie. L'adesivo viene applicato su una delle due superfici da incollare e l'attivatore all'altra; le due parti vengono quindi unite. L'essiccazione avviene in modo molto rapido, consentendo quindi la possibilità di maneggiamento del pezzo incollato entro un tempo assai breve. I tempi di indurimento della colla variano da qualche minuto a poche ore. Consentono l'incollaggio anche di superfici lisce ed oliate o non perfettamente pulite. Sotto é mostrata una tabella riassuntiva delle caratteristiche di queste colle.

Vantaggi
- Buona flessibilità;
- buona resistenza a trazione;
- non é necessario il dosaggio dei componenti;
- tollera superfici non perfettamente pulite;
- buona resistenza all'umidità;
- indurimento a temperatura ambiente;
- bassa contrazione volumica;
- costo modesto.

Limitazioni
- Bassa resistenza alle alte temperature;
- grado di reticolazione inferiore ai cianoacrilici ed anaerobici;
- tossico;

- infiammabile;
- odore;
- tempo di opera limitato (una volta unite le due parti);
- Necessarie attrezzature di applicazione.

Cianoacrilati
Aderiscono saldamente alla maggior parte di superfici lisce. Possono incontrare problemi nell'incollaggio di superfici che presentano gruppi acidi (basso pH). I cianoacrilati metilici si legano ai metalli molto più saldamente di quelli etilici; quest'ultimi danno migliori risultati nell'incollaggio di gomme e materiali plastici.

Vantaggi
- indurimento rapido a temperatura ambiente;
- monocomponente;
- alta resistenza a trazione;
- elevata durata nella lavorazione;
- eccellente adesione con i metalli.

Limitazioni
- costo elevato;
- scarsa durata su alcuni supporti;
- debole resistenza ai solventi;
- scarsa resistenza a temperature elevate;
- capacità a riempire solo piccole cavità.

Anaerobici
Sono adesivi monocomponente (in alcuni casi é necessario un secondo componente come attivatore di reazione) contenuti in flaconi a contatto con l'aria per mantenere la forma monomerica. Reticolano attraverso polimerizzazione radicalica libera attraverso eliminazione dell'ossigeno di reazione.
La velocità di indurimento media varia dagli adesivi rapidi (dai 5 minuti sino a 2 ore) a quelli lenti (da 6 a 24 ore) a temperatura ambiente e in assenza di attivatori la temperatura accelera l'essicazione. In generale, gli adesivi anaerobici hanno una temperatura limite di esercizio di 150°C.

Vantaggi
- Indurimento rapido a temperatura ambiente;
- buona resistenza ai solventi;
- non necessitano miscele stechiometriche;
- durata infinita nella confezione in presenza di ossigeno;
- atossici;
- alta resistenza a trazione;
- resistenza ai carichi statici e dinamici;
- costo modesto.

Limitazioni
- Non utilizzabili con superfici permeabili;
- non reticolano all'aria;
- buona capacità di riempire cavità.

Adesivi siliconici
Si usano per incollare metalli, vetro, carta, plastica e gomma. I siliconi monocomponente reticolano per esposizione all'umidità dell'ambiente. I *film* sottili (0,6 mm) reticolano in 90 minuti, mentre quelli più spessi (13 mm) impiegano anche 7 giorni per raggiungere un completo indurimento. I siliconi bicomponente reticolano per azione catalitica e non richiedono la presenza di umidità; presentano apprezzabile contrazione di volume durante l'essiccazione. Questi adesivi mostrano una buona resistenza alle alte temperature, all'impatto, alla umidità, alla ossidazione e agli agenti atmosferici.

Adesivi fenolici
Sono disponibili sia monocomponente che bicomponente e reticolano in entrambi i casi mediante reazione di policondensazione originando anche dei sottoprodotti. Le colle fenoliche presentano in genere buona resistenza all'acqua, agli agenti atmosferici, alle temperature elevate ad un costo modesto. Per contro, hanno bassa resistenza all'impatto, elevata contrazione volumica durante l'indurimento che porta a fragilità ed un tempo di conservazione limitato. Esistono tre tipi principali di colle fenoliche: nitriliche, viniliche ed epossidiche, tutte disponibili allo stato di liquido o di *film*.
Le nitrile-fenoliche presentano una temperatura operativa massima di 140°C, alta resistenza a trazione ed eccellente durata in presenza di oli, sali ed acqua ma debole resistenza alle basse temperature. Gli incollaggi migliori si ottengono con i metalli, la plastica, gomma, legno, vetro e ceramica.
Le vinile-fenoliche hanno in generale una temperatura operativa massima di 180°C e presentano resistenza a trazione paragonabile alle nitriliche. Questi adesivi sono migliori degli epossidici per l'incollaggio di strutture sandwich che richiedono elevate prestazioni meccaniche.
Le epossi-fenoliche sono indicate per l'utilizzo prolungato a temperature oscillanti tra i 150 e i 260°C. La minima temperatura operativa si aggira in genere sui - 60°C, sebbene alcune formulazioni particolari ne estendano l'utilizzo sino a - 260°C. Questi adesivi presentano in genere costo elevato, bassa resistenza all'impatto e soddisfacente resistenza agli agenti atmosferici, all'invecchiamento ed ai solventi.

Adesivi per alte temperature
Sono costituiti da molecole organiche contenenti gruppi aromatici benzenici ed eterociclici. Questi prepolimeri possiedono strutture ad anello aperto che si chiudono per riscaldamento; la reazione di policondensa-

zione di tali composti porta a strutture altamente reticolate. Sono disponibili sia allo stato liquido, sia allo stato di *film*, hanno un costo molto elevato e sono difficili da utilizzare in quanto richiedono lunghi tempi di essiccamento, durante i quali vengono rilasciati sottoprodotti volatili. Alcuni di questi adesivi mostrano alta resistenza a trazione ad una temperatura di 260°C in aria come le colle epossifenoliche. Questi collanti si applicano principalmente nell'industria aeronautica e spaziale per incollare metalli e materiali compositi che devono essere esposti a temperature di 260°C o superiori.

La tabella che segue riassume le caratteristiche principali dei collanti sinora esposti.

Specie chimica	tipo	indurimento	costo relativo
epossidiche	monocomponente bicomponente *film* e strisce	calore ambiente/calore calore (+pressione)	da basso ad alto
poliuretani	monocomponente bicomponente	calore/umidità ambiente/calore	moderato
acrilici modificati	bicomponente	ambiente/calore	moderato
cianoacrilati	monocomponente	umidità	moderato/alto
anaerobici	monocomponente	senza ossigeno	moderato
siliconi	monocomponente bicomponente	umidità ambiente/calore	da moderato a alto
fenoliche	monocomponente bicomponente film e strisce	calore calore calore (+pressione)	da basso a alto
per temperature elevate	monocomponente film e strisce	calore calore (+pressione)	alto

Adesivi termoplastici
Sono composti termoplastici, generalmente solidi a temperature inferiori agli 80°C; per raffreddamento induriscono molto rapidamente. Il processo di fusione/solidificazione é reversibile.

Vantaggi
- Indurimento rapido (pochi secondi);
- resistenti all'umidità;
- possibile la riparazione.

Limitazioni
- Inefficienti alle alte temperature;
- scarsa resistenza ai solventi;
- solo gli adesivi termoplastici "*high-performance*" (poliammidi e poliesteri) possono sopportare carichi limitati a temperatura elevata senza subire significative deformazioni;
- necessarie attrezzature per l'applicazione.

Adesivi sensibili alla pressione
Consentono un incollaggio immediato assai tenace di qualsiasi superficie pulita ed asciutta per applicazione di una pressione sulle parti da incollare. Generalmente questi adesivi presentano modeste proprietà meccaniche, sebbene recentemente siano comparsi sul mercato nuovi prodotti sotto forma di *film* che mostrano un certo miglioramento delle suddette proprietà. Questi ultimi sono utilizzati ad esempio per la costruzione di camion e rimorchi.

Vantaggi
- Non richiedono particolari pre-e post-trattamenti delle superfici da incollare;
- facile applicazione;
- incollaggio rapido.

Limitazioni
- Deformazione sotto applicazione di carichi costanti;
- scarse proprietà meccaniche.

Adesivi a base solvente
Questi collanti mono o bi-componente sono costituiti prevalentemente da composti termoplastici elastomerici sintetizzati in soluzione. L'indurimento del collante é ottenuto mediante evaporazione del solvente dopo l'applicazione sulle superfici da unire. Al fine di eliminare più rapidamente il solvente, taluni adesivi richiedono il riscaldamento delle superfici incollate.

Vantaggi
- Giunzioni elastiche, resistenza all'impatto;
- resistenza all'acqua, acidi e basi;
- ampio *range* di temperature di applicazione (-40/+120 °C);
- incollano un largo numero di supporti come acciaio, vetro, gomma e plastica.

Limitazioni
- Presenza di solventi (sicurezza, ecologia);
- tempo di attesa prolungato per consentire l'evaporazione del solvente (min. 10 minuti a 20°C);

- scarsa resistenza a deformazione per applicazione di un carico costante; alcuni agenti di reticolazione possono ridurre questo problema.

Nota
Esistono adesivi a mono e bicomponenti a base acquosa.

Adesivi a reticolazione ultravioletta (UV) / fascio di elettroni (EB)
Il processo di reticolazione ultravioletta riguarda tipicamente la esposizione di un liquido reattivo contenente un fotoiniziatore ad una radiazione avente lunghezza d'onda compresa tra 200 e 400 nm. Il liquido solidifica rapidamente, di solito in meno di 60 secondi. Nel caso di adesivi a reticolazione EB, il processo di reticolazione si attua bombardando la colla con un fascio di elettroni accelerati; in questo caso non é quindi necessario l'uso di un fotoiniziatore.
Esistono tre famiglie principali di adesivi UV/EB:
- filmogeni
- sensibili alla pressione
- strutturali (solo UV).

Vantaggi
- Reticolazione molto rapida (meno di 60 secondi) a temperatura ambiente;
- mescolamento iniziale non necessario;
- bassa quantità di residui di incollaggio;
- non é necessario morsettare le parti incollate grazie ai bassi tempi di indurimento di queste colle;
- alta produttività;
- incollano substrati sensibili al calore.

Limitazioni
- La giunzione deve essere accessibile alla esposizione alla radiazione UV/EB;
- sono necessarie attrezzature e fotoiniziatori costosi;
- la profondità di penetrazione della radiazione EB é limitata dalla densità del materiale da incollare.

TRATTAMENTO DELLA SUPERFICIE
In funzione ai differenti tipi di vernice e di adesivi usati, é necessario che, prima dell'utilizzo industriale, i prodotti vengano testati in modo appropriato tenendo presente le caratteristiche tecniche che devono soddisfare e le condizioni di esercizio. Il coinvolgimento del fornitore di adesivi può aiutare nella ricerca del prodotto ottimale. Tenendo presente che nelle vernici di finitura sono presenti alcune cere o additivi atti a migliorare la durezza superficiale, può essere opportuno pulire la superficie con specifici prodotti chimici o carteggiare leggermente prima dell'incollaggio.

METODI DI APPLICAZIONE

Esistono differenti tecniche per l'applicazione degli adesivi, a spruzzo, pennello, goccia, rullo. La scelta dipende dall'industrializzazione della produzione e dal tipo di adesivo utilizzato che può presentarsi sotto diverse forme, liquido (acqua) o denso. Sono da tener presente gli adesivi a due componenti e quelli sensibili al contatto con l'ossigeno o l'umidità. Per tutti questi differenti adesivi e tutte le geometrie del substrato da incollare sono disponibili le relative apparecchiature applicatrici. Il fornitore di adesivo potrà dare tutte le indicazioni per una applicazione corretta fornendo, eventualmente, anche le attrezzature necessarie.

MANUTENZIONE

© Origoni Zanoletti S.p.A.

PULIZIA

I rivestimenti in metallo preverniciato per costruzioni sono estremamente resistenti ma una buona cura e una manutenzione regolare di queste superfici può allungarne la vita ed esaltarne le qualità estetiche.
Ciò implica una pulizia periodica del materiale preverniciato.
La pulizia del rivestimento sembrerà far cambiare colore al film verniciato, che ha subito l'inquinamento e lo sfarinamento della vernice dovuto all'azione della luce solare, ma preserverà senza dubbio il valore estetico del rivestimento.
L'operazione di pulizia può essere eseguita spruzzando le superfici con normale acqua o, nel caso di sporco ostinato, spazzolando con setola morbida impiegando una soluzione di acqua e detergente neutro o debolmente alcalino.
Successivamente le superfici devono essere accuratamente risciacquate. La pulizia mediante solventi o abrasivi è da evitarsi.
Talvolta si verifica la formazione di ossido superficiale rosso, causato da particelle di ferro depositatesi durante la posa in opera del preverniciato, in seguito ad operazioni di saldatura, rifilatura dei bordi, taglio ecc.
In tal caso la pulizia deve prevedere la rimozione dell'ossido con specifici prodotti, applicati a pennello o a spruzzo.
La frequenza della pulizia dipende essenzialmente dallo *standard* di aspetto richiesto. Alcune norme di riferimento (es. BS 4842 app. B), consigliano la frequenza d'intervento in funzione del tipo di ambiente in cui il preverniciato é posto in opera.

RITOCCHI E RIFACIMENTI

Un'importante prerogativa dei rivestimenti preverniciati é la possibilità di riverniciare i medesimi parzialmente o totalmente, nei casi in cui si voglia cambiare colore.
Può capitare che incidentalmente le superfici preverniciate vengano urtate da attrezzi, causando distacchi della vernice e ammaccature; in tal caso é consigliabile operare nel modo seguente:

- **Piccoli ritocchi**
  Dopo aver pulito la zona interessata con un panno imbevuto di solvente è sufficiente ritoccare con un pennello la zona dove si intravede il supporto. In caso di presenza di ossido bianco, questo deve essere rimosso e, prima dell'applicazione dello smalto, é opportuno applicare un passivante anticorrosivo a pennello o a spruzzo.

- **Ritocchi estesi**
  In questo caso, dopo aver effettuato la pulizia, é necessario applicare una prima mano di fondo epossidico bicomponente; dopo l'essicazione ad aria si carteggia leggermente il supporto e quindi si applica, a spruzzo o a pennello, uno strato di smalto bicomponente.

- **Rifacimenti**
  La procedura da seguire in questi casi é un poco più elaborata e si adatta bene anche al caso di vecchie verniciature che possono presentare frequenti punti di distacco della vernice e presenza di ossidazione più o meno estesa. Le operazioni da eseguire in tal caso sono le seguenti:
  a) le superfici interessate al danno devono essere spazzolate meccanicamente per asportare completamente la vernice distaccata e gli eventuali ossidi formatisi;
  b) la spazzolatura meccanica deve essere seguita da pulizia con stracci imbevuti di solvente rapido (un diluente nitro é adatto allo scopo), al fine di togliere la polvere residua dalla superficie da verniciare;
  c) si lascia evaporare il diluente e si applica un *primer* epossidico bicomponente, catalizzato e diluito secondo quanto prescritto dalla relativa scheda tecnica;
  d) trascorso il tempo indicato sulla scheda tecnica del *primer* (in genere 24 ore), si applica lo smalto, anch'esso catalizzato e diluito secondo quanto prescritto dal produttore, in una o due mani, generalmente a spruzzo se si vuole ottenere il migliore effetto estetico, ma anche a rullo o a pennello dove é consentito o dove può risultare più opportuno.

Per i rifacimenti ed i ritocchi estesi é consigliabile l'utilizzo di smalti di natura poliuretanica catalizzati, perché garantiscono un'ottima resistenza all'esterno. Per piccoli ritocchi é consigliabile usare smalti sintetici ad aria o nitro, purché sia accertata la buona adesione alla vernice sottostante. Poiché le reazioni di indurimento a basse temperature procedono molto lentamente o non avvengono, é necessario eseguire gli interventi di cui ai punti 2) e 3) nelle stagioni calde e comunque a temperature non inferiori a 10 °C.

ECONOMIA
ECOLOGIA

© Tony95 - Fotolia

Il *coil coating* rappresenta il modo più efficiente, affidabile, e più a basso impatto ambientale per applicare un verniciatura di alta qualità a una superficie metallica.
L'industria del *coil coating* comprende una vasta gamma di aziende, dalle multinazionali alle PMI. Possiede oltre 60 anni di storia in Europa, con una produttività annua attuale di 1.500 milioni di m^2 di metallo verniciato. È stata colpita duramente dalla crisi finanziaria del 2009, con una riduzione della produzione europea del 20% a circa 1.200 milioni di m^2. Nel corso del 2010 la situazione è però migliorata.
Nel 2009 il fatturato dell'industria del *coil coating* è stato stimato in 4 miliardi di euro. In base alle informazioni fornite da ECCA nel 2010, questa industria continua a investire nel futuro con un tasso di reinvestimento dell'1,9% del fatturato totale.

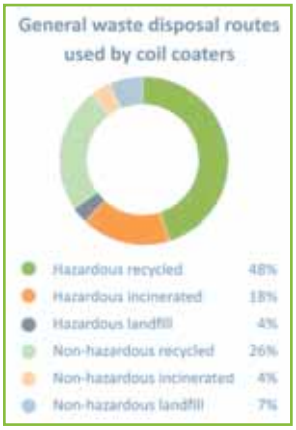
ECOLOGIA

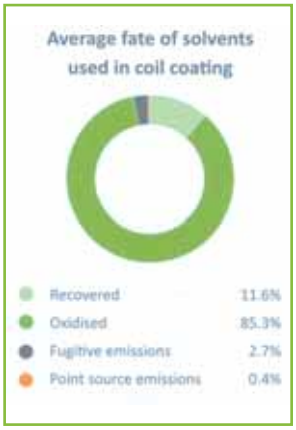
Nel secolo appena iniziato è ampiamente condiviso il fatto che le industrie debbano focalizzarsi su come migliorare i propri processi verso un futuro davvero sostenibile.
In tutta la sua lunga storia, il *coil coating* è stato riconosciuto come il processo più efficiente ed economico, ma anche come il meno pericoloso a livello ambientale per applicare le vernici al metallo piano. Questo suo essere "sostenibile" ed "ecocompatibile" è stato uno dei fattori chiave dietro alla crescita fenomenale dell'industria del *coil coating*.
Il primo passo sulla strada della collaborazione verso un'industria del *coil coating* più sostenibile fu la pubblicazione nel 2008 del primo Rapporto di Sostenibilità da parte della *European Coil Coating Association.*
Alcuni punti importanti delle più recenti statistiche di sostenibilità dell'associazione sono:
- Riduzione del tasso di incidenti seri di oltre il 40%
- Riduzione media del consumo di elettricità e di gas del 5%
- Riduzione media dei punti di emissione di COV del 20%
- Riduzione media del consumo di acqua del 22%

Nel 2010 l'impronta ecologica totale del processo *coil coating* è stata misurata a 0,53 kg $(CO_2)/m^2$ di prodotto finito[1].

[1] *Dall'introduzione del Rapporto di Sostenibilità 2010 a cura di Joachim Höfler, Presidente, e Yvonne Barcelona, Direttore Generale di ECCA per conto del Consiglio Direttivo.*

	Indicator	Units	2010	Change from 2009
Financial	Re-investment rate	%	1.9%	+0.6%
Management	Production under ISO 14001	%	94%	+1%
	Production under an SMS	%	90%	-2%
	Production under OHSAS 18001 accredited)	%	34%	+8%
Safety	Safety training rate	Hours per FTE	9.5	n/a
	LTIFR	LTIs per million worked hrs	5.1	-43%
	Days lost to injury rate	Days per million m^2	1.1	-30%
Energy	Average electricity usage	kWh/m^2	0.39	-5%
	Average fossil usage	kWh/m^2	1.59	-4%
Solvents	Average solvent usage	g/m^2	44.6	+9%
	Average solvent recovery rate	%	11.6%	-0.3%
	Average fugitive emissions	%	2.7%	+6%
	Average abatement fficiency	%	99.56%	+0.2%
	Average point source emissions (abated plants)	g/m^2	0.36	-20%
	Average point source emissions (unabated plants)	g/m^2	31.5	n/a
Water	Average water usage	$Litres/m^2$	5.79	-22%
Waste	Average total general waste	g/m^2	24.2	n/a
	Waste to landfill	g/m^2	10%	n/a
	Waste recycled	%	69%	n/a
	Average overall scrap per m^2	%	132.1	n/a
CO_2	Average CO_2 from electricity	g/m^2	0.12	-13%
	Average CO_2 from fossil fuels	g/m^2	0.30	-6%
	Average CO_2 from energy	g/m^2	0.42	-8%
	Estimated average CO_2 from solvents	g/m^2	0.11	n/a
	Estimated average CO_2	g/m^2	0.53	-7%





ECONOMIA

Perché il processo *coil coating* è il più efficiente dal punto di vista economico per verniciare il metallo piano?
I prodotti vernicianti per il settore *coil*, vengono forniti, di norma, già alla viscosità di utilizzo e quindi non necessitano di ulteriori diluizioni, come accade per le vernici applicate con i sistemi tradizionali a spruzzo di vario tipo. É inoltre noto che con i sistemi convenzionali citati non tutto il prodotto si deposita sul manufatto da verniciare ma, in parte, viene perso sottoforma di *overspray*: queste perdite arrivano in alcuni casi arrivano fino al 20 o al 30% della vernice spruzzata. Esse rappresentano una perdita superiore al puro costo del prodotto, perché a questo va aggiunto il costo di abbattimento, quello di depurazione e quello di distruzione dei fanghi.
I solventi che evaporano nei forni durante la reticolazione delle vernici nei processi di verniciatura convenzionali, rappresentano un'ulteriore perdita perché normalmente non vengono recuperati ma solo abbattuti nei camini, generando nuovi costi.
Nonostante la vasta maggioranza delle vernici per *coil coating* sia tuttora a solvente e il consumo di solvente dell'industria europea del *coil coating* sia l'1% del consumo europeo annuo totale (dati ECCA 2009), dal punto di vista delle emissioni di COV il *coil coating* è piuttosto virtuoso.
Su una linea *coil* non si hanno perdite di prodotto che inficiano la resa: le così dette "emissioni fuggitive"[2] sono limitate al di sotto del 10% dell'*input* totale di solvente nell'impianto, e mediamente si attestano intorno al 2,7%.
L'evaporazione dei solventi avviene pressoché solo nei forni ed i solventi evaporati vengono convogliati ai post-bruciatori, dove sono impiegati come combustibile, permettendo così un recupero energetico e quindi di costi. L'efficienza media di abbattimento è del 99,6% mentre il tasso di solvente recuperato e dell'11,6% (dati ECCA 2010).

---

[2] *Direttiva Emissione Solventi 1999/13/EC*

Per chiarire meglio la comparazione fatta, può servire la tabella seguente, dove sono confrontati un prodotto bianco per elettrodomestici a spruzzo ed uno per applicazione a rullo su *coil*.

Caratteristiche	Unità di misura	Bianco tradizionale	Bianco coil
Peso specifico	gr/l	1.400	1.350
R.S. in peso	%	67	64
Resa a 1Qm secco	m^2 x kg	355	365
Spessore applicato	Qm	25-28	20
Resa allo spessore applicato	m^2 x kg	14,2-12,7	18,2
Perdite per *overspray*	%	20-30	0
Resa Finale allo spessore applicato	m^2 x kg	11,4-8,9	18,2
Diluzione	%	7-15	0
R.S. in peso all'applicazione	%	62,6-58,3	64
Solventi reimpiegati nei post-bruciatori	%	0	36
Solventi persi e da abbattere		37,4-42,2	0

COMPARAZIONE DI PROCESSI DI FINITURA

Processo *Coil Coating*
Caratteristiche della linea
Velocità: 80 m/min
Larghezza nastro: 1.200 mm
Produzione massima oraria: 11.520 m^2 superficie

Stadi del processo	Volume vasche (m^3)	Scarichi continui (l/ora)
Pre-sgrassaggio	10/7	200/150
Sgrassaggio	10/7	200/150
3 Lavaggi in cascata	2+2+2	1.500
Pretrattamento	7	100
3 Lavaggi in cascata	2+2+2	1.500
Passivazione	5	100
Totale volumi	**38**	**3.500**

Processo auto
Caratteristiche della linea
Velocità: 4/6 m/min.
Sviluppo superficiale vettura media cilindrata: 70 m^2
Scocche/ora: 50
Produzione massima oraria: 3.500 m^2 superficie

Stadi del processo	Volume vasche (m^3)	Scarichi continui (l/ora)
Car-wash (optional)	3-10	-
Lavaggio	-	3.000-6.000
Presgrassaggio	20-30	-
Sgrassaggio	100-130	-
Lavaggio *(optional)*	60	2.000-5.000
Attivazione	60	-
Fosfatazione	100-130	-
Lavaggio	60	2.000-5.000
Passivazione	60	-
Lavaggio con acqua demineralizzata	60	in cascata su stadio 8
Lavaggio con acqua demineralizzata pura	-	in cascata su stadio 10
Totale volumi	**473-593**	**7.000-16.000**

Processo industria elettrodomestico
Caratteristiche della linea
Velocità linea: 5 m/min
Sviluppo superficiale del singolo pezzo: 4 m^2
Massima produzione oraria: 2000 m^2

Stadi del processo	Volume vasche (m^3)	Scarichi continui (l/ora)
Presgrassaggio	7	-
Sgrassaggio	14	-
Lavaggio	7	5.000
Lavaggio	7	5.000
Attivazione	7	-
Fosfatazione	48	-
Lavaggio	7	5.000
Lavaggio	7	5.000
Lavaggio con acqua demineralizzata	7	4.000
Volumi totali	**111**	**24.000**

Processo per azienda terzista di medie dimensioni
Caratteristiche della linea
Velocità: 5 m/min.
Sviluppo superficie: 7 m^2
Produzione massima oraria: 420 m^2 di superficie

Stadi del processo	Volume vasche (m^3)	Scarichi continui (l/ora)
Sgrassaggio	15	-
Lavaggio	5	1.500
Attivazione	5	-
Fosfatazione	15	-
Lavaggio	5	1.500
Passivazione	5	-
Lavaggio con acqua demineralizzata	5	1.000
Volumi totali	**55**	**4.000**

TENDENZE

Energia
Dal momento che la fase del processo di *coil coating* in cui il consumo di energia è più alto è la polimerizzazione, la ricerca si sta concentrando sullo sviluppo tecniche alternative di polimerizzazione, quali i forni NIR (*Near Infra Red*) - già installati con successo presso alcuni *coater* – l'induzione, l'UV e i fasci di elettroni. I calcoli relativi alle emissioni di CO_2 di queste nuove tecnologie basate sull'energia elettrica rispetto a quelle basate sull'impiego di *gas*, possono aiutare a giudicare queste nuove tecnologie dal punto di vista degli effetti sui sul cambiamento climatico. Allo stato attuale della tecnologia, in ogni caso, la configurazione dei forni e il tipo di ossidante rivestono un ruolo significativo nel consumo di *gas* nei forni di polimerizzazione.

Acqua
Nel processo di *coil coating* l'acqua viene utilizzata principalmente per il lavaggio e il risciacquo dei nastri metallici, per l'applicazione dei rivestimenti di conversione e per il raffreddamento dei nastri in uscita dal forno. Le nuove tecnologie di pretrattamento *no-rinse* , applicate con *roller coater,* consentono un risparmio medio di acqua del 60% rispetto ai metodi tradizionali. Questa tecnologia è attualmente in uso presso il 64% delle linee di *coil coating* europee (dati ECCA 2010).

Rifiuti
Nel processo *coil coating* il rifiuto principale è il metallo di scarto: questo per la natura "in continuo" del processo stesso. Le moderne linee di *coil coating* sono ben gestite per minimizzare gli scarti metallici soprattutto durante i cambi colore. Il tasso medio di scarto metallico è del 3,4%.

Emissioni di CO_2
Le principali fonti di emissioni di un processo *coil coating* sono:
- Emissioni dirette derivanti dall'utilizzo di combustibili fossili per il forno di polimerizzazione
- Emissioni indirette derivanti dall'uso di elettricità
- Emissioni dirette derivanti dall'incenerimento dei COV.

Nel 2010 l'emissione totale di CO_2 in atmosfera derivante dalle operazioni di *coil coating* è stata stimata in 0,53 kg (CO_2)/m^2 di prodotto finito, in diminuzione.

POLIURETANO ESPANSO

© Brianza Plastica SpA / ANPE Ass. Naz. Poliuretano Espanso

SCHIUME POLIURETANICHE RIGIDE

L'accoppiamento di laminati preverniciati con schiume poliuretaniche con funzionedi isolante termico trova vasto utilizzo nell'industria degli elettrodomestici e nell'edilizia (civile ed industriale). L'origine dei poliuretani viene datata nel 1937 grazie ai lavori fatti in questo settore dal Dott. Otto Bayer che furono la svolta definitiva per un utilizzo industriale di questa nuova famiglia di materiali isolanti. Da quella data la chimica dei poliuretani, la ricerca di nuovi formulati e la estrema flessibilità di applicazioni hanno fatto sì che questo settore evidenziasse un enorme sviluppo.

Vantaggi dell'utilizzo di schiume poliuretaniche rigide

- Eccezionali valori di isolamento termico che non trovano riscontro in nessun altro materiale conosciuto per frigoriferi, *boilers, termos*, ecc.
- Leggerezza relativamente alle funzioni strutturali utilizzato per pannelli *sandwich*.
- Stampabilità: la schiuma poliuretanica é idonea a riempire stampi con forme estremamente complesse e a riprodurre complicate superfici per utilizzi decorativi.
- Adesione: aderisce bene ai più svariati tipi di supporti, metallici e non, attualmente utilizzati nell'industria.
- Galleggiamento: grazie alla sua struttura a celle chiuse, la schiuma poliuretanica assorbe piccole quantità di acqua. Questo vantaggio é sfruttato per produrre boe e per migliorare il galleggiamento di imbarcazioni in genere.

Chimica di base dei poliuretani

Le reazioni poliuretaniche che si sviluppano simultaneamente sono molteplici, ma la più importante é quella che coinvolge l'isocianato (molecola contenente gruppi reattivi -N = C = O) ed il poliolo (contenente gruppi reattivi -OH) che si può così schematizzare

$$R_1 - N = C = O + R_2 - O - H \rightarrow R_1 - \overset{H}{\overset{|}{N}} - \overset{O}{\overset{||}{C}} - O - R_2$$

Isocianato Poliolo Uretano

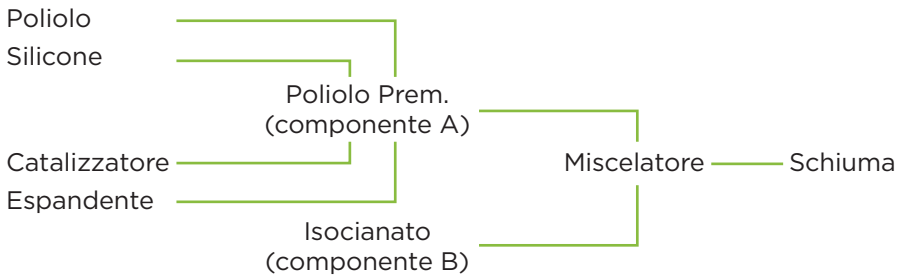
Quindi, riassumendo, il polimero uretanico (solido) si ottiene miscelando opportunamente i 2 prodotti base (liquidi): poliolo ed isocianato. La reazione é fortemente esotermica (quindi sviluppa calore). Per ottenere la schiuma poliuretanica il polimero deve essere espanso, quindi é necessaria la presenza di liquidi basso bollenti (normalmente utilizzato il triclorofluorometano - temperatura di ebollizione 24,5°C) che, grazie al calore sviluppato dalla reazione uretanica, entrano in ebollizione, permettendo alla massa di aumentare il proprio volume formando una

struttura cellulare a celle chiuse. Inoltre la presenza di agenti tensioattivi siliconici permette la stabilizzazione delle celle in via di formazione fino al raggiungimento della rigidità del polimero. Infine per "pilotare" la reazione uretanica, si utilizzano opportuni catalizzatori (ammine terziarie o catalizzatori organo-metallici) che permettono l'esaurirsi della reazione in pochi minuti, adeguando il sistema poliuretanico alle varie applicazioni ed alle relative tecnologie utilizzate.

Tecnologia applicativa
La lavorazione dei formulati poliuretanici avviene con idonee macchine schiumatrici (ad alta o bassa pressione) che svolgono le seguenti funzioni:

- Termostatazione dei componenti
- Dosaggio secondo il rapporto stechiometrico isocianato/poliolo
- Intima miscelazione dei componenti in fase di colata.

Il processo di schiumatura attualmente più utilizzato é schematizzato di seguito.



La tecnologia di applicazione prevede, in genere, la termostatazione a 35-40°C dei supporti per esaltare le doti di scorrevolezza, di riempimento e di adesione delle schiume poliuretaniche. Ovviamente i supporti metallici per la schiumatura debbono essere preventivamente puliti e sgrassati con idonei solventi.

Impieghi dei poliuretani con supporti metallici

Elettrodomestici (frigoriferi, boilers, banchi frigo, espositori, ecc.).

La schiuma PU deve riempire la cavità fra il supporto metallico esterno e quello interno. La struttura a *sandwich* garantisce la stabilità del manufatto e l'adesione ai supporti ne é l'aspetto fondamentale. Questa adesione fra lamiera e PU é ulteriormente migliorata dall'utilizzo sulle lamiere, lato da schiumare, di opportuni *primers* che lavorano come promotori

d'adesione con il PU. Viceversa in alcune aree (*top*) é preferibile usare un prodotto che permetta la perfetta pulizia di eventuali trafilamenti di schiuma. Le tecnologie utilizzate sono due: bocca in giù, bocca in su, a seconda del posizionamento del frigo, ma in entrambe é prevista la presenza di un "maschio" (parte interna del frigo) e di una maschera esterna di contenimento riscaldati sui 40°C. La schiumatura avviene a densità 33-35 kg/m3.

Pannelli *sandwich* monolitici

Gli elementi grecati realizzati in lamiera preverniciata, grazie alla loro conformazione geometrica, sono in grado di sopportare carichi di discreta entità, considerato il tipo di utilizzo a cui sono destinate.
I pannelli *sandwich* sono realizzati iniettando fra due fogli di lamiera prevemiciata uno strato di schiuma isolante poliuretanica; la sinergia di due materiali aventi caratteristiche molto diverse ma complementari, consente di sfruttare al meglio le peculiarità di entrambi. Il valore del modulo di elasticità a taglio del poliuretano consente di trasferire gli sforzi fra i supporti esterni, permettendo di ottenere un comportamento "*sandwich*" in cui una delle lamiere risulta essere compressa e una tesa. L'elevato valore del carico di snervamento del supporto consente di raggiungere portate particolarmente interessanti.
I pannelli *sandwich* si distinguono per la morfologia della lamiera esterna in copertura e parete: gli elementi da copertura, caratterizzati dalla lamiera esterna grecata, combinano l'effetto *sandwich* appena descritto con le doti di resistenza tipiche degli elementi grecati; i pannelli da parete sono realizzati con due fogli metallici lisci, goffrati o microgrecati e devono la loro stabilità al solo effetto *sandwich*.
In entrambi i casi la stabilità globale del manufatto, anche sotto carico (neve, vento ecc.) ed il valore eccezionalmente basso del coefficiente di trasmissione termica, nonché la semplicità di posa in opera, permettono di realizzare pareti e coperture leggere ed economiche.
L'utilizzo di prodotti preverniciati, con la gamma di colori disponibile, consente inoltre di ottenere effetti architettonici di particolare interesse.
Le tecnologie di produzione sono sostanzialmente due: in discontinuo e in continuo.

- La produzione in discontinuo avviene in cassoni all'interno dei quali si dispongono i supporti metallici e si iniettano i componenti del poliuretano.
- La tecnologia di produzione in continuo richiede impianti molto più complessi ma consente risultati nettamente migliori sia in termini di produzione oraria sia di controllo delle caratteristiche tecnico/meccaniche del poliuretano. Nella produzione in continuo si parte da coils, il nastro metallico passa attraverso una serie di rulli a profilo coniugato attraverso le quali si esegue la profilatura a freddo. Questa

operazione avviene in parallelo per le due lamiere costituentiil pannello. Dopo la profilatura i supporti esterni si avvicinano (sempre su linee in continuo) fino a una distanza corrispondente allo spessore finale del pannello. Vengono quindi iniettati i componenti della schiuma poliuretanica che inizialmente sono allo stato liquido. La reazione fra i componenti del poliuretano provoca l'espansione della schiuma e di conseguenza una spinta sui supporti esterni che viene contenuta da una pressa a doppio nastro. Si tratta in sostanza di una serie di elementi mobili che procedono alla stessa velocità del pannello in fase di formazione per il tempo (qualche minuto) necessario ad ottenere la consistenza necessaria alle operazioni successive. Dopo l'uscita dalla pressa a doppio nastro il pannello viene tagliato con una sega a nastro; con gli elementi così ottenuti si formano quindi dei pacchi che, dopo l'imballaggio sono pronti per la consegna all'utente finale.

IL PREVERNICIATO NELL'EDILIZIA INDUSTRIALE

© Image courtesy of Adapta Color

L'impiego ormai consolidato dei laminati metallici preverniciati come risposta di economicità, rapidità, razionalità di esecuzione alla domanda sempre più esigente e qualificata di edifici industriali, é stato motivato dalle caratteristiche dei componenti impiegati quali:

- la completa finitura realizzata in officina;
- la facilità di trasporto, dovuta a leggerezza e ridotto volume di imballo;
- il montaggio realizzabile con minimo impiego di mano d'opera in tempi molto brevi praticamente indipendenti dalle condizioni metereologiche;
- la compatibilità con modifiche ed ampliamenti degli edifici realizzati;
- la recuperabilità in caso di trasformazioni.

L'utilizzo dei laminati di acciaio e alluminio preverniciati o plastificati ha rappresentato l'inizio di un processo di rinnovamento del modo di costruire, consentendo la produzione di elementi costruttivi aventi caratteristiche prestazionali notevolmente migliorate rispetto a quelle ottenute con i materiali di costruzione tradizionali. Fondamentalmente con i laminati preverniciati si ottengono:

1. lamiere grecate con le quali si realizzano rivestimenti di coperture e di pareti sia semplici che *sandwich;*
2. pannelli monolitici coibentati idonei a realizzare coperture, pareti perimetrali esterne e pareti divisorie interne;
3. lattonerie prodotte per pressopiegatura in una vasta gamma di tipologie al fine di risolvere problemi di infiltrazioni e di finitura.

I sistemi di rivestimento che derivano dall'impiego degli elementi sopracitati consentono:

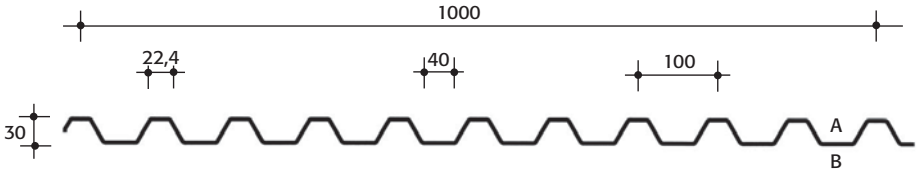
- un montaggio rapido senza l'ausilio di mezzi meccanici particolari, in quanto ogni elemento può essere sollevato e posizionato manualmente con facilità;
- una notevole portata dei componenti base in rapporto al minimo peso e ridotto volume di imballo;
- costi di manutenzione notevolmente ridotti;
- una vasta gamma di colori e finiture senza bisogno di operazioni successive all'installazione quali: tinteggiature ecc.
- un risparmio sulle dimensioni delle strutture, in quanto l'impiego dei suddetti prodotti consente di ridurre notevolmente i pesi dei rivestimenti.

COPERTURE E PARETI IN LASTRE GRECATE SEMPLICI

L'impiego del laminato metallico nel settore delle coperture industriali, si é sviluppato sin da quando sul mercato erano disponibili solo nastri in acciaio ed alluminio grezzi. Il successivo trattamento di preverniciatura ha costituito la naturale evoluzione protettiva (per quanto riguarda l'acciaio) ed estetica (per quanto concerne l'alluminio). Ciò ha determinato l'uso

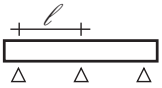
più generalizzato delle lastre grecate in copertura ma soprattutto come rivestimento esterno di parete.
Il più economico di questi rivestimenti é costituito dalle coperture e pareti in lamiera semplice che sono adatti a rivestire quegli edifici nei quali, per fattori climatici e di utilizzo, non si richieda un determinato grado di isolamento termico. Con questi sistemi é possibile ottenere costruzioni di aspetto gradevole con una opportuna scelta di colori, in grado di inserirsi in modo armonico nell'ambiente.
Per quanto concerne i modi di applicazione dei sistemi di coperture e pareti, nessun problema particolare si presenterà a committenti e progettisti che potranno rivolgersi direttamente alle ditte produttrici dei componenti le quali hanno elaborato, per ogni profilo ed ogni spessore, le tabelle relative alle caratteristiche statiche e alla portata su appoggio semplice e in continuo e sono in grado di contribuire, con la loro esperienza, alla ottimizzazione del rapporto interasse struttura-spessore lamiera in relazione ai sovraccarichi richiesti.

Lamiera grecata per coperture in alluminio



- A e B indicano l'eventuale lato preverniciato
- Le lastre si autocalandrano in opera con raggio sup. m. 13

Schema di carico a tre appoggi
Lega di alluminio En AW-3105 (AlMn0,5Mg0,5)
Stato fisico: H 44 - H 46 - H 48



Carico utile uniformemente distribuito (daN/m^2)
E= 70.000 N/mm^2

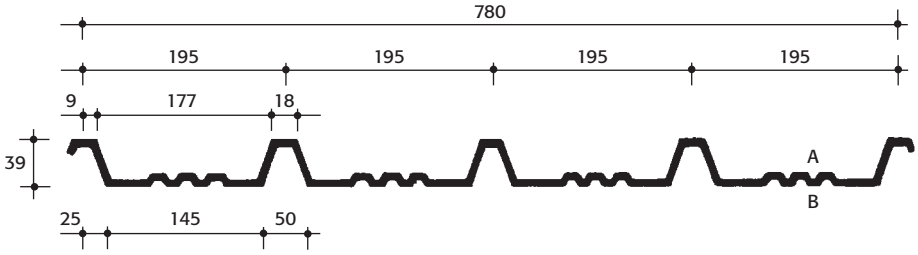
SPESSORE nominale (mm)	DISTANZA fra gli appoggi (m)						
	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20
0,6	372	275	212	161	113	83	62
0,7	485	359	276	201	141	103	77
0,8	611	451	347	244	171	125	94
1,0	731	507	371	283	219	159	120
1,2	923	640	469	358	276	201	151
FRECCIA (MM)							
$\frac{2,5\ (0,7xq)\ell^4}{384\ x\ E\ x\ Jd}$	2,8	4,3	6,2	8,0	9,0	10,0	11,0

Caratteristiche statiche del profilo
Lega di alluminio En AW-3105 (AlMn0,5Mg0,5)
Stato fisico: H44 - H 46 - H 48

SPESSORE nominale (mm)	Caratteristiche statiche del profilo					
	In campata			Appoggi di continuità		
	Jd (cm^4/m)	Ws (cm^3/m)	Wi (cm^3/m)	Jd (cm^4/m)	Ws (cm^3/m)	Wi (cm^3/m)
0,60	8,612	4,984	7,347	7,064	5,179	4,599
0,70	10,73	6,355	8,857	8,784	6,254	5,874
0,80	12,99	7,869	10,40	10,611	7,353	7,283
1,00	16,595	10,094	13,213	15,064	9,741	11,129
1,20	20,962	12,751	16,690	20,684	12,690	16,287

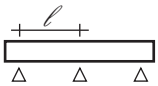
Fattore di conversione: 1 $daN/m^2 \cong 1\ Kg/m^2$
Tolleranze sugli spessori UNI En 485/4

Lamiera grecata per coperture in acciaio



- A e B indicano l'eventuale lato preverniciato

Schema di carico a tre appoggi
Supporto acciaio zincato Fe PO_2 - Z 150



Carico massimo uniformemente distribuito (sovraccarico+peso proprio) in Kg/m² per σ am = 1.400 Kg/m² o freccia ≤ (1/200) L

Spessore nominale (mm)	Distanza fra gli appoggi (m)											
	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75
0.6	493	315	212	161	123	97	78	65	54	46	40	35
0,7	585	374	260	191	146	115	93	77	65	55	47	41
0,8	679	434	301	221	169	134	108	89	75	64	55	48
1,0	868	555	385	283	217	171	138	114	96	82	70	61
1,2	1058	677	470	345	264	209	169	140	117	100	86	75
FRECCIA (MM)												
$\frac{2,5\ (0,7xq)\ell^4}{384\ x\ E\ x\ Jd}$	1,2	1,0	2,8	3,7	4,9	6,2	7,7	9,3	11,1	13,0	15,1	17,3

Caratteristiche statiche
Calcolate secondo le istruzioni CNR 10022-84

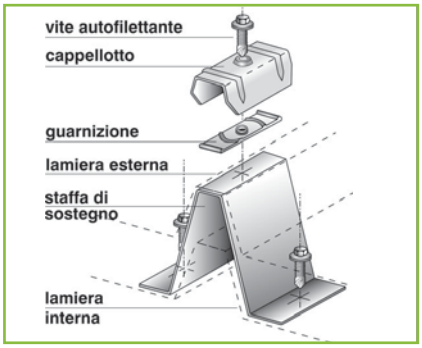
SPESSORE mm	PESO kg/m²	J cm⁴/m	Jf cm⁴/m	Per momento positivo		Per momento negativo	
				We (cm^3/m)	Wi (cm^3/m)	We (cm^3/m)	Wi (cm^3/m)
0,6	6,04	15,21	15,21	15,22	5,14	4,42	5,80
0,7	7,06	17,74	17,74	17,67	5,98	5,24	7,39
0,8	8,07	20,28	20,28	20,10	6,82	6,08	9,13
1,0	10,07	25,35	25,35	24,87	8,50	7,77	13,02
1,2	12,08	30,42	30,42	29,55	10,17	9,47	17,41

COPERTURE E PARETI *SANDWICH*

Un secondo e più vasto campo di applicazione é rappresentato dalle pareti e coperture *sandwich* con le quali é possibile realizzare edifici che uniscano, ad un'estetica molto curata, un grado di isolamento termico adatto ad ogni esigenza. É infatti possibile variare lo spessore dei materassini o dei pannelli in fibre di vetro resinate, costituenti l'isolamento, in modo da ottenere il più economicamente possibile, il coefficiente K di isolamento termico richiesto.
Questo sistema é realizzato essenzialmente in due modi:
- a lamiere parallele
- a lamiere incrociate.

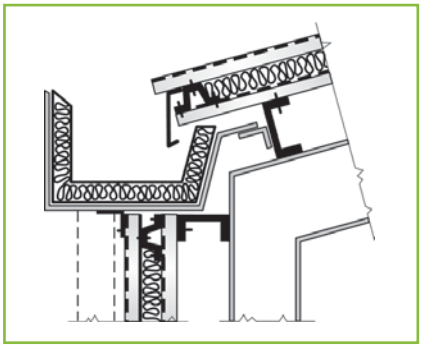
Nel primo caso é indispensabile interporre tra le lamiere - entrambe a grecature verticali - un piccolo corrente che ha la duplice funzione di elemento distanziatore e di elemento di fissaggio della lamiera esterna.
Nel secondo caso la lamiera interna é a grecature orizzontali e ha doghe molto profonde nelle quali si inseriscono i materassini isolanti. Ogni fornitura di componenti avrà in dotazione *standard* i relativi accessori di fissaggio costituiti da viti autofilettanti o automaschianti (secondo lo spessore della struttura) munite di rondelle e, ove necessario, di cappellotti, guarnizioni staffe di sostegno, ecc.

In figura é illustrato un sistema di fissaggio di copertura *sandwich* onde evidenziarne la semplicità.
Le stesse società produttrici sono altresì aperte alla migliore collaborazione con tecnici e progettisti per la definizione di tutti i nodi relativi a gronde, colmi, converse, ecc. e all'inserimento di elementi quali:
porte, portoni, finestre, lucernari, fasce traslucide estrattori, ecc., proponendo le loro soluzioni *standard* frutto di anni di attività nel settore, oppure studiandone di nuove perfettamente rispondenti alle particolari esigenze di utilizzo.

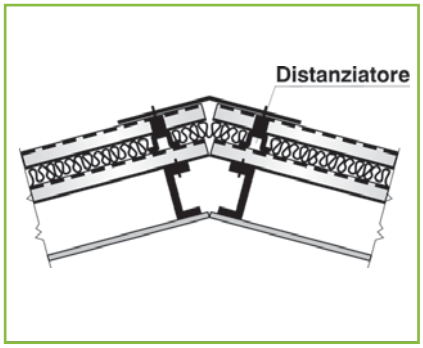


Fissaggio

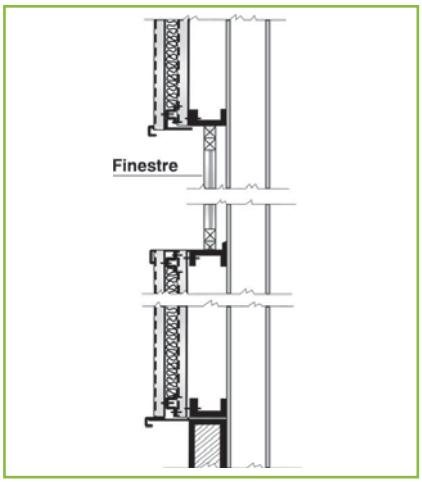
Particolari costruttivi di copertura e di pareti



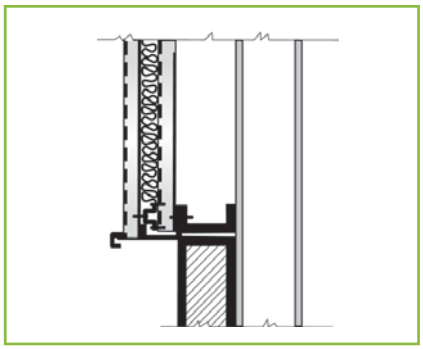
Copertura coibentata



Colmo copertura coibentata



Finestre



Particolare di base parete coibentata

COPERTURE E PARETI IN PANNELLI MONOLITICI ISOLANTI

Il continuo evolversi dei sistemi di prefabbricazione leggera verso componenti totalmente finiti in officina, unitamente all'esigenza sempre più sentita di avere una più perfetta e razionale organizzazione di cantiere, indica che il naturale sviluppo - peraltro già in atto - dell'applicazione su scala industriale delle lamiere nervate nel campo dell'edilizia industrializzata é dato essenzialmente dalla produzione di pannelli monolitici isolanti.
Tali pannelli sono ottenuti mediante iniezione di schiume (poliuretaniche, poliisocianurate, fenoliche, ecc,) o materassino in fibre naturali tra i due supporti.

I supporti possono essere:
- in alluminio preverniciato, qualora non si richieda una portata notevole e le condizioni di impiego siano severe (atmosfera particolarmente corrosiva);
- in acciaio preverniciato, idonei alla maggior parte delle applicazioni anche in atmosfera inquinata;
- in acciaio plastificato, idonei alla realizzazione di pareti, interne e dei lati interni di pareti perimetrali, in quanto oltre ad essere particolarmente resistenti all'usura, possono avere un aspetto molto più caldo e confortevole.

Tutti i pannelli sono modulari e, a seconda delle ditte produttrici, il passo può variare tra 60 e 120 cm.
I vantaggi dei sistemi che utilizzano questi componenti base rispetto a quelli finora esaminati possono così riassumersi:
- rapidità di montaggio in quanto il pannello "*sandwich* monolitico" esce già pronto dall'officina e non deve più essere assemblato in fase di montaggio;
- assenza assoluta di ponti termici in quanto le due lamiere che ne costituiscono i supporti non sono più collegate da elementi metallici;
- possibilità di ottenere elevati coefficienti di isolamento termico difficilmente raggiungibili coi normali sistemi di *sandwich;*
- più elevata costanza nel tempo dei valori di isolamento, essendo questo ottenuto con materiale di natura più perfezionata e più adeguatamente protetto dai due supporti;
- maggiore semplicità di inserimento di porte e finestre modulari non essendo più necessario l'impiego di strutture secondarie;
- migliore pedonabilità delle coperture anche in fase di montaggio;
- maggiore portata a parità di peso delle lamiere impiegate.

Inoltre é possibile ottenere pannelli monolitici isolanti per coperture aventi il solo supporto inferiore in lamiera preverniciata essendo quello superiore costituito da una guaina bituminosa o da un feltro di fibre di vetro sul quale si eseguirà direttamente, senza interposizione di materiale alcuno,

l'impermeabilizzazione definitiva della copertura che potrà essere di tipo tradizionale multistrato o a guaina preprodotta.
E' interessante sottolineare infine il fatto che con la produzione in continuo é possibile fornire pannelli anche di notevole lunghezza compatibilmente con le possibilità di trasporto.
Questo tipo di produzione, data l'alta tecnologia richiesta dagli impianti utilizzati, è tuttora prerogativa delle maggiori e più qualificate aziende del settore.

Campi di applicazione
Dal momento in cui, con i laminati metallici preverniciati, si é cominciato a produrre pannelli monolitici isolanti si é conquistata una vasta area di mercato inerente a quegli insediamenti che comprendono non soltanto il puro e semplice capannone industriale, ma anche palazzine per uffici, zone commerciali, ecc. nonché a edifici a carattere civile quali: supermercati, piscine, palestre, scuole, ambulatori, centri sociali, ecc., e non solo per quanto concerne pareti esterne e coperture, ma anche per quanto riguarda le pareti divisorie interne.

Per questo ultimo tipo di applicazione possono essere considerate essenziali le prerogative di:
- ottima resistenza al fuoco;
- buon isolamento acustico;
- totale recuperabilità;
- scarsa deteriorabilità delle finiture superficiali (tipiche dei migliori pannelli monolitici).

Con opportuni accorgimenti é stato inoltre possibile estendere vantaggiosamente l'utilizzo di questi componenti al campo della edilizia abitativa, specie laddove sono particolarmente impegnative le condizioni climatiche ed ambientali.

RECUPERO FUNZIONALE DEGLI EDIFICI INDUSTRIALI
L'impiego del laminato preverniciato assume un ruolo di fondamentale importanza nel recupero sia strutturale che funzionale di edifici industriali, nella realizzazione delle lastre grecate e lattoniere che saranno poi impiegate per rivestire sia le coperture che le pareti.

Coperture
In un intervento di ristrutturazione, l'elemento funzionale più delicato su cui si deve intervenire é il tetto, in quanto é al di sotto di esso che avvengono tutte le attività produttive con macchinari ed impianti anche molto costosi e lo stoccaggio dei prodotti.
Quindi come facilmente si può intuire, la presenza di infiltrazioni di acqua rappresenta un serio pericolo di danneggiamento sia per le attrezzature che per le merci. Rimandando ad altre pubblicazioni per le doverose analisi e valutazioni sulle condizioni delle strutture portanti, ci dedichiamo invece ad esaminare le problematiche del rivestimento.

Data l'età degli edifici da ristrutturare, quasi sempre si constata che la copertura è stata realizzata impiegando lastre di fibrocemento (prodotto largamente usato in passato per il suo basso costo) ed un attento esame delle sue condizioni permette di stabilire la soluzione tecnica più idonea ed economicamente conveniente da adottare. In particolare occorre rilevare:

- se esistono (ed in che quantità) rotture sulla superficie del tetto;
- se le lastre sono ormai consumate dall'azione degli agenti atmosferici e quindi sono assottigliate nello spessore;
- se vi é la presenza di efflorescenze o muffe che compromettono la resistenza delle lastre stesse.

Si possono avere due diverse situazioni:

1) le rilevazioni effettuate portano a considerare la copertura irrecuperabile e quindi alla sua demolizione e successiva ricostruzione;
2) se invece, nonostante la copertura non assolva alla funzione di impermeabilizzazione ma si trova in discrete condizioni è possibile lasciarla in loco utilizzandola come elemento di supporto del nuovo strato isolante, permettendo così un sensibile risparmio sul costo globale del tetto.

Analizziamo ora nel dettaglio i due tipi di intervento sopra riportati.

Rifacimento *ex novo* della copertura

Valutando nel dettaglio gli elementi componenti una copertura *sandwich*, essi sono:

- Lastra interna: a contatto cioè della orditura di struttura.
- Listello distanziatore: che può essere realizzato sia in metallo che in legno trattato con resina antimuffa anch'esso fissato mediante apposite viti passanti alla struttura sottostante, la cui funzione é quella di sopportare la lastra esterna di impermeabilizzazione oltre che di creare lo spazio per l'inserimento dell'isolante.
- Barriera al vapore: costituita da un foglio di polietilene di opportuno spessore disteso sulla lastra sottostante. Costituisce uno strato continuo con la funzione di non permettere la migrazione di vapore acqueo verso l'isolante.
- Materassino isolante: in fibra minerale di idoneo spessore e densità calcolato per ottenere il coefficiente di isolamento richiesto.
- Lastra esterna: costituente lo strato con funzione impermeabile; fissata ai sottostanti listelli tramite idonei gruppi di fissaggio, composti da viti, cappellotti, giunto stagno.

Ricopertura del manto esistente

Gli elementi impiegati per effettuare questa operazione sono i medesimi descritti al punto precedente, fatta eccezione per la parte interna, in quanto al suo posto verrà riutilizzata la lastra esistente sulla quale verranno posati con le stesse modalità gli elementi precedentemente descritti.

Pareti
L'impiego dei laminati metallici sotto forma di lastre grecate per il rivestimento delle pareti, consente di risolvere numerosi problemi tecnici con evidenti risparmi.
Infatti l'applicazione delle lastre grecate consente di:
- lasciare in loco l'intonaco ammalorato esistente, evitando i costi di asportazione;
- utilizzare delle facciate per il passaggio di eventuali tubazioni nuove, pluviali, cavi elettrici lasciandoli all'esterno in quanto successivamente saranno ricoperti dallo strato delle lastre grecate;
- avere la possibilità di applicare l'isolamento termico voluto mediante l'impiego di pannelli coibentati
- ottenere un eccellente grado di finitura architettonica avendo la possibilità di scegliere tra una vasta gamma di colori e tipi di preverniciatura;
- avere un notevole risparmio economico se rapportato ai costi di un normale intonaco per esterni
- rendere semplice e rapida l'esecuzione.

In questo caso gli elementi costituenti il sistema sono:
- Listelli di fissaggio: realizzati sia in legno trattato con resina antimuffa che in metallo. Questi saranno vincolati ad apposite staffe che permettono di ottenere sia la perpendicolarità che la linearità dei listelli stessi, in modo tale da creare un piano di posa ideale per ricevere successivamente le lastre grecate.
- Barriera al vapore: costituita da foglio di polietilene di opportuno spessore e costituente uno strato continuo.
- Isolamento termico: costituito preferibilmente da pannelli rigidi di lana minerale autoportanti per impedire l'afflosciamento nel tempo.
- Lastra grecata esterna: costituente lo strato impermeabile e di finitura, fissate alla sottostruttura mediante semplici viti.

Procedura di bonifica del cemento-amianto
Con l'emanazione della legge 257 del 27-3-92 "*Norme relative all'impiego dell'amianto*" il laminato preverniciato ha trovato un nuovo campo di applicazione nell'incapsulamento delle lastre di cemento-amianto posate in gran parte dei fabbricati industriali costruiti negli anni '70.
Le lastre in cemento-amianto tendono a rilasciare nel tempo sulla superficie piccole particelle cancerogene di amianto. E' evidente che ci si debba preoccupare che in caso di ricopertura il processo di dispersione sia in qualche modo bloccato. Si ricorre così al cosiddetto "incapsulamento", effettuato in generale con prodotti spruzzati, a base di acetati di polivinile, sulla copertura esistente.
Questa operazione viene consigliata dalle normative e metodologie tecniche per la valutazione del rischio, il controllo, la manutenzione e la bonifica di materiali contenenti amianto nelle strutture edilizie redatte dall'Istituto Superiore di Sanità - Laboratorio di Ultrastrutture.

Esaurito l'aspetto normativo la sovracopertura viene poi effettuata utilizzando principalmente due tecniche:

a) Vengono fissati dei listelli in legno sopra la copertura esistente ed a questi il nuovo manto di copertura. Generalmente per motivi di leggerezza, durabilità e flessibilità di impiego il materiale prescelto é costituito da elementi creati in lega di alluminio o di acciaio (spessore ridotto) nell'esecuzione preverniciata per assicurare una maggiore durata nel tempo. L'intercapedine derivata dai listelli in legno é di solito sfruttata per l'alloggiamento di materiale coibente.

b) Vengono utilizzate lastre metalliche sagomate in modo da aderire perfettamente in sovracopertura al fibrocemento esistente. Queste lastre sono generalmente accoppiate con materiale espanso allo scopo di evitare condensa, nel contatto diretto con la vecchia copertura. Questo metodo garantisce una più elevata pedonabilità del tetto, un migliore incapsulamento della fibra di amianto ed evita l'installazione dei listelli di legno.

IL PREVERNICIATO NELL'EDILIZIA CIVILE E SOCIALE

© ECCA-European Coil Coating Association

In Italia l'utilizzo del prefabbricato per impieghi in edilizia residenziale e civile si è sviluppato negli anni '70 ed ha trovato il momento di maggior espansione alla fine del decennio e nel primo quinquennio degli anni '80.
L'andamento del mercato fortemente in crescita era determinato dalla forte espansione dell'industria ma ancor più nella realizzazione di grandi opere nei paesi in via di sviluppo. Per costituire le infrastrutture di cantiere dove risiedevano ed alloggiavano i tecnici venivano utilizzati i prefabbricati leggeri premontati presso lo stabilimento del produttore e montati in sito. Gli studi sviluppati sull'impiego di nastri laminati di acciaio ed alluminio hanno spinto i produttori verso un impiego sempre maggiore con l'abbandono dei materiali tradizionali.
La garanzia di affidabilità ai fini della durata nel tempo messa a punto grazie all'impiego di acciaio, di leghe di alluminio, ed infine di pretrattamenti e verniciature sempre più evolute hanno sollecitato i produttori di lamiere grecate e di pannelli a studiare soluzioni estetiche innovative e sempre più simili alle finiture proprie dell'edilizia civile. Il preverniciato a tutt'oggi é il prodotto largamente più diffuso nel campo della fabbricazione leggera ed ha trovato in questa categoria di produttori ampi consensi.

Grazie all'impiego del laminato preverniciato i manufatti hanno subito importanti migliorie tecniche ed estetiche quali:

- notevole riduzione del peso agli effetti sia della movimentazione ma anche della progettazione delle orditure di sostegno ed alla loro economicità;

- minor volume agli effetti del trasporto in quanto gli elementi, pur presentando motivi geometrici anche di notevole rilievo, sono sovrapponibili;

- in caso di utilizzi gravosi e/o di pronto intervento maggior resistenza all'urto ed a movimenti torsionali imprevisti;

- possibilità di realizzare pieghe severe per creare il giunto meccanico di aggregazione dei pannelli fra loro accentuando quindi il concetto di prefabbricazione. Lo stesso criterio vale per tutti i particolari di coronamento e lattoneria che in preverniciato vengono realizzati e posati con semplicità estrema ed a costi contenuti.

La richiesta di livelli prestazionali e qualitativi sempre più elevati ha indotto profonde modificazioni nei processi produttivi del settore delle costruzioni. Tradizionalmente legata a un concetto di produzione più "artigiano", l'edilizia ha dovuto fare suoi sistemi industrializzati propri di altri comparti. Pur contrassegnata da alcune difficoltà, é il caso della prefabbricazione nel settore residenziale, e pur non avendo a distanza di anni coinvolto tutto il settore, questa svolta ha consentito notevoli miglioramenti in tutte le fasi del processo edilizio: dallo stabilimento di produzione al cantiere, dalla progettazione all'edificio finito.

Ovviamente, a potere sfruttare per primi tutte le possibilità offerte da questo cambiamento sono stati alcuni componenti e materiali che possedevano già le caratteristiche e i presupposti specifici per poter rispondere alle nuove esigenze, sia di tipo produttivo che applicativo. Nettamente favoriti in questo senso sono stati i metalli che, per naturale disponibilità a lavorazioni altamente industrializzate, hanno consentito il conseguimento di elevati *standard* prestazionali senza aggravi sul prezzo finale del prodotto. Si é affermata così la preponderante presenza nell'edilizia di tipo industrializzato delle strutture portanti in acciaio, delle leghe di alluminio, impiegate per la produzione di serramenti, profilati di facciata, controsoffittature, tamponamenti, coperture, e dell'acciaio sotto forma di lamiere di diverso spessore e sagomatura. In seguito, la costante tendenza ad elevare il valore del rapporto qualità/prezzo del prodotto finito ha portato l'impiego di nuovi materiali sotto forma di semilavorati, con i vantaggi del contenimento dei costi di lavorazione e della costanza della qualità.
Nel campo specifico delle lamiere di alluminio e di acciaio il laminato preverniciato ha portato così ad un impiego più razionale ed economico della lamiera stessa ed ha permesso di sviluppare molti componenti con esse realizzate. Tutto ciò ovviamente ha spostato a monte, cioè nel processo produttivo primario, tutte le difficoltà tecnologiche della verniciatura, quelle da affrontare per consentire ai film di rivestimento di assumere i requisiti necessari per sopportare le lavorazioni. Le lamiere di acciaio e di alluminio preverniciato hanno trovato nel settore edilizio alcune applicazioni congeniali, identificabili soprattutto con la produzione di:

- pannelli di tamponamento esterno, realizzati con l'accoppiamento a *sandwich* di due lamiere preverniciate, e di un riempimento di materiale isolante ad elevato coefficiente coibente;

- coperture, normalmente realizzate con manti costituiti da nastri, in lamiere preverniciate rullati in continuo, collegati da coprigiunti;
- rivestimenti esterni, offerti nelle tipologie con giunto aperto e chiuso, e frangisole;

- controsoffitti di tipo aperto e chiuso con caratteristiche di fono assorbenza.

RIVESTIMENTI ESTERNI

Uno dei campi di applicazione nei quali la lamiera preverniciata mette maggiormente in luce le sue caratteristiche prestazionali e qualitative é senza dubbio quello dei rivestimenti di facciata.
Le esigenze espresse dai progettisti, sia di carattere estetico e progettuale che ai fini della protezione dell'edificio e della durata dei materiali, trovano infatti nelle lastre e nelle doghe in preverniciato una risposta ottimale.
Duttili, resistenti, facili da posare, i sistemi di facciate in alluminio e in acciaio preverniciato si affermano soprattutto nell'edilizia commerciale e sociale. Nell'edilizia civile residenziale (sia nel caso di nuove costruzioni che di ricostruzioni) l'impiego dei preverniciati si é messo in luce con l'adozione di sistemi d'isolamento dall'esterno come la parete ventilata. Il forte impulso evidenziato dal recupero edilizio negli ultimi anni ha incrementato questo fenomeno, sfruttando le caratteristiche proprie di questi sistemi che si rivelano estremamente utili e convenienti intervenendo sull'esistente. il rivestimento di facciata realizzato con laminati metallici preverniciati, solitamente assolve la funzione di sostituirsi allo strato finale di intonaco con tinteggiatura. La parete esterna realizzata nel modo tradizionale o con elementi in cemento armato prefabbricato costituisce l'elemento a cui viene affidato il compito di chiusura, di isolamento termico e di supporto del nuovo rivestimento.
Tra le molte caratteristiche che depongono a favore dell'impiego dei rivestimenti in preverniciato, quelle legate alla resistenza agli agenti atmosferici e alla durata rivestono un ruolo sostanziale.

I requisiti del preverniciato

L'impiego di lamiere preverniciate per le superfici esterne degli edifici garantisce al rivestimento caratteristiche chimiche, fisiche e cromatiche di assoluta uniformità ed affidabilità. Le continue prove di laboratorio e verifiche in opera hanno evidenziato una resistenza alla corrosione molto elevata anche in presenza di atmosfere particolarmente aggressive, come possono essere quelle costituite dalla presenza di agenti inquinanti, nebbie saline, umidità e raggi UV.
L'applicazione di sistemi di preverniciatura, ha poi consentito di assicurare queste prestazioni anche in presenza di applicazioni con particolari sagomature o di montaggi di forme complesse. Grazie infatti alla flessibilità della pellicola di vernice, che si mantiene comunque inalterata e resistente nel tempo, i bordi non presentano screpolature anche dopo la profilatura o la pressopiegatura. E anche lavorazioni diverse come il taglio e la tranciatura non produrranno alterazioni di sfaldatura o ancoraggio alla superficie.
Anche nei confronti della luce solare le lamiere preverniciate confermano i propri *standard* qualitativi e prestazionali. L'esposizione prolungata ai raggi solari, verificate in opera, ed esposizione ai raggi UV, testate in laboratorio, non hanno provocato scoloriture o viraggi di colore significativi.

Da ultimo, va sottolineato come anche ai fini della manutenzione i rivestimenti in preverniciato offrono vantaggi consistenti. La ritenzione della polvere e dei grassi è ridotta al minimo grazie alle componenti antistatiche del preverniciato e i depositi possono essere facilmente asportati con le abituali tecniche di pulizia.

Composizione di un tipico rivestimento a doghe lineari
Sottostruttura: realizzata con traversine ricavate per profilatura da nastro in lega di alluminio di spessore 10/10 preverniciato su entrambi i lati. Questi elementi di sostegno, vengono fissati orizzontalmente con tasselli ad espansione alle facciate da rivestire in modo tale da creare un piano di posa adatto a ricevere le doghe in alluminio preverniciate, normalmente con moduli compresi fra 100 e 300 mm, e le lattonerie di raccordo.

Pannelli: ricavati da profilatura di nastro in lega di alluminio preverniciato. Le dimensioni sono modulari di larghezza mm 150 e mm 300.

Lattonerie di raccordo: realizzate mediante pressopiegatura occorrenti a realizzare tutte quelle parti di raccordo atte ad impedire le infiltrazioni di acqua.
Alcuni di questi sistemi consentono il montaggio dei pannelli a modularità unica e combinata perché gli stessi sono inseribili sulla stessa sottostruttura portante offrendo al progettista la possibilità di realizzare diverse soluzioni estetiche. E' possibile anche realizzare una parete coibentata e ventilata in modo molto semplice.
Questi sistemi sono impiegabili non solo in verticale ma anche in orizzontale e obliquo. Infatti prevedendo gli elementi di supporto della sottostruttura di lunghezza idonea, si ottiene una intercapedine in cui alloggiare il materassino rigido di lana minerale che verrà fissato alla parete unitamente alle barriere al vapore tramite appositi rondelloni.

I particolari requisiti di questi sistemi sono:

estetica
facilità di installazione
leggerezza
assenza di manutenzioni particolari
facilità di sostituzione in caso di danneggiamento
assoluta impermeabilità all'acqua
resistenza all'umidità

Secondo il tipo di doga utilizzato, i rivestimenti vengono classificati come aperti o chiusi.
Nel primo caso sono impiegate doghe con bordi arrotondati e con scuretti di dimensioni variabili; nel secondo doghe a spigolo vivo montate generalmente in verticale per la realizzazione di fascioni di mascheramento, pareti termoisolate o a tenuta d'acqua. Va sottolineato che i rivestimenti aperti possono essere tramutati in chiusi con l'adozione di un listello intermedio a copertura dello scuretto. Un altro tipo di rivestimento esterno con una estetica particolarmente apprezzabile, é un sistema di pannelli modulari quadrati e rettangolari, sagomati mediante pressopiega.
Il dimensionamento dei pannelli varia a seconda della modularità che si vuole adottare e viene verificato in funzione delle luci verticali e orizzontali richieste. Di notevole interesse il sistema di aggancio alla sottostruttura in profilati di alluminio estruso che ne consente una rapida e facile installazione.

Una serie di guarnizioni completa il rivestimento riquadrando perimetralmente i pannelli. Oltre ai requisiti caratteristici dei sistemi lineari questi pannelli sono:

- isolati dalla sottostruttura per mezzo di guarnizioni (quindi assenza di ponti termici)

- smontabili (ogni singolo pannello), permettendo quindi l'accesso localizzato per manutenzioni agli eventuali impianti tecnologici che "corrono" nella intercapedine tra il rivestimento e il paramento esterno.

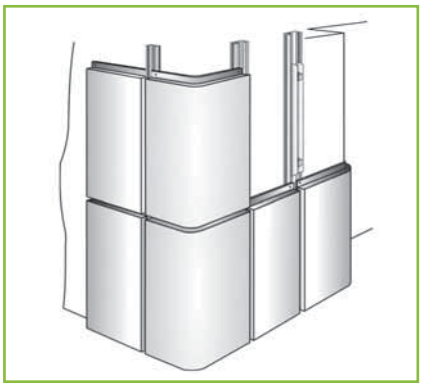
Vi é da considerare che anche questi sistemi di pannelli consentono di realizzare una parete coibentata e ventilata in maniera semplice. Ad esempio aumentando la sporgenza delle squadrette di sostegno dei montanti verticali, per ottenere la giusta intercapedine ove inserire l'isolamento.

Esempi di rivestimenti

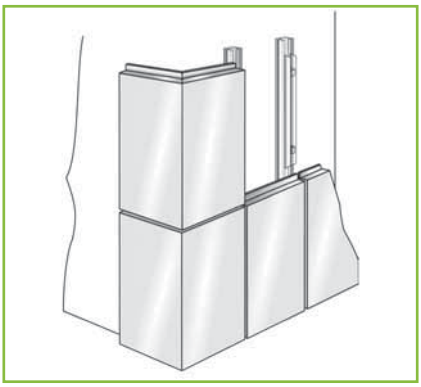
COPERTURE

Tetto di tegole metalliche preverniciate

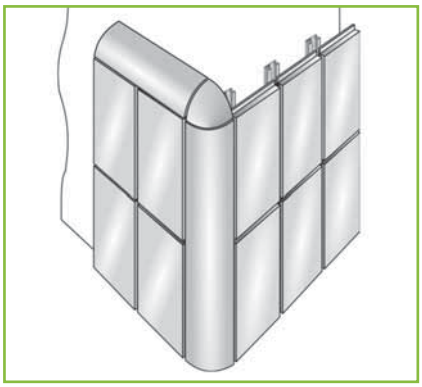
Studiato per coperture con pendenze superiori al 15%, questo tetto offre la massima garanzia contro infiltrazioni d'acqua, resiste a forti carichi d'innevamento ed é impermeabile a precipitazioni atmosferiche di qualsiasi intensità.
Il particolare disegno delle tegole consente una razionale dilatazione termica che assicura la perfetta tenuta stagna della copertura. La posa, semplice e rapida, non richiede l'impiego di mano d'opera specializzata.
I fori per il fissaggio sono posizionati all'interno della nervatura in modo che siano protetti dalla nervatura di sormonto.



Particolare d'angolo tondo



Particolare d'angolo retto



Particolare d'angolo con raccordi curvi

La nervatura del rilievo perimetrale assicura la perfetta sovrapposizione delle tegole determinando una elevata resistenza meccanica.
Questo sistema comprende tutti gli accessori ed i componenti necessari per il completamento della copertura: colmi, canali, frontali, viti, fermaneve e qualsiasi altro elemento di lattoneria.

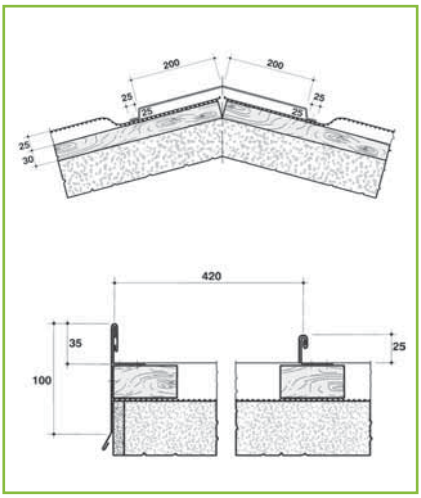
Tetto di lamiera preverniciata aggraffato
Altro esempio di copertura indicata particolarmente per una edilizia residenziale di tipo montano, é un sistema di tipo aggraffato che é stato messo a punto per dare all'installatore la possibilità di lavorare il laminato direttamente in cantiere. Il sistema consente inoltre molteplici soluzioni esteticamente pregevoli tali da conferire all'edificio in costruzione, o da ristrutturare, un aspetto elegante e nel contempo funzionale.

Può essere realizzato sia in alluminio che in acciaio preverniciato e presenta in particolare i seguenti vantaggi:

Montaggio immediato in cantiere
Elevata durata
Assoluta impermeabilità
Materiale di base disponibile in vari colori.

Diamo un esempio di posa in opera di una copertura aggraffata in alluminio preverniciato, tenendo presente che il medesimo schema può essere utilizzato per una realizzazione in acciaio preverniciato salvo l'uso di spessori di laminato inferiori.
Il materiale base é nastro di alluminio preverniciato da mm 0,75 x 500 (acciaio 0,5 - 0,6 mm). La sola attrezzatura necessaria é costituita da una macchina piegatrice (l'operazione di piegatura può essere comunque eseguita in officina con una normale pressopiegatrice), una macchina aggraffatrice e le apposite squadrette di fissaggio realizzate sempre in alluminio sp. mm 0,75. Per la sottostruttura si suggerisce un tavolato in legno dello spessore minimo di cm 2,5, possibilmente rivestito di manto bituminoso. In assenza del tavolato, il nastro va fissato su listelli di legno dalla sezione minima di 3 x 6 cm fra i quali é necessario interporre materiale coibente di tipo rigido che, oltre ad assolvere funzioni di isolamento termico/acustico, rende pedonabile la copertura. Tutti i particolari di lattoneria suggeriti, sono stati progettati per poter essere realizzati con il medesimo nastro di alluminio preverniciato da mm 0,75 x 500 onde standardizzare al massimo tutto il sistema.

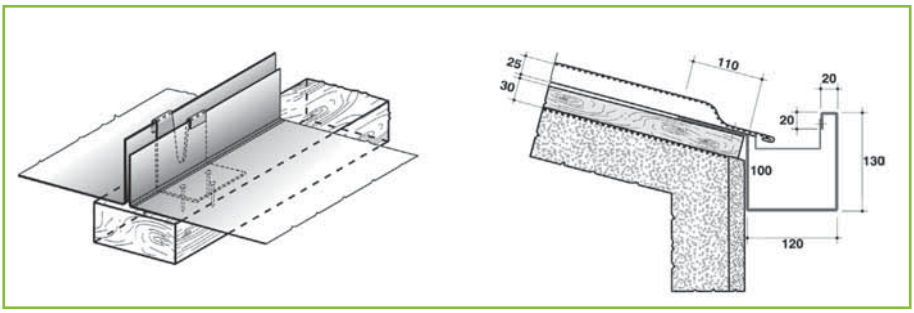
Coperture e rivestimenti a montaggio rapido



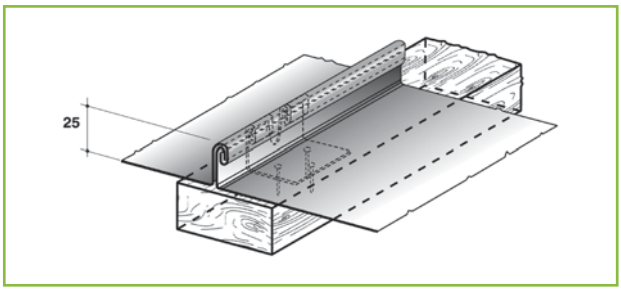
Lattonerie

Colmo centrale
É realizzato con nastro di alluminio preverniciato da mm 0,75 x 500.
Il fissaggio viene effettuato con rivetti in alluminio e sigillante siliconico dopo lo schiacciamento degli ultimi 40 cm circa della aggraffatura sulla parte superiore della falda.
Bordatura laterale
Va fissata con la macchina aggraffatrice, con lo stesso procedimento usato per la giunzione degli elementi.
Canali di gronda
Sono realizzati con nastro in alluminio preverniciato con sviluppo di mm 500.

Bloccaggio elementi



Aggraffatura finale



FRANGISOLE

Un altro impiego molto interessante per i laminati preverniciati in alluminio e acciaio sulle facciate esterne degli edifici é costituito dai frangisole. É noto come gli apporti solari siano, in termini di illuminazione e di climatizzazione, un fattore molto importante nella progettazione, sia che si tratti di edifici di abitazione che per uso terziario o industriale.
Errati orientamenti associati a una scarsa considerazione dell'influenza dei raggi del sole hanno infatti creato, soprattutto in presenza di tipologie edilizie caratterizzate da ampie superfici vetrate, problemi di abbagliamento, di eccessivo surriscaldamento estivo degli ambienti e di surdimensionamento degli impianti di climatizzazione.
I frangisole rappresentano un sistema particolarmente efficace per evitare questi inconvenienti.
Riflettendo i raggi del sole prima che colpiscano le superfici vetrate, i frangisole offrono infatti la miglior protezione contro il calore, contribuendo così anche a diminuire il fabbisogno in termini di raffrescamento dell'edificio.
Inoltre, consentono di ridurre l'abbagliamento senza diminuire l'illuminazione naturale degli ambienti interni.
Non va poi dimenticato il ruolo estetico dei frangisole, favorito dalla possibilità di essere installati sia verticalmente che orizzontalmente, con influenze sul gioco prospettico degli edifici.
Il montaggio degli elementi, che hanno uno spessore compreso tra 0,6 e 0,8 mm, avviene con l'impiego di traversine agganciate a una struttura di alluminio o acciaio fissata a sua volta sulla facciata. In alcuni sistemi particolari il fissaggio é invece assicurato da profili di supporto estrusi.
La funzione di schermo offerta dai frangisole spesso viene anche sfruttata per la realizzazione di protezioni per serre e parcheggi. La ricerca del migliore impiego dei frangisole ha infine portato alla realizzazione di sistemi orientabili, nei quali é possibile variare l'angolazione del frangisole secondo la posizione del sole. La movimentazione avviene attraverso leve di comando esterne o di manovelle o catenelle esterne. Esistono inoltre alcuni sistemi che adottano per la movimentazione motorizzazioni elettriche.

GRONDE

La gronda, denominata anche canale di gronda o doccia, ha la funzione di raccogliere l'acqua piovana che scende dalle falde del tetto, impedendo che questa goccioli lungo i cornicioni e di farla defluire a terra attraverso i tubi verticali di caduta, meglio noti come pluviali, o anche a mezzo di elementi appesi (catene, bocche di drago, ecc.).
Tipi esistenti
I canali di raccolta delle acque piovane devono avere una sezione capace di contenere l'acqua anche in caso di piogge torrenziali, sono posti subito sotto il manto di copertura in modo tale che l'acqua, scivolando dalle falde, non sorpassi il canale stesso e non goccioli lungo la cornice interna.

Il bordo esterno del canale di solito é leggermente più alto di quello interno per l'arresto dell'acqua; viene posto in opera inclinato leggermente con pendenza non inferiore all'1% verso i pluviali e si fissa all'armatura del tetto con tiranti e/o zanche sagomate, dette "cicogne".
I canali di gronda possono essere di forma diversa: tondi o semicircolari, quadri, trapezoidali, rettangolari, sagomati e possono essere esterni, cioè visibili a terra, o ad incasso, che generalmente non sono visibili a terra perché sono posati, o, meglio, incassati all'interno del cornicione stesso.
In generale il dimensionamento della gronda avviene in funzione della superficie della falda sovrastante: ad es. il diametro, nella sezione tonda, é superiore ai 15 cm per un canale a servizio di circa 100 mq di falda.

Un'indicazione approssimativa si può avere dalla seguente tabella:

AREA DEL TETTO (in proiezione orizzontale) m^2	**DIAMETRO DEL CANALE DI GRONDA** cm	**DIAMETRO DEL PLUVIALE** cm
Fino a m^2 10	8	4
Da 11 a 25	10	8
Da 26 a 50	12	7
Da 51 a 100	16	10
Da 101 a 200	18	10

Sul mercato si utilizzano di norma canali di gronda di sviluppo (perimetro): 25-30-33-40-50-60-70-100-120-140-160 cm.

Gli ultimi tre sviluppi sono tipici del settore industriale. Le dimensioni del canale di gronda variano anche secondo le zone geografiche. Nel Veneto e in Emilia, ad es., si usano sviluppi maggiori che altrove perché in quelle regioni la gronda viene intesa più come componente architettonico ed estetico che come semplice elemento per la raccolta dell'acqua piovana. Le forme dei canali, a parità di sviluppo, possono differire parecchio da zona a zona in funzione delle diverse culture e tradizioni locali, per non parlare degli accessori e, in particolare, delle staffe di sostegno, come si può vedere nelle illustrazioni.

Vantaggi della gronda in metallo preverniciato
L'utilizzatore di lamiere metalliche si fornisce di un semilavorato non più allo stato grezzo, bensì preverniciato che trova sul mercato nei colori e nelle finiture che più gli aggradano: preverniciato, perché qualsiasi lavorazione meccanica, dalla piegatura alla imbutitura, dallo stampaggio alla profilatura, é possibile con le ordinarie tecnologie di lavorazione sulla lamiera già rivestita senza che ciò le causi alcun danno.

Le principali aziende italiane che preverniciano acciaio e alluminio utilizzano il processo di *coil coating* per conferire una funzione estetica al metallo e per proteggerlo al tempo stesso contro l'azione corrosiva dell'ambiente esterno. A volte, per proteggere maggiormente il metallo ed accentuarne l'aspetto estetico, il laminato viene preverniciato su entrambi i lati, con vernici ad alta resistenza del tipo poliestere o poliammidico, appositamente studiate per le gronde e la lattoneria. I metalli preverniciati hanno inoltre le caratteristiche di non depositare ossidi e quindi di non macchiare il suolo e le pareti, contrariamente alle gronde realizzate con metalli grezzi.

Gronda in alluminio preverniciato.
L'alluminio esposto all'esterno si ricopre di uno strato di ossido protettivo molto sottile ma anche molto aderente, stabile, sufficientemente inerte agli agenti fisici e chimici e lo protegge dall'azione corrosiva dell'ambiente esterno, fattore non trascurabile quando si pensa ai punti di taglio in cui la vernice viene asportata con la lavorazione.
Il laminato di alluminio preverniciato é in grado di resistere per anni a forti escursioni termiche, piogge acide, prolungate esposizioni a raggi solari, sollecitazioni meccaniche senza che si verifichi alcun scadimento sostanziale nella funzionalità e nell'aspetto del manufatto.
In tema di robustezza, esistono leghe di alluminio caratterizzate da un rapporto ottimale tra resistenza meccanica e lavorabilità, con proprietà tensili sensibilmente elevate e con un ottimo grado di deformabilità a freddo.
Con l'alluminio preverniciato é possibile costruire canali robusti quanto quelli in acciaio, semplicemente maggiorando di qualche decimo lo spessore del metallo e/o riducendo di qualche centimetro la distanza delle staffe di sostegno.
L'uso della gronda in alluminio preverniciato si è diffuso in virtù delle caratteristiche di durata, robustezza ed estetica di cui s'é fatto cenno; tanto vero che oggi si possono reperire sul mercato sistemi di gronde in alluminio preverniciato completi di tutti gli accessori e i componenti per il montaggio, costruiti con lo stesso metallo del canale e che:

- consentono la dilatazione della gronda senza forzarne i punti di fissaggio
- offrono diverse soluzioni di fissaggio per le staffe che sono opportunamente nervate per sopportare i carichi dovuti ad innevamento
- offrono collari di nuovo design, registrabili in larghezza, altezza e profondità.

Tentativi per standardizzare una produzione così tanto diversificata, che non trova riscontri in nessun altro Paese, sono stati avviati da un produttore di alluminio preverniciato introducendo il sistema di produrre il canale direttamente in cantiere con una piccola profilatrice trasportabile su automezzo e che assicura una rapidità di esecuzione che non ha confronti, con vantaggi soprattutto economici e tecnici in quanto il sistema consente di evitare le giunzioni.

Gronda in acciaio zincato preverniciato
L'evoluzione dinamica del mercato edilizio ha consentito l'affermazione di gronde e pluviali ricavati da lamiera d'acciaio zincata a caldo (oggi processo Sendzimir). Questi, in passato, una volta montati restavano esposti per molto tempo senza alcun trattamento di finitura, avvalendosi delle doti naturali di resistenza del "*sandwich*" acciaio-zinco per reggere all'azione d'attacco degli agenti atmosferici, confermandone le buone doti di solidità. L'avvento di nuove tecnologie, qual é appunto il processo *coil coating*, ha consentito la realizzazione di nastri zincati a caldo e di alluminio preverniciati; i cicli di preverniciatura relativi alla produzione di laminati in acciaio destinati alla fabbricazione di gronde e canali, sono opportunamente studiati per soddisfare requisiti estetici e di resistenza alla corrosione, nonché flessibili per consentire la deformazione a freddo del laminato e permettere di ricavare elementi prefabbricati pronti per la posa in opera in cantiere. Si sono così ottenuti indiscutibili vantaggi economici sia in produzione, dati gli elevati *standard* produttivi e qualitativi di un impianto *coil coating*, che in trasformazione per quanto sopra detto; ma ancor più per la contrazione dei costi di manutenzione, sfruttando le doti di resistenza dello strato barriera zinco-vernice e dell'alluminio di protezione all'azione erosiva delle intemperie ed alle aggressioni chimiche indotte dall'uomo e dall'ambiente, garantendo una durata al prodotto superiore agli standard precedenti. Inoltre, di recente, per consentire un più facile accesso di questi prodotti, anche nelle opere di ristrutturazione dei centri storici, si sono studiate finiture simili al rame e/o bronzo, evitando traumi d'impatto ambientale ed offrendo in più il vantaggio di resistere alle piogge acide, che ovunque provocano danni incalcolabili al patrimonio artistico e ambientale.
I laminati utilizzati, in questo caso, sono rivestiti con fluoro polimeri e pigmenti ceramici ad altissima stabilità che hanno caratteristiche analoghe in termini di durata, pur conservando la flessibilità del supporto. Le combinazioni cromatiche proposte mantengono inalterati i valori estetici, laddove la forma e l'ambiente l'impongono, dimostrando, una volta di più, con quanta facilità si possa integrare l'antico ed il moderno, purché saggiamente ripartito.

I LAMINATI PREVERNICIATI NELLA REALIZZAZIONE DI OPERE DI CONTORNO DEL SERRAMENTO

L'inserimento in una facciata di un serramento metallico può richiedere alcuni componenti di contorno realizzati in lamiera con funzione di raccordo o collegamento con le parti murarie. Tale problema si pone soprattutto quando si va a sostituire serramenti esistenti, per esempio di legno, con serramenti metallici ed in questo caso normalmente usati sono i serramenti di alluminio. Il serramentista ha la necessità di disporre di laminati metallici aventi caratteristiche di elevata lavorabilità dello stesso metallo impiegato per la finestra. Gli elementi da realizzare sono di forme molto varie, con molte piegature longitudinali a 90° o anche a 180°. Servono per coprire soglie, realizzare le spalle delle finestre, i davanzali, i cassonetti ecc.

Lo sviluppo del serramento di alluminio estruso ha portato una notevole richiesta di lamiere di leghe di alluminio preverniciate che ha orientato produttori più sensibili alle esigenze della clientela verso la creazione di una vera e propria gamma di prodotti riservati a questo impiego. Il primo punto da affrontare é stato il colore. La finestra di alluminio tradizionalmente offriva finiture anodizzate con colorazioni che andavano dal "naturale" silver a bronzi di diverse tonalità e più recentemente con l'elettrocolorazione a tinte molto scure. Comune a tutte queste finiture era l'aspetto metallico. La diffusione poi di questi colori non era uniforme sul territorio ma presentava caratteristiche locali obbligando il preverniciatore a disporne di una vasta gamma.
La vernice utilizzata inizialmente era a base di PVF (fluoro di polivinile) per le sue elevate caratteristiche di tenuta agli agenti atmosferici, di proprietà meccaniche e di aspetto assai simile alla ossidazione anodica alla quale doveva abbinarsi. Negli ultimi anni altre resine hanno sostituito il PVF, in particolare quella poliammidica, con le quali alcuni produttori di preverniciato, con formulazioni proprie o in esclusiva, fanno realizzare i prodotti vernicianti che più ritengono compatibili con la loro immagine di qualità.
Recentemente, a queste si sono aggiunte le vernici in polvere di tipo poliestere che, oltre al vantaggio di avere lo stesso aspetto superficiale dei profili estrusi, offrono anche la gamma di finiture speciali (tinte marezzate) che stanno avendo sempre più diffusione nel settore dei serramenti.
Oltre ai metallizzati negli ultimi anni si é assistito ad un continuo incremento dei serramenti di alluminio verniciato in molti colori. La tendenza del mercato é molto marcata, oggi più che mai in ascesa, sostenuta da una notevole offerta di aziende specializzate nella verniciatura dei profili come alternativa all'anodizzazione.
Le gamme dei colori delle lamiere preverniciate si sono perciò ampliate con i colori base a maggiore diffusione quali alcuni bianchi, rossi, verdi, utilizzando vernici che, per i produttori più qualificati, sono realizzate con le stesse resine dei metallizzati. Uno dei punti chiave per il successo di questi prodotti é la flessibilità del *film* di vernice perché le pieghe del materiale sono visibili molto da vicino e perché lo spessore del supporto é molto elevato (da 1,2 a 2 mm.), e non sempre é possibile, sia per ragioni architettoniche che pratiche, operare con ampi raggi di curvatura.
Il metallo di supporto utilizzato é solitamente una lega Alluminio-Manganese della serie 3000 con stato fisico H44, che unisce caratteristiche meccaniche abbastanza elevate ad una buona compattezza nella piegatura. Normalmente sono offerte lastre di larghezza mm. 1250 e 1500 e lunghezze varie. Tutti questi prodotti giungono all'utilizzatore già rivestiti con un film asportabile a strappo per proteggerli da ogni successiva manipolazione. La clientela molto frazionata poco si presta alle grosse commesse richieste normalmente dalle fabbriche di lamiera preverniciata rendendo necessaria perciò l'intermediazione di distributori che possono assicurare anche la rapidità delle consegne.
La promozione dell'alluminio preverniciato ai serramentisti richiede i prodotti giusti, al massimo livello qualitativo, ma soprattutto richiede un servizio continuo e molto differenziato non limitato alle forniture della sola lamiera.

Il produttore che per primo ha lanciato il preverniciato in questo mercato non ha esitato a organizzare una propria rete di Centri di Distribuzione specializzati arrivando ad offrire anche componenti già pressopiegati e prelavorati per facilitarne l'impiego.

I CONTROSOFFITTI

L'impiego di sistemi di controsoffittatura si é sviluppato nell'edilizia moderna con la necessità di assicurare agli ambienti adeguati valori di fonoassorbenza, limitati dall'impiego delle strutture in calcestruzzo, e di creare, all'intradosso delle solette, intercapedini atte a contenere gli ingombri degli impianti elettrici, di ventilazione e di condizionamento. Tra i molti materiali impiegati per la realizzazione dei controsoffitti, i metalli si sono rivelati quelli in grado di assicurare la maggior versatilità architettonica e, grazie alla loro leggerezza e resistenza, la semplificazione dei problemi di nervatura e di sospensione. La lamiera preverniciata, soprattutto quella in alluminio per le maggiori garanzie dimensionali e di forma, si é imposta anche in queste applicazioni sfruttando la maggior comodità di lavorazione e la sua economicità. Le lavorazioni alle quali viene sottoposta la lamiera o il nastro di alluminio preverniciato nella produzione di controsoffittature sono di tranciatura, stampaggio o di profilatura nel caso di elementi a pannello, la curvatura massima al quale viene sottoposta la lamiera può raggiungere 180° e gli spessori adottati sono di 0,5-0,8 mm. Le caratteristiche di fonoassorbenza sono generalmente ottenute mediante forature con rapporti vuoto/pieno diversi e con l'impiego di materassini di isolante. Per quanto riguarda la reazione al fuoco, i laminati di acciaio e di alluminio preverniciati impiegati per la realizzazione di elementi per controsoffitti, sono classificati come classe 0 (D.M. 14/1/85 G.U. 19/1/85 n° 16), in quanto si tratta di finiture superficiali di spessore non superiore a 0,6 mm su materiali non combustibili. La manutenzione dei soffitti metallici é particolarmente semplice ed economica per la facile smontabilità degli elementi che lo compongono.
La pulizia può essere effettuata saltuariamente con l'ausilio di normali prodotti detergenti. Secondo il tipo di elementi impiegati e di tipologia, i controsoffitti metallici vengono individuati come aperti e chiusi, con diverse destinazioni e funzioni, anche per quanto riguarda i sistemi di illuminazione.

I controsoffitti chiusi

Sono i controsoffitti attualmente più diffusi per la loro facile adattabilità a ogni ambientazione e per i costi di intervento estremamente competitivi. Per la loro facile manutenzione e per i requisiti funzionali sono impiegati in realizzazioni di edilizia civile di grandi dimensioni, centri commerciali, grandi magazzini, scuole, sale cinematografiche, banche, edifici industriali, esposizioni. Per la realizzazione di controsoffitti vengono utilizzate doghe del tipo a bordo arrontondato, del tipo a spigolo vivo e del tipo autoportante.
Le doghe a bordo arrotondato o a spigolo vivo sono utilizzate sia per la realizzazione di controsoffitti a scuretto aperto (e in questo caso vengono

corredate di appositi listelli di chiusura da fissare per aggancio alla traversina di sostegno o tra due doghe) sia di tipo a chiusura totale.
Queste doghe sono realizzate con alluminio preverniciato in coils dello spessore di 0,4÷0,6 millimetri, con superfici lisce o forate e lunghezze diverse in funzione del modulo richiesto, fino a un massimo normalmente di 6 metri. Il passo delle doghe è di 90/110 mm per il bordo arrotondato, e 150/200 mm per le altre. Il sistema di sospensione é costituito da un profilo portante a scomparsa in acciaio preverniciato, normalmente nero, e da pendini regolabili in tondino d'acciaio o da barre asolate rigide.
Ogni elemento modulare può essere rimosso, sganciando dalla struttura di sostegno, per permettere la completa accessibilità all'intercapedine e la manutenzione o controllo degli impianti in essa contenuti.
Il montaggio dei controsoffitti chiusi realizzati con doghe a bordo arrotondato avviene mediante fissaggio delle cornici perimetrali, formazione dell'orditura di sostegno con appositi profili posti al giusto interasse e sostenuti da una sospensione regolabile, aggancio a scatto delle doghe sull'orditura.
Con questo tipo di controsoffitto l'illuminazione può essere ottenuta con plafoniere a incasso totale dotate di schermo o doga tranciata a lamelle, faretti a incasso (sia di tipo fisso che orientabile), apposite canaline integrate nel controsoffitto. La coibentazione termoacustica viene ottenuta con la stesura al di sopra del controsoffitto di un materassino in lana minerale. Le cornici perimetrali per il completamento del controsoffitto sono realizzate in alluminio preverniciato con sezione a L, C o doppia L.
Le doghe autoportanti, impiegabili anche su campate molto ampie, differiscono dalle precedenti per il diverso passo (100/200 millimetri), per la diversa lunghezza massima ottenibile, che é di 2 metri e per il sistema di sospensione e aggancio, basato sull'impiego di profili con sezione a L, oltre che di pendini regolabili.
Il montaggio avviene con il fissaggio delle cornici perimetrali (disponibili con sezioni a L e doppia L), con la formazione di orditura di sostegno formata dai profili a C, posizionati al giusto interasse e sostenuti da una sospensione regolabile.
Le doghe vengono montate in appoggio perpendicolarmente ai profili e accostate tra loro a formare scuretti a passo costante in sovrapposizione. L'isolamento termoacustico, oltre che con la posa di materassini di lana minerale sopra le doghe, può essere ottenuto con materassini a misura da inserire nella sezione delle doghe stesse. In questo tipo di controsoffitti l'illuminazione può essere risolta con l'impiego di canaline apposite montate parallelamente all'andamento del controsoffitto o in senso ortogonale, o anche con plafoniere a incasso modulari dotate di schermo lamellare o a coppa. Oltre al soffitto a doghe, una tipologia molto comune di soffitto chiuso é rappresentata dal controsoffitto a pannelli metallici. Normalmente a forma quadrata (talvolta rettangolare), questi pannelli vengono prodotti nelle dimensioni di 600 x 600 mm partendo da lastre preverniciate di 650 x 650 mm negli spessori compresi fra 0,6 e 0,7 mm per l'alluminio e circa 1 o 2 decimi in meno per l'acciaio. L'orditura di so-

stegno é costituita da profili in acciaio sagomati a T sui quali appoggiano i bordi dei pannelli. Le apparecchiature di illuminazione vengono realizzate con gli stessi standard.
La coibentazione acustica può essere realizzata sia mediante foratura che con l'aggiunta di un materassino di materiale isolante.

I controsoffitti aperti
Il pregio di questo tipo di controsoffittatura é soprattutto quello di non sottrarre cubatura agli spazi nei quali vengono applicati, pur permettendo l'abbassamento del plafone.
Sono particolarmente indicati per interventi su intradossi attrezzati (impianti di condizionamento e illuminazione) con possibilità di frequenti manutenzioni e per l'impiego in spazi con rilevanti caratteristiche estetiche progettuali e di immagine. E proprio a queste caratteristiche rispondono i sistemi di controsoffittatura in alluminio preverniciato oggi disponibili e basati su tipologie lamellari, a listelli, a grigliati monolamellari, a grigliati premontati a spessore e con sistemi modulari a montaggio rigido.
Si tratta di controsoffitti prodotti su base modulare che non richiedono generalmente strutture di montaggio ma solo di tipo portante. In alcune recenti soluzioni sono state prese in considerazione strutture di montaggio standard per la messa in opera in appoggio a soluzioni miste.
Una reale innovazione é quella rappresentata dalla soluzione modulare montabile a scatto che oltre a eliminare le difficoltà legate al volume di trasporto a stivaggio dei materiali, é caratterizzata dal montaggio dagli stessi livelli modulari.

I LAMINATI METALLICI PREVERNICIATI NEGLI AVVOLGIBILI

L'impiego degli oscuranti avvolgibili, almeno in entità valutabili, risale agli inizi del '900.
L'affermazione sul mercato di questo manufatto era dovuta ai vantaggi economici che offriva rispetto alle chiusure a persiana, che richiedevano anche una maggiore quantità di legno, in quanto per ottenere l'oscurità nella stanza era necessario porre all'interno delle ante supplementari in legno pieno. L'avvolgibile s'inseriva in maniera più omogenea nella linea degli edifici di nuova progettazione e consentiva una manovra immediata ed agevole, senza doversi sporgere all'esterno.
Per queste ragioni, l'avvolgibile ha completamente sostituito le persiane, ed é stato applicato ovunque, salvo i casi più recenti in cui leggi sulla conservazione architettonica di una zona o di un particolare edificio non ne hanno consentito l'impiego.
Fino al dopoguerra questo manufatto era sempre costruito in legno: restavano però i problemi di frequente manutenzione e riverniciatura ogni 2/3 anni. Negli avvolgibili con venatura a vista, le riverniciature successive finivano tra l'altro per coprire questo pregio estetico essenziale.
Anche il peso costituiva un problema: per le grandi luci – che diventavano frequentissime – era inevitabile adottare un sistema di sollevamento con arganello.

Negli anni '50 si venne ad aggiungere, in questo campo, l'avvolgibile in plastica (PVC).
Economico e leggero, lasciava insoluti problemi di ordine estetico, quali la tenuta del colore e problemi tecnici, per la scarsa resistenza alle intemperie e per la fragilità meccanica. Il mercato richiedeva un tipo di oscurante avvolgibile che, oltre ad un migliore aspetto estetico, possedesse requisiti di assoluta inalterabilità dei colori, maggiore robustezza e durata, ininfiammabilità, massima scorrevolezza e minimi ingombri.
Un materiale nuovo che possedeva tutti i requisiti era il metallo preverniciato il cui impiego, specialmente per quei manufatti esposti agli agenti atmosferici, si andava sempre più affermando nel settore edilizio.
Il metallo di supporto impiegato può essere acciaio o una lega di alluminio con un'elevata resistenza meccanica. Il laminato, nello spessore desiderato (generalmente da 0,25 a 0,6 mm) viene tagliato in nastri della larghezza occorrente e profilato a freddo, ottenendo il profilo che, tagliato a misura ed assemblato, costituisce il telo della tapparella. A seconda del profilo impiegato, si hanno oggi in commercio due tipi di avvolgibili in alluminio: a profilo monoparete ed a profilo scatolato. Il profilo monoparete é essenzialmente un elemento in alluminio preverniciato da entrambi i lati, profilato secondo vari disegni e che, assemblato, costituisce pannelli avvolgibili ciechi od orientabili, che permettono di variare la penetrazione della luce.
Questo profilo viene utilizzato per ragioni di spazio o per soluzioni architettoniche particolari. Per esempio, in alcuni edifici ed in particolare nei rifacimenti, occorre rispettare una certa dimensione dei cassonetti destinati a contenere l'avvolgibile. Da qui la necessità di utilizzare un profilo "sottile" che, avvolto, occupi il minor spazio possibile.
Il profilo scatolato ha più consistenza; può essere applicato anche nelle luci più ampie, ha una maggiore coibenza termica ed un'ottima resistenza meccanica. Il sistema adottato per il collegamento degli elementi tra loro é normalmente ad inserimento di profili autoaggancianti, molto resistente all'uso. Negli avvolgibili scatolati in alluminio preverniciato viene utilizzata dai produttori la schiumatura della stecca con sostanze insonorizzanti e ignifughe quali poliuretano espanso, per ridurre, ad avvolgibile chiuso, i rumori provenienti dall'esterno oltre ad aumentare la rigidità della stecca stessa. L'avvolgibile con gli stessi criteri produttivi sopra menzionati può essere realizzato anche partendo da acciaio zincato preverniciato. I teli che se ne ricavano sono particolarmente robusti, conferiscono criteri di sicurezza alla chiusura rendendoli adatti soprattutto ove é possibile un tentativo di effrazione, per esempio al pianterreno di abitazioni.
Negli ultimi anni, il mercato degli avvolgibili in preverniciato é in continua espansione, perché, oltre alle ragioni già viste, si possono fornire tapparelle in una vasta gamma di colori particolarmente decorativi, anche metallizzati ed effetto legno. L'avvolgibile in preverniciato ha un costo iniziale un poco più elevato di quello in plastica ma ha una durata assai più lunga e senza alcuna manutenzione.

IL PREVERNICIATO NELLA GENERAL INDUSTRY

© Kisny - Fotolia

Grazie alle sue caratteristiche di economicità, flessibilità, ecologia e alle ottime qualità estetiche e prestazionali, l'acciaio e l'alluminio preverniciato trovano un impiego sempre più ampio nei più svariati comparti industriali. Fermo restando che l'impiego maggiore è riferito ai settori dell'architettura e dell'edilizia, come si evince dalle pagine precedenti di questo manuale, i laminati metallici preverniciati si stanno diffondendo anche in molti altri settori industriali, quali l'industria dell'imballaggio, dei trasporti, dell'elettrodomestico.
La tabella seguente mostra le quantità di acciaio e di alluminio preverniciati, utilizzate in settori diversi da quello edilizio dal 2005 al 2010

Steel	2005		2006		2007		2008		2009		2010	
	1.000m²	Ton	1.000m²	Ton	1.000m²	Ton	1.000m²	Ton	1.000m²	Ton	1.000m²	Ton
Transport	80566	333098	97224	439011	89623	405201	94845	417177	58663	257404	72977	313684
Domestic Appliances	86652	363493	78433	331701	87351	373198	86591	372470	67870	283732	72301	299443
Packaging	1652	5908	2886	11050	1759	6893	1534	6114	591	2570	1250	5413
Total	1141328	5135851	1246622	5726179	1290205	5960580	1274175	5823633	972393	4417353	1040061	4731911

Aluminium	2005		2006		2007		2008		2009		2010	
	1.000m²	Ton	1.000m²	Ton	1.000m²	Ton	1.000m²	Ton	1.000m²	Ton	1.000m²	Ton
Transport	21708	37644	22001	41005	23895	47509	20237	42574	14016	27469	19496	37131
Domestic Appliances	1544	3438	2018	4612	4209	7827	3115	6718	1752	3492	2172	4022
Packaging	4250	8227	2459	5086	144	224	67	244	14	26	118	363
Total	224327	331850	257916	391227	282586	437987	258943	402799	214473	332136	250057	369985

Fonte: Ecca

INDUSTRIA DELL'IMBALLAGGIO

I nastri metallici preverniciati possiedono enormi possibilità d'impiego nell'industria dell'imballaggio metallico.
Stando agli ultimi dati ufficiali disponibili (rilevazioni 2009, Pira) il mercato globale degli imballaggi vale, a livello mondiale, 440 miliardi di dollari: il 16% circa (70 miliardi di euro) del totale va ascritto agli imballaggi metallici (banda stagnata + alluminio) e presenta un trend di sviluppo dell'1,3-1,5% medio annuo. Il 25% viene prodotto nell'UE. Nel 2009, la produzione globale europea è stata di circa 3.680.000 t, di cui l'88% in acciaio (banda stagnata) e il 12% in alluminio. Nel 2009 l'Italia ha espresso una produzione di 898.600 t, pari al 24% circa del mercato europeo, collocandosi tra i primi posti. Dal 2000 al 2007, il settore degli imballaggi di acciaio ha evidenziato una sostanziale stabilità produttiva

(con riferimento alle tonnellate prodotte)[1]. Il 50% del consumo di acciaio per contenitori nell'Unione Europea è riservato al settore delle conserve alimentari; seguono i contenitori per "*general line*" (18%), lattine per bevande (15%), chiusure e bombolette per aerosol (resto).
Parimenti é molto elevato il consumo di alluminio, escludendo dal computo l'enorme mercato dell'alluminio sottile (*foil*) che tradizionalmente esula dal discorso del *coil coating*.

IMBALLAGGI METALLICI IN ACCIAIO

I materiali impiegati normalmente sono: banda stagnata, acciaio senza stagno (TFS) con differenti tipi di rivestimento e differenti composizioni di acciaio, e lamierino nero. Sono utilizzate varie tecniche di fabbricazione. Per i contenitori in tre pezzi (corpo, fondo e coperchio), si utilizza la saldatura dei componenti mediante processo "Soudronic", o la saldatura a stagno-piombo, oppure un'aggraffatura seguita da sigillatura.
Per i contenitori in due pezzi, prodotti in varie versioni secondo DXI, DRD, ecc., le sagome sono molto varie, così come i rivestimenti interni protettivi (in funzione del contenuto) e la decorazione esterna.
Oltre alla complessa diversificazione tecnologica della fabbricazione e alla necessità di diverse qualità di rivestimenti protettivi interni, bisogna sottolineare che un fattore fondamentale é la scelta del tipo più adatto di metallo base per la fabbricazione del contenitore.
Tradizionalmente, il metallo base é una lamiera in acciaio stagnato elettroliticamente, che comprende:
- un supporto in acciaio;
- uno strato di stagno depositato per via elettrolitica;
- una lega ferro-stagno interfacciata ottenuta per fusione dello stagno elettrodeposto.

La "lamiera stagnata" comprende, quindi, una famiglia di prodotti con diversi spessori di rivestimento di Sn a seconda della potenziale aggressività del contenuto con il quale verrà in contatto. Negli ultimi anni, tuttavia, si é registrato un aumento della domanda di lamiera con rivestimenti organici di resistenza sempre crescente su strati sempre più sottili di stagno.
Si può anche dire che lo Sn - sul quale l'applicazione di uno strato organico é diventata inevitabile - serve ora soprattutto come una temporanea, e in realtà costosa, protezione per il supporto d'acciaio del contenitore.
L'industria dell'acciaio, sempre attenta alle variazioni della domanda del mercato, ha risposto impegnando linee di elettrodeposizione dello Sn per fabbricare prodotti - erroneamente definiti lamiera stagnata - commercializzati sotto i nomi di ATP, Imcron. ecc., e materiali come il TFS, il più noto dei quali é il tipo al cromo.
Questa é una chiara dimostrazione del *trend* al quale abbiamo appena accennato, che comporta l'uso di sottili rivestimenti metallici in grado di assicurare alla base di acciaio una temporanea protezione contro la corrosione.

[1] *Plinio Iascone, Istituto Italiano Imballaggio*

Questi materiali, tuttavia, non costituiscono di per sé prodotti finiti per l'imballaggio: richiedono un'ulteriore protezione organica per raggiungere la voluta resistenza al contenuto destinato al futuro recipiente.

Il lamierino nero

L'industria del *coil coating* ha dedicato a questo materiale un notevole sforzo di Ricerca e Sviluppo, con il risultato di realizzare un prodotto assai interessante come materiale preverniciato per imballaggio.
Il lamierino nero é, per definizione, lamiera d'acciaio molto sottile (generalmente con uno spessore inferiore a 0,49 mm). É prodotto in fogli o strisce, senza grassatura preventiva o altri trattamenti similari. La verniciatura del lamierino nero per imballaggio viene tradizionalmente fatta su linee simili a quelle impiegate per la cosiddetta litolatta. Poiché su questi impianti é impossibile eseguire qualsiasi pretrattamento o pulizia della superficie dell'acciaio, ne risulta che residue particelle di carbonio, macchie di olio, tracce di sporcizia o di ossidazione vengono ad interporsi tra l'acciaio e la vernice e, poiché la qualità della verniciatura dipende dalla qualità e quantità dei contaminanti presenti, non é difficile comprendere perché il lamierino nero verniciato viene tra gli ultimi tra i materiali metallici per imballaggio, in termini di qualità. Chiaramente questa cattiva reputazione é la conseguenza delle tecnologie attualmente utilizzate per trasformarlo in un supporto adatto.
Ciò porta a considerare anche il lavoro di ricerca portato avanti nel settore dei materiali alternativi prodotti mediante rivestimento continuo con *coil coating*, che é sorprendentemente diventato il sistema più largamente adottato. L'industria del *coil coating* é riuscita a mettere a punto il materiale e a determinare dei cicli di preverniciatura e dei sistemi per specifiche applicazioni finali. Il materiale che ha ricevuto questo trattamento viene denominato preverniciato, e va messo in evidenza che sono stati raggiunti ottimi livelli di qualità in prove di confronto tendenti a definire la formabilità, la resistenza alla corrosione, la resistenza alla sterilizzazione, l'adattabilità alla successiva decorazione con diversi sistemi quali litografia e serigrafia, nonché la compatibilità con vari tipi di inchiostri. Soprattutto, grazie alla tecnologia del *coil coating*, é stato possibile raggiungere livelli di continuità di rendimento e un'affidabilità del prodotto senza le quali questo materiale non avrebbe mai potuto essere utilizzato su scala industriale. Ciò vale in particolare per un settore come quello dell'imballaggio metallico, dove la competitività dipende dalla produttività, che a sua volta dipende dagli elevati livelli di automazione e dalla velocità del processo.
Gli esempi delle possibili applicazioni sono numerosissimi: contenitori per oli minerali e vegetali, secchielli per vernici e per imballaggi tecnici, filtri aria, tappi corona, contenitori per spray, coperchi e fondi secchi, ecc..
Vi é quindi un grosso mercato potenziale per il preverniciato, nonostante la complessità e la difficoltà proprie della tecnologia dell'imballaggio metallico alla quale si é precedentemente accennato.
La soluzione del problema é legata alla capacità dell'industria di aumen-

tare le sue cognizioni tecnologiche. Il nuovo lamierino nero preverniciato presenta tutte le caratteristiche per trovare un suo spazio fra i materiali per imballaggio e rappresenta una vera e propria sfida tecnologica: quella della preverniciatura contro la decorazione tradizionale del metallo.
In breve, mentre il *coil coating* consente di sfruttare come supporto il lamierino nero come materiale meno costoso della lamiera stagnata, dell'ATP e dell'acciaio al cromo senza zinco, il processo di decorazione del metallo é ancora, nel complesso, in grado di fornire un prodotto finale meno costoso. Naturalmente bisogna tener conto del fatto che i costi stanno aumentando più rapidamente per i processi di decorazione che per il *coil coating*:

- più alto é il numero dei rivestimenti di vernice, maggiori sono le economie nei processi di *coil coating*, mentre é esattamente l'opposto con i processi di decorazione;
- il *coil coating* é un processo continuo su nastro, mentre la decorazione é un processo non continuo che opera sui fogli di lamiera determina importanti aumenti di produttività.

Questo delicato equilibrio si traduce in molti casi in situazioni estremamente favorevoli per il prodotto preverniciato, come nel caso di linee di verniciatura sul *coil* in grado di operare a velocità di 200 m/minuto. In effetti, i materiali preverniciati hanno rapidamente trovato pratiche applicazioni industriali, guadagnando terreno nel campo degli imballaggi metallici con base in acciaio, a diretto confronto con altri materiali. Negli anni '90, nel settore dell'imballaggio servito dal preverniciato prodotto in *coil coating* sono stati messi a punto supporti metallici con coperture sia elettrozincate che zincate a caldo, al fine di sopperire alla scarsa resistenza alla corrosione della banda stagnata, TFS e lamierino nero. Il settore dell'imballaggio servito da questi nuovi preverniciati é quello degli accessori che non entrano in contatto con l'alimento, come le chiavette per l'apertura dei coperchi *easy open*.

IMBALLAGGI METALLICI IN ALLUMINIO

Il mercato degli imballaggi in alluminio per bevande gassate, inizialmente coperto dalla produzione di contenitori in tre pezzi (fondo, metallo, coperchio), é ora appannaggio dei contenitori in due pezzi ottenuti per imbutitura profonda (corpo e coperchio).
In questo particolare settore l'alluminio rappresenta in Italia circa il 75% del mercato, ma sfiora quasi il 100% del mercato dei coperchi. Il corpo della lattina per bevande é di norma ottenuto utilizzando laminati in lega della famiglia 3000, in spessori da 0,25 a 0,33 mm. Per i coperchi si utilizzano leghe al magnesio di medio titolo (2,3%) in spessori variabili da 0,25 a 0,30 mm in nastri di larghezza da 130 a 140 mm. L'anello a strappo dei coperchi *easy open* é ottenuto utilizzando leghe al magnesio di alto titolo (4,5%) in spessori di circa mm 0,40. È appunto alla produzione dei coperchi che il *coil coating* ha dedicato particolare attenzione. La maggior parte dei coperchi infatti vengono oggi ottenuti da nastro di allu-

minio preverniciato. Per dare un'idea dell'importanza di questo mercato, solamente i coperchi per i contenitori di bevande gassate (le cosiddette lattine) può assorbire in Italia circa 5/6 milioni di mq di alluminio preverniciato all'anno, impegnando cioè una linea di verniciatura in continuo che lavori a una velocità media di 100 metri al minuto per circa due mesi. Sempre parlando dei coperchi, non va dimenticato l'enorme mercato dei coperchi con apertura a strappo (*easy open*) utilizzati nell'industria alimentare, in particolare per spalmabili, caffé, ecc., anch'essi fabbricati o perlomeno fabbricabili con nastro di alluminio preverniciato. Possiamo stimare che attualmente l'impiego di nastro di alluminio preverniciato nella fabbricazione dei coperchi si aggiri attorno al 40-50% del totale. Un altro campo di utilizzo molto importante del nastro di alluminio preverniciato sono le scatole per la conservazione di pesce. Si tratta di laminati di spessore 0,2÷0,4 mm in lega di alluminio-magnesio verniciati con lacche alimentari trasparenti o bianche.

INDUSTRIA DEGLI ELETTRODOMESTICI

L'industria italiana degli elettrodomestici, sviluppatasi negli anni '50, ha rapidamente raggiunto un livello tale da essere considerata *leader* in Europa, un primato eroso dalla delocalizzazione prima, e dalla crisi economica degli anni 2008-2012, poi. L'elettrodomestico, con i suoi 130 mila addetti tra diretti e indiretti, è il settore manifatturiero più importante d'Italia dopo l'*automotive*. Secondo i dati dell'Osservatorio strategico Ceced Italia 2012 (l'associazione che riunisce oltre 100 produttori di elettrodomestici), solo in Italia dai 30 milioni di pezzi del 2002, la produzione di frigoriferi, lavatrici, lavastoviglie, forni e piani cottura è crollata a 15 milioni. Dal 2000 l'Italia non è più centro privilegiato di produzione del "bianco" ossia dell'elettrodomestico. Il calo dei volumi è stato costante e continuo: secondo i dati Fiom nel settore della refrigerazione si è passati dai 10 milioni di pezzi del 2002 ai 3 milioni del 2011; per le lavatrici dagli 8,6 milioni di pezzi del 2007 ai 4,5 milioni nel 2011. Dimezzati anche i volumi delle lavastoviglie: erano 3 milioni nel 2007, sono diventate 1,5 milioni nel 2011. Minore il calo registrato per piani cottura e forni: da 9,5 milioni a 7,5.
Il laminato preverniciato é stato introdotto sull'industria degli elettrodomestici verso la metà degli anni '60, quando in Italia s'iniziò a realizzare con alluminio preverniciato le celle dei frigoriferi e dei congelatori con scambiatore di calore a fascio tubiero posto nell'intercapedine della cella stessa, con vantaggi di elasticità di produzione di scambio termico e di volume disponibile per l'utilizzatore finale.
Quest'applicazione era resa possibile dalla messa a punto di speciali vernici che, oltre a elevate caratteristiche estetiche e protettive, resistevano alle abrasioni ed erano adatte all'uso alimentare. L'acciaio preverniciato e plastificato, sia supporto di lamiera nera sia elettrozincata o zincata a caldo, é gradatamente entrato nell'uso comune in particolare per le realizzazioni di porte e mantelli esterni di diversi tipi di elettrodomestici tanto che, dal lavaggio al freddo, dalla cottura al condizionamento, é diventato pressoché insostituibile per i vantaggi che comporta per i suoi utilizzatori.

VANTAGGI DEI LAMINATI METALLICI PREVERNICIATI

Il crescente interesse verso l'adozione dei laminati metallici preverniciati é riassumibile nel fatto che il loro impiego consente un abbattimento di molte voci di costo, a tutto vantaggio della competitività sul mercato dei manufatti finiti.

I principali vantaggi che derivano da un utilizzo di preverniciato sono:

- **Nessun pretrattamento, nessuna unità di verniciatura;**
- **Nessun problema ecologico nelle unità operative**, come trattamento di acque reflue e inquinamento aria;
- **Migliore qualità del prodotto:** la preverniciatura in continuo di laminati metallici assicura all'utilizzatore un prodotto costante nella qualità, non ottenibile con altri sistemi di verniciatura, in particolare per quanto riguarda l'uniformità degli spessori e, di conseguenza, della tonalità di colore, l'efficienza della pellicola protettiva garantisce la protezione delle superfici durante la lavorazione.
- **Maggiore flessibilità della produzione:** con l'uso del preverniciato si aumenta la flessibilità: infatti, una catena di montaggio che utilizzi il preverniciato può, in qualsiasi momento, cambiare produzione o combinare differenti colori sullo stesso modello.
- **Possibilità di diversificazione produttiva:** con il preverniciato é possibile realizzare più linee di prodotto, con l'elasticità indispensabile per la diversificazione sul mercato, superando il problema degli impianti di verniciatura che sono predisposti per il trattamento dei vari supporti in maniera fissa.
- **Minor consumo di energia:** la verniciatura col sistema *coil coating* consente notevoli risparmi di energia sul costo per unità di superficie verniciata.
- **Minore investimento in attrezzature e impianti:** per sottostare alle giuste regolamentazioni, attuali e future, a protezione dell'ambiente dall'inquinamento atmosferico e idrico, oltre al costo dell'impianto di pretrattamento e verniciatura devono essere considerati i costi derivanti da impianti di depurazione delle acque di scarico dei fiumi. L'impiego del preverniciato libera totalmente il produttore dai problemi dell'inquinamento e dai costi conseguenti.
- **Migliore utilizzo della manodopera:** la verniciatura tradizionale richiede, per ottenere risultati positivi, personale altamente qualificato e particolari controlli, oltre a dover garantire sicurezza e ambiente di lavoro idoneo. Un diverso utilizzo di questo personale, oltre che da un punto di vista sociale, porta evidenti vantaggi allo stesso fabbricante di elettrodomestici che può inserirlo direttamente nel processo produttivo.
- **Maggior spazio disponibile per la produzione:** l'adozione del preverniciato, oltre allo spazio che sarebbe occupato dall'impianto di verniciatura, elimina anche quello richiesto per lo stoccaggio dei prodotti vernicianti e di altri prodotti ausiliari necessari.
- **Impiego di materiali puliti dal punto di vista dell'ecologia**

I LAMINATI PREVERNICIATI NEI PRINCIPALI ELETTRODOMESTICI

Ecco i requisiti di base che deve avere un laminato metallico preverniciato o prerivestito per un buon utilizzo nell'industria degli elettrodomestici:
- ottimizzazione delle proprietà chimico-fisiche, per ottenere i valori appropriati di flessibilità, durezza e resistenza alle sostanze chimiche;
- aspetto lucido, ben disteso, esente da difetti;
- elevata durezza della superficie (resistenza al graffio e al *metal-marking*) per evitare qualsiasi danno durante la lavorazione: profilatura, goffratura, imbutitura e altre lavorazioni e manipolazioni delle lamiere;
- elevata resistenza alle macchie da sostanze alimentari. Il materiale deve anche essere idoneo al contatto con gli alimenti, senza alcuna possibile alterazione delle proprietà organolettiche (gusto, aroma, ecc.) degli alimenti stessi;
- schiuma-repellenza ai poliuretanici utilizzati per l'isolamento interno di frigoriferi e congelatori: nel caso la schiuma venga a contatto con l'involucro esterno, deve essere facilmente asportabile;
- il materiale deve essere idoneo alle deformazioni meccaniche e allo stampaggio profondo, senza *cracking* né perdita di brillantezza (lavatrici);
- resistenza ai detersivi (lavastoviglie, lavatrici);
- resistenza alle alte temperature (apparecchi di cottura).

Alluminio preverniciato

L'impiego dell'alluminio preverniciato é principalmente diffuso nel settore del freddo, che è tuttora una notevole parte della produzione globale italiana. I prodotti più usati per questo scopo sono il preverniciato bianco e il preverniciato goffrato trasparente, che evidenzia l'aspetto metallico del supporto rispondendo soprattutto alle esigenze estetiche del prodotto finale.
Le caratteristiche principali del laminato di alluminio preverniciato utilizzato per la fabbricazione delle celle sono le seguenti:
- *supporto*: laminato di alluminio titolo 1050 o in lega Serie 3000 in spessore da 0,30 mm a 0,6 mm;
- *caratteristiche meccaniche*: buona piegabilità unita a buona resistenza meccanica del supporto; durezza superficiale elevata unita a buona flessibilità della vernice;
- *caratteristiche di resistenza specifiche*: resistenza alla nebbia salina non acidificata 1.000 ore, resistenza all'umidostato 1.000 ore;
- *altre caratteristiche*: resistenza alle macchie da alimenti, resistenza alla corrosione da detersivi comuni, ottima adesione del retro alle schiume poliuretaniche.

Acciaio preverniciato e prerivestito

Occorre distinguere i tre settori principali di utilizzo: freddo, lavaggio e cottura. I diversi impieghi ed esigenze propongono il seguente schema:

	FREDDO	LAVAGGIO	COTTURA
Supporto	Acciaio laminato a freddo Acciaio zincato elettrolitico	Acciaio zincato per immersione a caldo	Acciaio laminato a freddo Acciaio zincato per immersione a caldo
Caratteristiche meccaniche	Alta flessibilità	Alta flessibilità	Flessibilità (stampaggio)
Caratteristiche di resistenza specifiche	Nebbia salina	Detersivi	Sovracottura (non ingiallimento)
Altre	Resistenza alle macchie da alimenti	Resistenza alle macchie da alimenti	Resistenza alle macchie da alimenti

TIPI DI RIVESTIMENTO

I principali tipi di rivestimento applicati su laminati di acciaio disponibili sul mercato per realizzare parti di elettrodomestici bianchi sono i seguenti:

Preverniciatura

A base di resine poliesteri o poliuretaniche applicate sopra una mano di *primer*. Presenta buone proprietà generali, (piegatura 1-2 T, durezza F/H, resistenza chimica buona), brillantezza circa 90 gloss, superficie liscia o strutturata.

Plastificazione

Un *film* di PVC, spessore 100/120 micron, viene applicato su una mano di *primer* con un adesivo idoneo. Il *film* di PVC viene verniciato con vernice acrilica trasparente spessore 2/3 micron. Presenta una combinazione molto buona fra durezza e flessibilità (piegatura 0 T, durezza 2-3 H), resistente al graffio, ha una lavorabilità molto buona anche in caso di stampaggio. Adatto per lavatrici e lavastoviglie. Lo stesso prodotto può essere realizzato con un *film* di PVC verniciato con vernici poliesteri al posto di vernici acriliche. Presenta una brillantezza ancora più elevata (sopra 100 gloss), un'eccellente resistenza alle macchie ed é molto facile da pulire.

Colaminazione

Introdotto sul mercato negli ultimi anni, é un processo di plastificazione derivato dal precedente, composto da una mano di *primer*, adesivo e da un *film* di PVC specialmente trattato. Viene colaminato con un altro di poliestere trasparente. Presenta eccellenti caratteristiche estetiche e di brillantezza, eccellente flessibilità e durezza, ottima lavorabilità (adatto anche per profondo stampaggio perché non si altera in modo significativo la brillantezza).

Tendenze future
Fino a qualche anno fa la quantità maggiore di prevernciato per elettrodomestici era riservata al settore del freddo (frigoriferi e congelatori). La ragione di questo stava nel fatto che sia il settore lavaggio che quello di cottura richiedevano speciali proprietà tecniche e progettuali che, per difficoltà costruttive e di assemblaggio o per mancanza di vernici e sistemi di verniciatura in grado di garantire le qualità idonee rispetto agli *standard* richiesti, non avevano permesso al preverniciato uno sviluppo generalizzato. Il sistema di rivestimento, infatti, doveva combinare un'altissima flessibilità (per lo stampaggio profondo) con buone proprietà chimiche (resistenza ai detersivi) e di durezza.
Negli ultimi anni l'impiego di speciali *primer* saldabili, lo studio di nuovi *design* e il progresso di tecniche di giunzione alternative alla saldatura (accoppiamento con rivetti o con nuovi e più sicuri adesivi chimici) hanno aumentato l'utilizzo di preverniciato e prerivestito nel settore degli umidi (lavatrici e lavastoviglie), poiché i problemi relativi alla combinazione di durezza-flessibilità-resistenza chimica sono stati risolti.
Allo stesso modo, nel settore cottura, i nuovi metalli preverniciati presentano buona resistenza alle alte temperature (sino a 110-120 °C) e una considerevole facilità di pulizia dalle macchie di sostanze alimentari.
Negli ultimi anni gli utilizzatori finali hanno mostrato una tendenza verso i prodotti ad altissima brillantezza che il lancio di frigoriferi di nuovo modello, con porte arrotondate e colori metallizzati, ha accentuato: i produttori che utilizzano la post-verniciatura iniziano a trovare sempre più interessante la possibilità di acquistare lamiere colorate.
Ne consegue che la domanda di metallo preverniciato nell'industria dell'elettrodomestico è cambiata molto negli ultimi 30 anni. Il mercato europeo per il preverniciato utilizzato nel settore degli elettrodomestici è attualmente di circa 90 milioni di m^2 l'anno. L'aumento dell'impiego del preverniciato sta impattando in modo considerevole sul mercato della post-verniciatura, soprattutto quella a polveri utilizzata in modo estensivo dai produttori di elettrodomestici.

I LAMINATI METALLICI PREVERNICIATI NEI TRASPORTI

I laminati metallici preverniciati hanno avuto nel settore dei trasporti un utilizzo sempre crescente e svariato. Le prime applicazioni nelle *roulotte* risalgono agli anni '60, dove vennero sostituiti materiali quali legno, materiali plastici e fibre di vetro con laminati metallici preverniciati, nella fattispecie alluminio.
Le qualità proprie dell'alluminio preverniciato, come basso peso specifico, facilità di lavorazione, resistenza alla corrosione, possibilità di avere diverse soluzioni decorative nonché la sua economicità, hanno fatto sì che il preverniciato consolidasse la sua posizione in questo settore ampliando il suo impiego ad altri prodotti:
- autoveicoli;
- *container;*

- furgonature di veicoli industriali commerciali;
- furgoni isotermici;
- rivestimenti interni di carrozze ferroviarie e metropolitane, autovetture, carri merci, autobus, filobus, mezzi navali ed aerei;
- strumenti di bordo.

CARAVAN - AUTOCARAVAN - MOTORHOME

I primi *caravan* nascono in America nel dopoguerra, quando lo sviluppo della motorizzazione e grandi spazi da percorrere richiedono un mezzo su ruote confortevole e pratico. L'Europa segue a ruota negli anni '50, primi fra tutti i Paesi nordici. In Italia la motorizzazione subisce un enorme sviluppo negli anni del *boom* economico e la *roulotte* ne segue il destino, anche se più lentamente.
Per affrontare la sempre crescente domanda occorreva:
- soddisfare il desiderio dell'acquirente fornendogli un mezzo leggero, quindi facilmente trainabile;
- migliorare decisamente l'aspetto interno ed esterno;
- adottare un ciclo produttivo più semplice e razionale, in modo da diminuire i costi.

L'esigenza del mercato dovuta al continuo rinnovamento del prodotto e alla competitività tra le aziende produttrici, ha fatto sì che l'estetica del mezzo assumesse sempre più contenuti stilistici. Il rivestimento metallico, adeguandosi alla situazione, é così passato da alluminio preverniciato a tinta unita ad alluminio preverniciato di più colori (decorato). L'alluminio preverniciato viene utilizzato per l'intero rivestimento del mezzo con larghezza di nastri oltre 2.000 mm per il tetto, e con nastri fino a 1.250 mm per fiancate e testate. Gli spessori variano da 0,5 a 0,7 mm.

FURGONATURE

Le furgonature per veicoli commerciali e industriali vengono costruite ormai da diversi anni in laminato di alluminio e acciaio preverniciato: in questo modo offrono grandi capacità volumetriche di carico senza penalizzare il veicolo con una tara eccessiva. Per semplificare il ciclo produttivo alle carrozzerie, sono stati studiati dei *kit* di montaggio formati da pareti laterali, tetto e parte posteriore in laminato preverniciato lucido, con una leggera nervatura orizzontale. La vernice utilizzata permette ogni tipo di decorazione, scritte e disegni pubblicitari.

AUTOVEICOLI

Le case produttrici di automobili sono costantemente alla ricerca di nuove tecnologie e di nuovi materiali. Ciò per rispondere a due esigenze primarie:
- alleggerimento dei veicoli ai fini di un maggior risparmio energetico;
- miglioramento della resistenza alla corrosione, sia cosmetica che perforante.

Alleggerimento dei veicoli - Impiego dell'alluminio preverniciato
Negli ultimi anni il peso delle autovetture, a parità di dimensione, si é sensibilmente ridotto. Maggiore leggerezza significa prestazioni migliori, minori consumi, ma significa anche risparmio energetico nelle varie fasi di trasformazione dalla materia prima al prodotto finito. Nel contempo, nuove tecniche di progettazione, nonché progressi nei materiali di base, hanno reso possibile costruzioni più leggere senza sacrificare la robustezza strutturale e, quindi, la sicurezza. La base del veicolo continua a essere l'acciaio, in particolare la lamiera per il rivestimento della carrozzeria, ma l'acciaio tradizionale al carbonio sta progressivamente cedendo il passo a quello detto ad alta resistenza, che pesa il 7% in meno. Inoltre s'intravede sempre più chiaramente la presenza di altri materiali quali i cosiddetti "compositi" e l'alluminio. L'obiettivo di ridurre il peso delle vetture e aumentare ancor più la resistenza alla corrosione, ha fatto si che l'alluminio sia stato preso in considerazione quale materiale per la produzione della carrozzeria e di altre parti delle automobili, in particolare nel caso di alcuni modelli collocati nelle fasce di prezzo medio alta e alta.
Cofani, tetti, portiere, parafanghi, ecc. di alcuni modelli fanno largo uso di alluminio pre-primerizzato con *primer* zincante il quale, oltre ad esaltarne la resistenza alla corrosione, ha anche la funzione di lubrificante secco, per evitare rotture dei pezzi durante lo stampaggio e per ridurre gli effetti del *powdering*, un inconveniente derivante dall'accumulo di polverino metallico che produce danni notevoli sia agli stampi sia ai pezzi stampati. In taluni casi i *coil* di alluminio vengono rivestiti con un *film* di vernice trasparente che agisce specificatamente da lubrificante secco. Tale *film* può essere di tipo permanente o removibile con bagni alcalini e ha essenzialmente la funzione di aumentare la stampabilità dei fogli metallici. I risultati raggiunti sono stati notevoli al punto che il potere lubrificante di tali *film* é anche superiore a quello degli oli tradizionalmente usati. Il lubrificante secco consente oltretutto di minimizzare il *powdering*.

Miglioramento della resistenza alla corrosione
La ricerca, da parte di tutti i produttori di autoveicoli, per il conseguimento di una maggiore resistenza sia alla corrosione cosmetica, che inizia dalla superficie esterna verniciata in seguito a piccoli urti, graffi, azione abrasiva da parte di sassi o sabbia, sia dalla corrosione perforante, che si origina invece all'interno della carrozzeria, e che porta gradualmente alla perforazione della lamiera visibile dall'esterno, sta orientando i produttori all'impiego sempre maggiore di acciai prerivestiti.
Allo stato attuale delle conoscenze, le lamiere preverniciate o preprimerizzate sono impiegabili immediatamente solo su parti che non richiedono punti di saldatura e su parti che già sono assemblate per incollaggio. Se viceversa saranno risolti i problemi di assemblaggio e di processabilità, gran parte degli elementi della scocca potranno essere realizzati in lamiera preprimerizzate, in particolare il pianale della scocca, elementi di rinforzo sia del telaio che delle parti mobili, ossature del cofano e baule, pannelli, porte e passaruote.

ALTRI SETTORI

L'impiego dei laminati metallici preverniciati si é rapidamente esteso nei settori più diversi. Questo continuo incremento é soprattutto dovuto alla formulazione di nuove vernici e a nuovi cicli produttivi nel processo *coil coating*. Oggi é normale usare il preverniciato per fabbricare oggetti realizzati con lavorazioni particolari, come ad esempio l'imbutitura o profilature assai complesse senza problemi. Recentemente i laminati metallici preverniciati sono utilizzati anche nel settore dei componenti dell'arredo: dai componenti per sedie, tavoli e cucine agli articoli più svariati, dalle librerie alle poltrone, dai letti ai divani, agli appendiabiti, alle lampade. Tutto ciò é stato possibile grazie alle caratteristiche dei laminati metallici preverniciati che garantiscono un materiale di qualità, controllato all'origine con una finitura omogenea nel colore. Inoltre offrono caratteristiche estetiche, di durata e di resistenza agli urti e alle abrasioni che altri materiali non possono presentare simultaneamente a livelli così elevati. Qui di seguito si riporta un elenco significativo di impieghi realizzati in USA, Europa ed in parte anche in Italia.

- Veicoli ferroviari
- Veicoli stradali
- Natanti per navigazione fluviale e marittima
- Aerei
- Contenitori
- Impianti di riscaldamento, di aerazione e altre installazioni tecniche
- Ascensori, montacarichi e apparecchi dl trasporto interni
- Prodotti dl ottica
- Costruzione dl macchine
- Strumenti musicali, giochi, articoli sportivi e da viaggio
- Recipienti
- Distribuzione elettrica
- Costruzione dl apparecchiature
- Utensileria domestica
- Chincaglieria
- Cartelli di segnalazione e indicazione - quadranti
- Prodotti di meccanica fine
- Apparecchi elettronici.

THE CULTURE OF PREPAINTED METAL

© ECCA-European Coil Coating Association

THE BASICS OF COIL COATING

The definition of a coil coating process according to EN 10169:2010 is: '*A method in which an organic coating material is applied on rolled metal strip in a continuous process. This process includes cleaning if necessary and chemical pre-treatment of the metal surface and either one side or two side, single or multiple application of (liquid) paints or coating powders which are subsequently cured or laminated with plastic films*.'
The substrate is normally either steel or aluminium, although other metals can be coil-coated too. In the case of steel, it is usually cold-reduced and very often with a zinc or zinc alloy metallic coating to provide galvanic corrosion protection. About 95% of the organic coatings are paints with 5% being plastic films, laminated to the surface.
The output of the coil coating industry is a coated metal strip. This has numerous applications in various industries, including:

- in the construction industry for both indoor and outdoor applications;
- the automotive and transport industries;
- in the production of white goods including washing machines;
- cabinets for electronic goods;
- office furniture;
- lighting envelopes;
- bakeware.

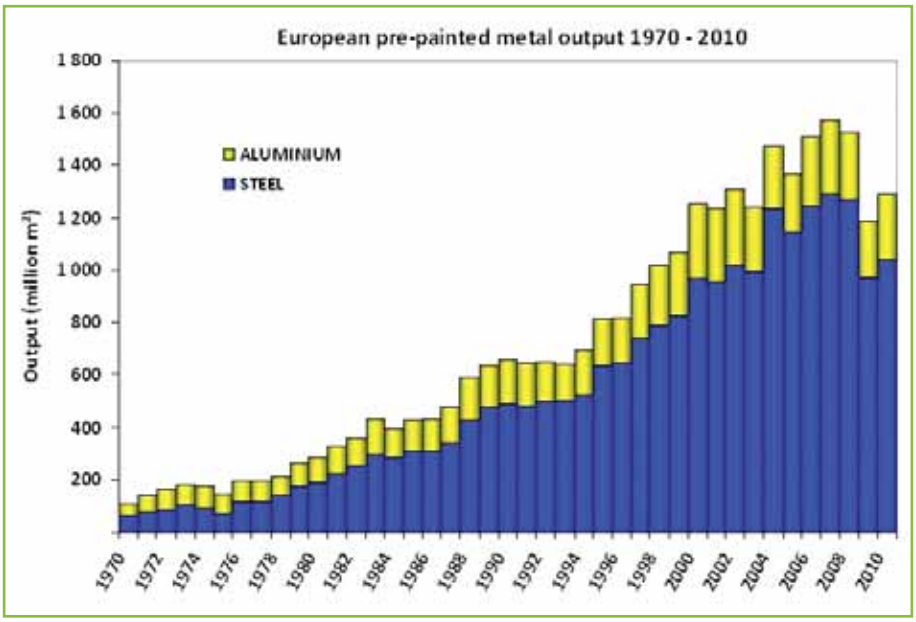
The coated surface can have a wide range of colours, gloss levels and surface textures. What dictates the choice of coating is the end use of the finished product. The user may require non-stick properties, great flexibility or high chemical resistance. Modern developments have provided many new coating types to meet the increasing demands of users.
Coated coil can be slit for narrow widths, cut to required lengths, bent, profiled or deep drawn, without damaging the organic coating. It can be processed into any number of shapes, depending on the end use.

THE EUROPEAN COIL COATING MARKET

Organic coil coating processes have been in existence for more than 50 years. They have developed from providing a limited range of coated products to a more varied range developed for specific end uses. In this time, coating lines have become larger and faster. Over the years, coil coating has become the most efficient method of coating metal allowing end users to remove this process from their plants, with cost as well as quality benefits. Prepainted metal is continuing to grow in use and the future competitiveness of coil coating within Europe is based on the following drivers:

- product quality and differentiation
- cost and line versatility
- environmental compliance.

Over the last 50 years, use of prepainted metal has increased dramatically and this growth can be expected to continue. In 2010, the European market for prepainted metal was worth over € 10 billion, with almost 1.3 billion m² of prepainted metal sold.



Of this, 81% was on steel, with the other 19% being on an aluminium substrate.

The prepainted steel and aluminium markets are both dominated by the building industry, with the main uses being in roofing and cladding. The transport industry is the next biggest sector, while domestic appliances take a significant share, at least for steel.
Historically strong growth in Europe has been mirrored in North America, while Asia and the rest of the world has shown even more dramatic growth, since the late 1990's.
For the coil coating industry to prosper over the long term, it will continue to give advantages over competing industries in a number of areas:

- **Product Durability**: some architectural products have up to a 40 year life before any repainting is required. Warranties are often issued by suppliers to reinforce their claims.
- **Recyclability**: prepainted metal is fully recyclable and a workable infrastructure exists to have scrap metal recycled.
- **Low consumable materials consumption**: the coil coating process embodies intrinsic efficiencies such as high coating transfer efficiency, custom width substrate and well controlled emissions amongst others.
- **Low emissions**: low waste emissions including water and VOC's.
- **Consistency of quality**: coil coating is a highly automated continuous process that lends itself to the production of consistently high quality products.
- **Cost effectiveness**: for most applications, the coil coating process represents the most cost effective way to paint a metal surface.
- **Safety**: the highly automated and industrialised process is intrinsically safe.

THE COIL COATING PROCESS

The coil coating line

Coil-coating is a continuous process of applying up to three separate coating layers onto one or both sides of a metal strip substrate. Coil-coating lines vary greatly in size, with rated outputs between 3,000 tons per annum and 200,000 tons per annum of coated metal, maximum widths from 150mm to over 2,500mm and speeds from 20 metres per minute to 200 metres per minute. However, all coil-coating lines share the same basic process steps. The typical operating parameters of a coil line are given below:

Parameter	Value
Operating speeds (m/min)	20 – 200
Gauge (mm)	0.1 – 3.0
Width (mm)	150 – > 2500
Coating thickness (microns, each side)	2 – 200

A typical organic coil coating line consists of decoilers, entry strip accumulator, cleaning, chemical pretreatment, primer coat application, curing, final coat application, curing, exit accumulator and recoilers.

The Entry Section

The coil strip is fed to the line onto one of two pay off reels. This ensures that a standby coil is always available. When the coil being processed has finished, the strip needs to stop to allow the end of this coil to be either stitched or welded to the leading edge of the new coil. The accumulator then empties to allow a continuous flow of material through the processing section to keep the subsequent process zones of the line running. After the de-coiling stage, the strip may be pre-cleaned and rinsed and is often levelled using a tension leveller. This is used to ensure that a good standard of strip shape is achieved which is required to ensure that an even paint layer is achieved and that the strip does not snag rollers and other equipment in the coil line. After the leveller, the strip enters the entry accumulator.

Cleaning and Pre-Treatment

It is essential that the surface of the coil is free from impurities such as grease, oil, carbon or abraded metal particles to ensure that a uniform good-quality conversion coating is achieved. Cleaning can consist of more than one stage and in some cases includes a rotary abrasive brush section to remove any localised corrosion products from the substrate. Brushing is most often used on cold reduced steel which can have severe surface contamination.
For steel and zinc coated steel substrates, alkaline cleaners are invariably used which are the most efficient for removing organic soils. Alkaline cleaning is also commonly used on aluminium surfaces but here, acidic cleaning can also be utilised. Electrolytic cleaning is occasionally used on lines that process aluminium.

The pretreatment of the substrate has the role of providing compatibility between the metallic substrate and the applied organic coating to ensure the optimum adhesion and corrosion resistance characteristics of that coating are obtained.
Pre-treatment solutions are often applied by spray, immersion or reaction cell which require subsequent rinsing. Newer installations tend to use a chemical roller coater or a spray / dip and squeegee wringer roll arrangement which do not require subsequent rinsing. All applied pretreatments require to be dried using a low temperature oven or by relying on the heat in the metal substrate.
Conventional conversion coatings include iron phosphate, zinc phosphate, alkaline oxide and chromates. No-rinse processes are mainly based on chromates or modern chrome-free chemistry. The no-rinse systems have the environmental benefits of no polluting effluent and plant requirements are reduced, thus saving on energy and capital investment.
Not all pre-treatment systems are equally suitable for all substrates. Their performance and operational characteristics also vary. The criteria for choice, therefore, depend on plant, end-use application, quality and economics that relate to each specific situation.

Paint Application
The painting process comprises of two stages, namely primer application and finish coat application. In the first stage, the strip passes through a roller coater machine that applies a primer paint coat to both sides of the strip. The roller coater can be adjusted in order to alter the amount of paint applied onto the strip surfaces.
After application of the primer paint, the strip passes through an oven. The temperature and residence time are adjusted to ensure that all the volatiles are removed and that the paint is fully cured. These are dependant on the paint system applied and the cross sectional area of the strip. After oven curing, a water quench is used to cool the strip, prior to drying by an air blower. In some lines an air quench is used prior to the water quench to provide additional drying or cooling.
Once dried, the strip passes through a second roller coater machine which applies the finish paint coat to either one or both surfaces. A similar or different coating may be applied to the reverse side of the strip. Again the thickness of paint applied to each side of the strip is tightly controlled.
The strip again passes trhough an oven set at an appropriate temperature to ensure that all the volatiles are removed and that the paint is fully cured. It is then water quenched and air-dried. In some lines an air quench is used prior to the water quench to provide additional drying or cooling. For the production of Plastisol products, an embosser roll may be used to imprint a pattern into the paint surface prior to quenching.
Some coil coating lines can include the application of a laminated film using rolls of thin polymer film. This is generally rolled under pressure onto the strip after the top coat oven which is used for curing an adhesive which is

applied by the top-coat roller coater.
Finally, the strip passes through the exit accumulator and shears. The strip is inspected and tested to ensure that it complies with quality standards, and coiled onto a tension reel.

PREPAINTED METAL PRODUCTS

There is no universal combination of substrate, pretreatment and paint coating that will satisfy all markets in which prepainted metals are used. Each use has specific requirements, particularly in relation to the applied paint coating and as a result, a range of paint systems have been developed to meet both the unique coil processing characteristics and the various demands of the coil coating market.

Substrate

The choice of metal substrate is determined by the dimensional, mechanical and corrosion resistance properties required of the coated product in use. The most common substrates that are organically coated are:

- Hot dip galvanised steel (HDG) which consists of a cold reduced steel substrate onto which a layer of zinc is coated via a hot dip process to impart enhanced corrosion properties onto the base steel. Typical zinc coating weights are between 100 and 350 g/m^2(both sides of the steel strip) and these depend on the intended application. The most common coating weight used prior to painting for construction products is 275 g/m^2.
- Other zinc-based alloys are coated onto steel and used as a substrate for coil coating, giving different properties. The most common of these are Galvalume, which is 55% aluminium, 1.6% silicon and 43.4% zinc, andGalfan, which consists of 95% zinc and 5% aluminium with traces of other elements. Both of these are claimed to give improved corrosion resistance in particular conditions, while the latter also offers improved formability.
- Electro-galvanised (EG) coated steel consists of a cold reduced substrate onto which a layer of zinc is coated by an electrolytic process. Typically, coating thicknesses are between 2.5 and 10 µm depending on the intended application. EG gives a thin and very smooth zinc coating, although advances in HDG products are now overtaking its use.
- Cold reduced steel (CR) without any zinc coating is gaining in application, particularly for internal and non-exposed applications. Here, limited corrosion protection is offered by the pre-treatment and paint coating.
- Wrought aluminium alloys, the most common of which that are used in coil coating are aluminium manganese alloys and aluminium magnesium alloys. Aluminium would be used for the highest quality architectural cladding requirements but also significant quantities are used in the packaging and transportation industries. The primary advantages of aluminium over steel are in corrosion resistance and light weight.

- many other substrates are organically coated. Of the other electro zinc alloys, zinc/iron is used by automotive manufacturers. Other substrates that are precoated include stainless steel, tinplate, brass, zinc and copper.

Paint and Coatings

The various coatings that are available, include polyesters, Plastisols, polyurethanes, polyvinylidene fluorides (PVDF), epoxies, primers, backing coats and laminate films. For each product, the coating is built up in a number of layers.

The market share of the main paint systems in Europe in 2008 is given below:

Paint System	% Share
Polyester	72%
Plastisol	12%
Polyurethane	11%
PVDF	3%
Others	2%
Total:	100%
Top Coats	59%
Primers	24%
Backing Coats	17%
TOTAL PAINT	**100%**

Primers and Backing coats

Primer coatings form the essential link between the pretreatment and the finish coating. Essentially, a primer is required to provide inter-coat adhesion between the pretreatment and the finish coat and is also required to promote corrosion resistance in the total system. In this way they complement the pretreatment process. Chromate pigments are often used to achieve this but increasingly, more chromate-free primers are being used. Dry film coating thicknesses are normally in the range of 4 – 9 µm.

The composition of the primer will vary depending on the type of finish coat used. Primers require to be fully compatible with various pretreatments and top coat paint systems. As such, they usually comprise a mixture of resin systems to achieve this end.

Backing coats are applied to the underside of the strip with or without a primer. The coating is generally not as thick as the finish coating used for exterior applications, being in the range of 4 – 15 µm. Backing coats are generally not exposed to corrosive environments and not visible in the end application. However, in some applications, they are required to give good adhesion to polyurethane foams, for example in double skinned insulating building panels.

Finish Coats
The choice of finish coat (often referred to as top-coat) depends on the end application and a balance of a number of factors including:

- Corrosion resistance
- UV stability
- Resistance to chemicals
- Stain resistance
- Robustness
- Abrasion resistance
- Flexibility
- Hardness
- Temperature stability
- Aesthetics
- Cost.

The full range of finish coats offered by coil coaters is extensive, but there are some key families of coating which are commonly used. The table below reviews the properties of the major finish coat systems:

Coating	Thickness (microns)	Main characteristics	Limitations	End Use
Architectural Polyester	25	Good flexibility and temperature stability. Good exterior durability.	Medium life product in high UV environment.	Building cladding and roofing; mobile homes
Domestic appliance Polyester	25	Excellent resistance to household reagents. Good detergent humidity resistance.	Requires care in handling (Use strippable film for protection.	Refrigerators, washing machines, freezers, light fittings

Coating	Thickness (microns)	Main characteristics	Limitations	End Use
PVdF	25-30	Excellent exterior durability. Resistant to animal/vegetable fats and oils, petroleum oils and aliphatic hydrocarbons. Good stain resistance.	Poor mar (abrasion) resistance.	Building cladding and building components
PVC Plastisol	200	Excellent formability and handling characteristics. Excellent weatherability, humidity and corrosion resistance. Can be embossed.	Not for use at temperatures > 80°C	Building cladding and roofing, curtain walling, infill panels, partitioning, shelving, ducting, general engineering applications
Polyurethane	25	Good formability & flexibility. Good UV stability for darkest colours. Good thermal stability. Good resistance to yellowing.	Price > Polyester	Domestic appliances: dishwashers, dryers, cookers, external cladding
PVC Laminate	100-200	Good abrasion resistance with good handling and fabrication characteristics. Wide range of print / patterns and emboss effects.	Low continuous temperature rating	Partitioning, ceiling tiles, domestic appliances, shelving, shop fittings, general engineering applications

BENEFITS OF COIL COATING

The headline that sums up the coil coating process and differentiates it from conventional manufacturing methods is 'Finish First, Fabricate Later' rather than fabricate first and finish later.
More and more fabricators are realising the benefits of using prepainted metal for their products. These encompass the areas of manufacturing, product quality, environmental and economic aspects.

Manufacturing Benefits

The following are some of the manufacturing benefits of using prepainted metal, rather than operating a paint-shop to paint assemblies after fabrication:

- Product design is made easier and more flexible with a greater range and consistency of finish colours.
- No pretreatment plant or paint shop required.
- Reduced transport and handling costs (no painting process).
- Minimal pollution with little waste products (coil coating lines are highly efficient environmentally).
- Improved productivity (fewer manufacturing stages).
- Less factory space and smaller labour force required (no painting or chemical waste treatment plant).
- Reduced switchover time between products.
- Less scrap, no worry about quality of paint and application process.
- Reduced rework (prepainted metal is supplied with built-in quality control).
- Compliance with the most demanding conditions of pollution control.

Product Quality and Environmental Benefits

The following are some of the quality benefits of using prepainted metal, rather than relying on paint applied to the finished product:

- More consistent quality of paint finish (prepainted metal is produced in a continuous highly controlled process).
- Consistent high standard of paint adhesion and corrosion resistance.
- Hidden areas are protected by prepainted metal.
- Substrate / paint finish can better meet precise design specifications in terms of thickness, appearance and overall performance.
- Painted substrate can be received with a protective film which minimises handling damage.

The following are some of the environmental benefits of using prepainted metal rather than running a post-fabrication paint-shop:

- The handling of dangerous chemicals, paints and solvents is eliminated.
- Waste disposal and treatment is considerably reduced.
- The fabricator's workshop is a healthier environment because the possibility of fume production from paint curing and welding is eliminated.

Economic Benefits
The following are some of the economic benefits of using prepainted metal, rather than painting a finished product:

- Precise finishing costs are known in advance.
- More efficient use of paint on prepainted material.
- Smaller labour force required.
- Less factory space required due to reduction in storage areas.
- Reduced energy consumption (no pretreatment or paint processes).
- No waste treatment plant required.
- Lower insurance costs due to there being no requirement to store inflammable and/or hazardous chemicals.
- Reduced product development cost.
- Lower capital investment requirements.
- Less inventory held.
- Lower re-work costs.

In a typical application for prepainted metal in shelving, with sheets of size 1,000mm x 500mm x 0.7mm, the total cost of using prepainted metal can be shown to be 12.5% lower than the costs of post-painting. The largest source of cost savings is the direct costs of painting, but there are significant indirect costs, including depreciation and financial costs, which must also be considered.

ENVIRONMENTAL AND LEGISLATIVE ISSUES

Environmental Responsibility in Coil Coating
The highly industrialised and tightly controlled nature of the coil coating process is itself highly environmentally friendly. The use of prepainted metal concentrates painting into a well controlled environment, reducing environmental concerns of metal fabricators and minimising the overall environmental impact of the painting operation. In addition, coil coating provides the highest-quality, most consistent coatings, allowing less

paint to be used than in conventional operations and producing coated metal products which last longer.
These joint factors add up to make prepainted metal the preferred choice for environmentally conscious specifiers. The European coil coating industry is continually striving to minimize it's impact on the environment and the ECCA Sustainability report 2010 describes some of the impacts of the industry and what improvements are being made.

European Environmental Legislation
Over recent years, the European Commission has endeavoured to introduce legislation to improve the health, safety and environment for everyone living within the member states of the European Union. Existing and proposed legislation is all encompassing and has a significant impact on coil coating operations. It covers emissions to air, water and land, generation of waste, use of energy, sustainability and environmental liability as well as health and safety. These enforced changes to European environmental legislation may be seen as an opportunity or as a threat. However, due to the nature of the continuous coil coating process, with its inherent efficiency of utilisation of energy and chemicals and with the innovative approaches being taken by chemical, paint and equipment suppliers, environmental legislation is more likely to be an opportunity. An opportunity, in that it is setting the agenda and timetable for rapid improvements to process technologies so that they have less adverse impact on the environment. As a consequence, this will help towards the ongoing progressive sustainability of the European coil coating industry for many years to come.
Some of the main directives and regulations that are affecting the coil coating industry are outlined below:
- IED
- RoHS
- REACH

Industrial emission directive 2010-75-EU (IED)
The directive updates and merges seven pieces of existing legislation, including directives on large combustion plants and integrated pollution prevention and control directive (IPPC). This directive is intended to minimise pollution from various industrial installations throughout the European Union by encouraging the use of suitable equipment and techniques. IED is intended to have an influence on emissions to air, water and land, generation of waste, use of raw materials, energy efficiency, noise, prevention of accidents, risk management, etc.
IED is a set of common rules for permitting industrial installations to operate. All installations covered by the directive are required to obtain an authorisation (permit) from the authorities in the EU countries. Unless they have a permit, they are not allowed to operate. The permits must be based on the concept of Best Available Techniques (or BAT), which is defined by the directive.
All coil coating operations are required to obtain a permit under IPPC but implementation is subject to some national variation. The permit is based on the BAT Reference Document on Surface Treatment using Organic Solvents (STS).

The Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (RoHS) Directive (2002/95/EC)

Directive 2002/95/EC (RoHS) on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment, together with 2002/96/EC on waste electrical and electronic equipment (WEEE) is designed to tackle the fast increasing waste stream of electrical and electronic equipment and complements European Union measures on landfill and incineration of waste. These directives cover a number of items including household appliances, IT and telecommunications equipment and lighting. The purpose of RoHS is to control the generation of electrical and electronic waste and to promote reuse, recycling and other forms of recovery in order to reduce the quantity of such waste, whilst also improving the environmental performance of economic operators involved in its treatment.

RoHS which is directly relevant to coil coating because it restricts the use of heavy metals, including hexavalent chromium which is often used in pretreatments, passivation systems and paint primers, and also lead based pigments in products for electrical applications. This is a significant part of the driving force for the use of chromate free products.

The Registration, Evaluation, Authorisation & Restriction of Chemicals (REACH) (Regulation EC 1907/2006)

REACH is intended to improve on (and thus replace) existing regulations and directives designed to ensure the safe use of chemicals. The aims of this regulation are to improve the protection of human health and the environment while maintaining the competitiveness and enhancing the innovative capability of the EU chemicals industry. REACH gives greater responsibility to industry to manage the risks from chemicals and to provide safety information on the substances. The central element of this chemicals policy is a completely new system of Registration, Evaluation and Authorisation for new and existing Chemical substances marketed in quantities of more than 1 tonne per enterprise per year.

This regulation affects all companies in the chain of supply from chemicals producers through formulators to coaters and end users. For most substances, extensive information exchange is required to allow registration dossiers to be prepared. There is a minor risk that some substances, which may be important additives to paint or pre-treatment systems, will not be registered and will be effectively withdrawn from the market.

For other substances, designated as substances of very high concern, there will be a requirement for authorisation which may effectively ban the use of some substances in certain applications. For coil coaters, this could be a major driving force to remove chromates from their products if and when they become subject to authorisation.

USES OF PREPAINTED METALS

There are many applications for prepainted metal. These include:

- Architectural (indoor, outdoor)
- Transport
- Appliance
- General industrial
- Can end stock
- Others.

The biggest markets currently relate to architectural, transportation and domestic appliances.

Architectural Uses
Architectural coatings were the first to be developed to take advantage of the benefits of using prepainted metal. Now over 70% of prepainted metal produced is used for building products. Typical end uses are:

- Roofing
- Corrugated sheeting
- Composite insulated panels
- Composite panels
- Cladding and façades
- Rainwater goods
- Roller shutter & personnel doors
- Blinds
- Internal partitioning
- Internal ceiling panels
- Structural decking.

Architectural coatings are available in a wide range of colours and gloss, including metallics and textured systems. External applications are exposed to the full force of the elements, wind, rain, pollution and sunlight, and various coatings are available which resist these factors.

Transport
Prepainted metal has been used in the transport industry for many years, predominantly in the automotive sector. It is also used in the fabrication of railway carriages and for containers used to transport goods around the world.

There are a variety of individual applications where prepainted metal is used covering a range of products from vans, caravans, trailer bodies, panels for buses and coaches to domestic cars. In cars, prepainted metal is used for automotive trim, instrument dials, wiper blade assemblies and car license plates amongst other components. Due to issues of weight, aluminium tends to be the substrate of choice for this sector of the prepainted metal market.
Although many trials have been performed, fully prepainted metal is not used for car bodies yet. However, a weldable, corrosion resistant primer is used by some car manufacturers to give additional protection in particular areas.

Domestic Appliance
Domestic appliances include fridges, washing machines, tumble dryers, cookers and microwaves. The applied coatings need to be highly flexible and tough, resistant to staining and attack by a wide range of household products which may come into contact with the coating, capable of operating in humid and potentially corrosive environments and tough enough to resist the constant handling, cleaning and other activities in the domestic kitchen. Above all, the coatings need to look good and keep their good looks for a number of years.
The coatings on the reverse side of the domestic appliance prepainted products also perform important duties such as enhancing corrosion resistance for washing machines and enabling adhesion to backing foams in the case of refrigerators. These coatings whilst not visible in the finished appliance must perform their duties as consistently as the visible coating.

Other Applications
There are many other markets and uses for prepainted metal including lighting assemblies, shelving, equipment housing and teletronics. The latter category includes the cases for computers, DVD players, and HiFi equipment. In these applications, coatings need to be flexible and tough to enable high speed manufacture, tough enough to allow frequent handling and cleaning, resistant to staining by a wide range of household products and resistant to humid and corrosive environments. The reverse coating in teletronic products performs the role of preventing corrosion whilst being conductive to prevent the build up of electronic energy within the interior of the product casing.
Other areas include non-stick bakeware which uses Polytetrafluoroethylene (PTFE) coatings. Prepainted metal is also used for beverage and food can end stock.
Fabricating prepainted metal is in many cases similar to uncoated metal. However, there are some precautions which need to be taken when handling the finished surface and some techniques are not always applicable. For example, welding is commonly used in fabricating metal parts, but this would destroy the prepainted coating and potentially weaken the weld. In most cases, this can be overcome by using techniques such as lock forming, riveting or bonding.

The most efficient means of coating metal with an organic protective coating is via a coil coating line. Coil coating is a continuous, high-volume process that produces a consistent product in comparison to batch post-coating methods.
Coil coating provides for controls that are virtually impossible to attain with most other painting processes. Dealing with a flat sheet enables excellent control of coating weights of both the pretreatment and the paint.
In one continuous process, a coil of metal, up to 2.6m wide moving at up to 200m/min, is unwound and both the top and bottom sides are cleaned, chemically treated, primed, oven cured, top coated, oven cured again, rewound and packaged for shipment.

THE COIL COATING LINE (1) ENTRY, CLEANING AND PRETREATMENT

The entry section
The coil coating process requires that a continuous thread of metal is present in the line, while manufacturing demands dictate that strip metal is fed into the line in discreet coils and customer requirements dictate that it leaves the line in discreet coils too. To achieve a continuous strip in the process section therefore means that coils must be joined to each other.
Bare coils of metal are placed on an unwinder or decoiler and the front end of the coil fed up to a joiner which will link this to the back end of the previous coil. Joining is normally by mechanical means, where the coil ends are sheared to provide a straight edge and then 'stitched' together. As a simple process, it is both low cost and low maintenance and provides a strong bond. However, the 'stitch' would damage the surface of rollers in the line unless they are lifted clear as it passes through.
A hole is usually pressed into the centre-line of the coil just ahead of the joint. Light sensors throughout the line can then follow the progress of the joint, ensuring material traceability, correct set-ups (if adjoining coils are different width, gauge or coating type) and allowing rollers to be lifted to avoid damage to their surface. Whilst most coil coating lines use a mechanical stitch to join coils, there are alternatives:

- Adhesive or adhesive tape can be used to stick one end of the coil to the other. This is only really applicable for thin, narrow or lightweight substrate metals, but provides a low cost way of achieving a join.
- Welding is commonly used on other types of continuous processing lines, such as high-speed annealing and galvanising lines. The equipment needed to achieve a good quality weld can be more expensive and there are concerns about the presence of zinc within the weld for galvanised steel substrates. However, the join can be passed through rollers without damaging them, so allowing more of the coil to be painted, and the line to run more quickly.

The 'cycle time' for joining is the time taken to prepare and join one coil end to another. As line speeds increase in response to strong customer demand, cycle times are under pressure to reduce, leading to investment in new equipment and technology.

Image courtesy of Tata Steel

Accumulators

The coil ends are stationary during the joining operation. However, subsequent process steps, such as coating and curing work best when conducted at steady speeds. Therefore, accumulators are used to store a long length of strip and allow the line speed in the process sections of the line to operate at a near steady state while the entry and exit sections can stop for brief periods. Accumulators are usually a series of rollers that the strip is vertically threaded through. As it passes up, around and down each pair of rollers a length of coil is stored in the unit. As the distance between the rollers can be increased or decreased, the length of coil held between them can also increase or decrease.

When coils are being joined at the entry end of the line, the rollers move closer together and the process section uses up the material stored in the accumulator. As soon as the join is made, the coil is fed into the accumulator at a much faster speed than the process section is removing it, building up a buffer of material in the accumulator. In this way, the critical coating operations in the process section operate at a constant speed to ensure high quality and consistency.

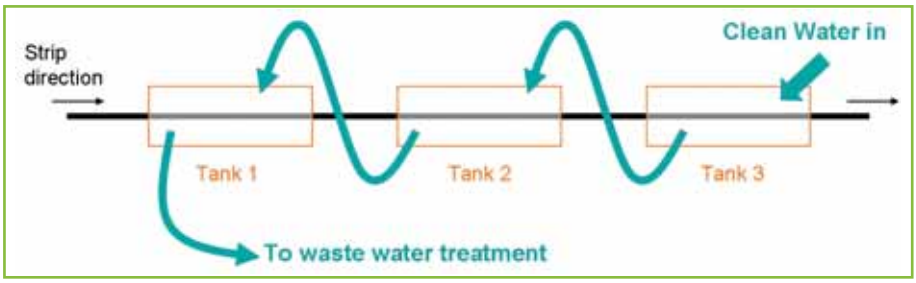
The same principle is used in reverse at the exit end of the line where the accumulator is allowed to fill up whenever the exit section is stopped for cutting coil ends, feeding onto re-coilers or for inspection.

Image courtesy of Euramax Coated Products

Strip cleaning

Before applying any coating, it is essential that the surface of the metal strip is as clean as possible. Cleaning is via immersion in a series of tanks, usually containing alkaline cleaning solutions to remove rolling oils and contaminants, together with the oxide layer that may be present on the metal surface. Particularly for aluminium, acid cleaning can also be used as a final step.

Cleaning is followed by a series of rinses in clean water. Most lines use a reverse-cascade rinse arrangement to minimize the usage of water. In a typical 3-tank set-up, clean water is fed into the third (cleanest) tank, with overflow from this entering the second tank. Overflow from the second tank is used in the rinsing operation of the first tank. Using this technique, fresh, clean water is only used when the strip is already cleaner and so significantly less water can be used. A water treatment plant is used to limit the demand for fresh water, allowing the solutions to be recovered and recirculated.



The illustration shows the principle of reverse cascade rinsing.

Pre-treatment

Organic coatings (paints) will not adhere directly to metallic surfaces. The physico-chemical incompatibility of the two is similar to oil floating on water. To allow paint to adhere to the metal surface, a chemical conversion coating or pretreatment must be applied. This conversion coating is formulated to adhere well to the metallic surface and provide a key for adhesion of paint. In most cases, the pre-treatment also provides an element of corrosion resistance.

The pretreatment is applied by either immersion in a chemical solution or with a simple roller-coater, called a chemical coater (chemcoater). If the immersion technique is used, this is followed by further rinsing of the strip and drying in an oven.

Where a chemcoater is used, this applies a so-called 'no-rinse' or 'dry in place' solution that can be directly dried without further process steps. The chemcoater contains a roller for the top and bottom surface of the coil that takes the solution from a tray and applies it to the coil surface. By controlling the speed of the rolls and the gap (or pressure) between this applicator roll and the coil, the amount of coating applied can be controlled. A chemcoater uses much less space in a coil coating line than a series of immersion and rinse baths and is also far less wasteful, so is usually used on the more modern lines.

As the pretreatment is applied in a very thin layer (<< 1qm) and is usually colourless, it requires special equipment to test its presence. Any areas of the coil that may not be coated with pretreatment will exhibit poor coating adhesion. Therefore, an aggressive forming operation known as lock-forming is also used on samples of the finished product to confirm the consistency of the pretreatment operation. This is particularly important where a no-rinse pretreatment has been applied, since the wet nature of the immersion method makes failure highly unlikely.
The thin layer of pretreatment is quickly dried in a small oven at temperatures of less than 100°C.

THE COIL COATING LINE (2) COATING APPLICATION

Paint application
Once the pre-treatment has been applied and dried, the strip enters a coating room where the primer is applied usually on both sides of the sheet. Once the primer is dried and cured, a second coater applies a top-coat. In almost all cases, the coating process is achieved by use of a roller coater, where a series of rolls transfer the liquid paint to the strip surface.
The terms “roll coater” and “roller coater” mean the same thing: automated machines that coat one or both sides of a flat substrate — metal, wood, glass, fibreboard, foam, or plastic — with precisely controlled thicknesses of coating material as the sheets are conveyed down a production line.
The roller coater can be configured in many different ways, depending upon the type of coating and how it flows (described in terms of its viscosity or rheology).
However, in all cases, a thin film of wet paint is formed on an applicator roll which then deposits this on the surface of the moving strip. Careful control of the paint film thickness, applicator roll speed and the size of the gap between the applicator roll and the strip give very good control over the paint film formed on the strip.

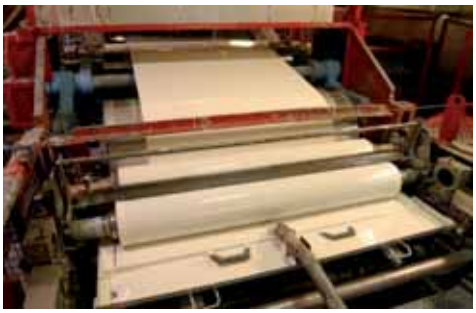
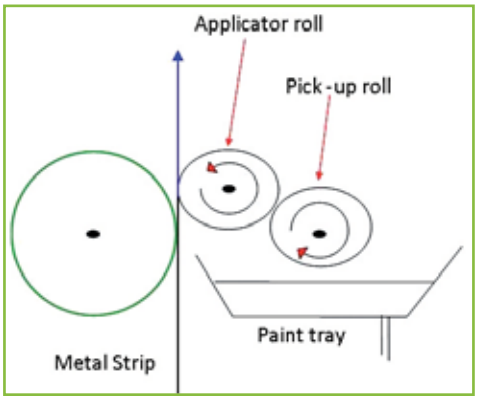


Image courtesy of Tata Steel

Basics of roller coating



The illustration shows a typical set-up for general purpose roller coating of a metal strip.

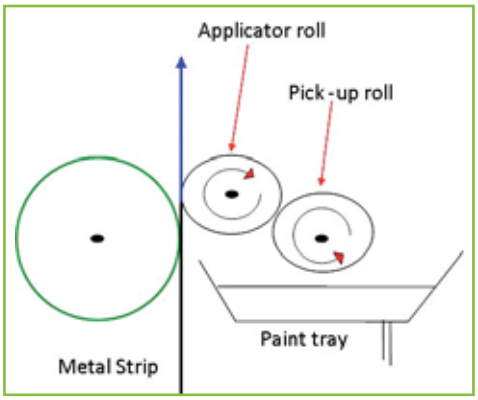
This example shows a simple two-roll, reverse coating set-up:

- Paint is pumped into the paint tray and the level is kept constant by an overflowing weir system.
- The pick-up roll is slightly immersed in the wet paint and picks up some of the paint.
- The gap between the pick-up and applicator rolls and their relative speeds are controlled so that a smooth film of the desired thickness of wet paint is deposited onto the applicator roll. Excess paint falls back into the paint tray.
- As the applicator roll is moving in the reverse direction to the metal strip, this layer of wet paint is wiped onto the strip. Again, close control of the roll speed relative to the strip and of the pressure between applicator roll and strip is used to produce an even paint film of the desired thickness.
- The combination of the speed of the two rolls, relative to the strip speed, and the pressure both between the two rolls and between the applicator roll and the strip, gives control of the thickness of the paint films applied to the strip, the so-called wet film thickness or WFT.

Applicator rolls are made of soft synthetic rubber or urethane-coated metal to allow for surface roughness or contour inconsistencies in the substrate. The surface finish of these rolls is critical to the final paint finish. Pick-up rolls are made of polished steel, chromium-plated steel or ceramic coated steel and are to very fine tolerances. The surface roughness and texture are important to enable sufficient paint transfer into the nip, and final paint finish. Many types of formulations can be applied with roller coating but must have good flow properties (to avoid ribbing), flexibility, adhesion, and high opacity. Low surface tension is also necessary for wetting the rolls.

Alternative roller coater set-ups
There are a large number of variations on the basic roller coating process, but below are a few which are commonly used in the coil coating industry:
- Forward coating
- Nip feed
- Metering roll

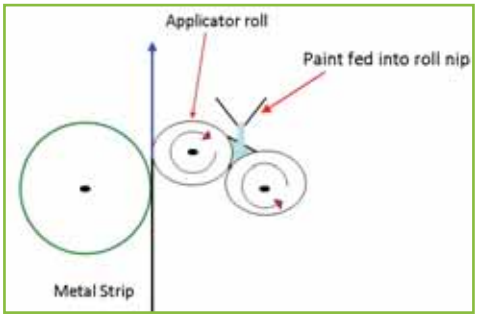
Forward coating



The illustration shows a typical set-up for forward coating of a metal strip.

The arrangement of rolls in forward-coating is the same as in the reverse coating example. However, in this case the roll direction is reversed, as seen in the illustration.
In this example, the pick-up roll again picks paint from the tray and the paint film on the applicator roll is determined by the pressure (or gap) between the two rolls and their relative speeds. However, in this case, the applicator roll is moving in the same direction as the strip which wipes the paint film off the roll.
This set-up is particularly useful for achieving uniform thin films on the strip and has the added benefit of causing less damage to the applicator roll, which can be cut by the edges of the strip when reverse coating is used. For this reason, it is often used when applying thin primer films.

Nip feed

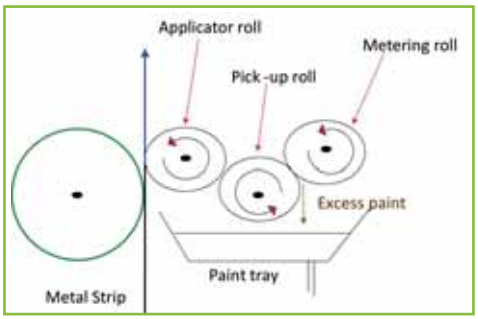


The illustration shows a typical set-up for nip feed coating of a metal strip.

Rather than picking paint up from a tray, paint can also be fed into the nip between pick-up and applicator rolls. There are many ways of doing this, with one example show in the figure. The two main advantages of this are:

- it negates the filling of the paint tray, which can hold approx 50-80 litres, therefore requiring less paint in the application process;
- where cleanliness is very important, the nip feed can help, since there is no paint tray to collect any dirt or debris.

Metering roll



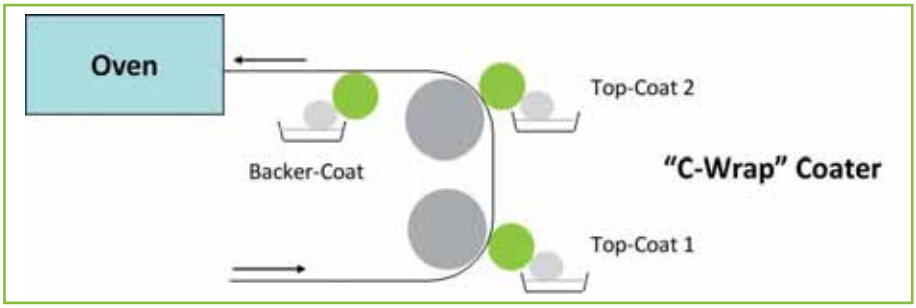
The illustration shows a typical set-up for metering roll coating of a metal strip.

In some cases, a 3-roll set-up is used, with a metering roll allowing greater control over paint film build and providing an even smoother finish. In this case, the meter roll rotates slowly, wiping paint from the pick-up roll to give a much more even paint film on the pick-up roll which can then be transferred to the applicator roll. This arrangement is often used where the quality of the surface finish is critical and for smooth, high-build coatings.
Again, in this case, the pressure between the pick-up and metering rolls

is very important to spread the paint across the roll and ensure that the whole width of the roll is covered. The amount of pressure is critical in that it should allow enough paint through to feed the nip point between the applicator and the pick-up roll. Too much pressure, and there will not be enough paint to supply the applicator roll and the resultant coating will be thin and patchy. Not enough pressure will result in the paint falling through the nip and will fail to spread the liquid over the pick-up roll again resulting in a patchy finish.

Roller coater configurations
When changing product type, the roller coater must be thoroughly cleaned down to avoid any contamination with the next coating to be applied. To avoid lengthy delays each time the coating is changed over and to accommodate the wide range of colours and finishes demanded by end users, lines employ different configurations:

- quick-change or shuttle coaters have sets of adjacent rollers that slide across to change from one set to another.
- multiple coater machines allow the coating to be applied by one coater whilst the other is being cleaned down and prepared. Changes between coatings can then be made 'on the fly' rather than having to stop the line, maintaining maximum throughput. An example of a configuration with multiple coater heads is the so-called C-Wrap arrangement (shown in the illustration) with two top-coat applicators so that one can be prepared while the other is running.



Alternative paint application
While roller coating is by far the most common means of applying paint in the coil coating process, there are other techniques, some of which are currently adopted and others which have been trialed but not necessarily commercially practiced. Some of these are introduced here.

Powder coating
Powder coating is widely used for coating of pre-formed objects, but can also be used for coating of metal strip. The main advantage to the coil coater is that powder coating uses no solvents, so there are no VOCs to handle. However, the maximum line speed depends on the number of powder guns and is usually lower than for roller coating. It is also not always easy to produce the thin paint films commonly produced by roller coating, since the minimum paint film thickness depends on the size of the powder particles. Despite these drawbacks, powder coating is still used where the characteristics of powder paint are required in the final article and particularly where small batch sizes and flexibility in colour are required, since change-overs between colours on a powder line are much simpler than for a roller coater.

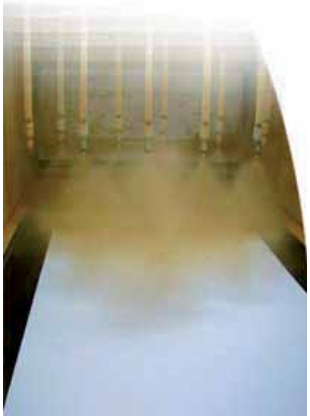


Image courtesy of Rudolf Wiegmann Metallcolor GmbH

Curtain coating
Curtain coating is a non-contact technique where paint is fed onto the moving strip in a curtain, using gravity to feed the continuous curtain. As a non-contact technique, there are potential advantages in achieving a high quality of finish and this technique is used for coating of some other substrates. However, this has still not found significant use in the coil coating industry, since the necessary level of control has not been adequately developed and advances in roller coating have made the potential benefits marginal.

Block coating
Block coating employs a solid-block of polymer that is ‘smeared’ over the surface of the strip. It can achieve interesting visual effects and patterns, and as a high-solid coating produces negligible VOC’s.

Film lamination

Image courtesy of Euramax Coated Products

Laminating has been widely used for many years to produce a variety of different finishes. Rather than apply a liquid coating that must then be cured, an extruded film or laminate is feed from a roll and adhered to the strip. Glue is applied to the metal surface immediately before laminating, or a paint layer such as a primer is used to fulfill the same purpose. The laminate is bonded directly and limited exposure to heat in the ovens may be needed to completely cure the adhesive layer.
Laminates are typically made from PVC, although other polymer layers are available. The most common application is for coldstore or internal panel applications, as the laminate combines the robustness of a plastisol coating but with greater resistance to chemicals, staining and extraction of constituents making it appropriate for intermittent food contact.
The advantages of laminates include:

- closely controlled colour consistency, only influenced by the laminate production process and not by coating weight or line conditions (particularly oven conditions). This is particularly useful for white finishes, which may be prone to yellowing if the oven is contaminated or the coating over-cured.
- a wide range of patterns, prints and textures can be achieved as multi-pass printing and embossing processes are easily accommodated off-line during the laminate production process.
- the possibility to produce small batches of specific finishes, where the set-up time for liquid coatings would be too long. However, laminates can be significantly more expensive than liquid coatings, and coil coaters may need to build-in longer lead-times or laminate stock to satisfy customer requirements.

Co-laminating

Co-laminating is a hybrid of coating and laminating, where liquid-applied coatings and laminates are combined. Typically, a liquid primer and/or coloured basecoat are firstly applied, over which a clear laminate is added.

The clear laminate can impart excellent scratch and abrasion resistance, together with attractive aesthetic properties making it suitable for high contact domestic appliance applications such as fridge-freezer doors.
Co-laminates can be slightly more involved to manufacture, as the application of a clear laminate can highlight any coating inconsistencies. As with all laminates, air entrapment under the laminate must also be avoided.

THE COIL COATING LINE (3) PAINT CURING

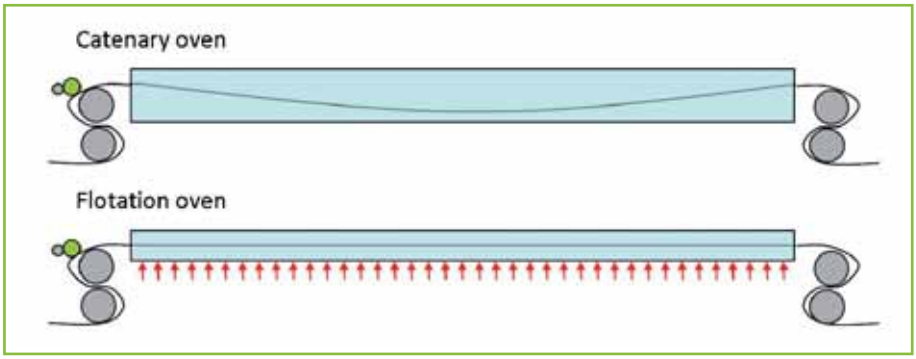
Drying and curing

Once a wet paint film is applied to the strip, it then enters an oven in which the coating is first dried, to remove volatile elements such as solvents, and then cured at high temperatures, for anything up to 30 seconds.
The cure profile is the rate of heating and cooling inside the oven and must be carefully matched to the coating type to allow the removal of solvent without causing surface defects. If heating happens too quickly, the paint film will start to cure before the solvent has been evaporated, resulting in a blistered surface to the finished film.
To ensure curing through the paint film, it is important that the metal substrate, rather than just the air around it, is heated. The peak metal temperature (PMT) is the maximum temperature that the metal will reach as it passes through the oven. Most organic coatings cure in the region of 200-250°C. To achieve this PMT, the temperature of the oven is typically much hotter.
In the case of thermoplastic coatings such as plastisols or PVDF, the coating itself does not fully cure, but the drying process is carried out in the same way with similar PMT requirements.
When the strip exits the oven it is cooled with either an air or water quench. An embossing roll can be applied before the quench on the thick film coatings like plastisol to apply a surface emboss whilst the thermoplastic coating is still relatively soft.

Convection ovens

The most common drying and curing technique is to use gas-fired ovens for either convection or flotation curing. In conventional thermal coil coating, the coating is exposed to air temperatures approaching 400°C, which gradually heat through the coating and metal coil. Peak metal temperatures of between 200-250°C and a dwell time of 20-30 seconds are typically needed to fully cure a liquid coating. The heat input is derived from gas-fired burners placed inside the oven itself, or from an incinerator or a combination of both.
The ovens are typically divided into a number of zones, the temperatures of which can be individually controlled. Achieving a gradual increase in temperature allows the solvents to be driven off before a cured ‘skin’ is formed on the surface of the coating.
High airflows are needed in these ovens to remove the vapourised

solvent from the oven and ensure the concentration remains beneath the lower explosion limit (LEL). If the concentration of solvent inside the oven exceeds the LEL, the potential for a sustainable explosion exists. However, below this limit there is insufficient fuel to continue an explosion in the presence of a spark.
This high volume of solvent-laden hot air is treated in an incinerator to both limit any environmental impact and to maximise the energy efficiency of the process.
Convection ovens are sometimes described as catenary ovens, where the strip forms a loop between rollers at the entry and exit of the oven. An alternative design is the so-called flotation oven, where higher-pressure hot air is introduced to the underside of the oven lifting the strip. This flatter strip takes up less volume than a catenary, meaning the oven volume can also be a lot smaller. The smaller volume of a flotation oven and the direct heating effect of the hot air jets makes them more efficient in gas, although the injection of tightly controlled hot air tends to use a greater proportion of electricity.
Convection ovens can reach lengths in excess of 50m, in order to support line speeds approaching 150m/min. The large volume of such ovens can make them more expensive to heat, but they require little maintenance, are extremely reliable and can accommodate many different coating systems.



The illustration shows a schematic of catenary (convection) and flotation ovens

Electrical curing
There are two types of electrical curing technique which are in use for coil coating, namely induction and IR (or NIR) curing. In both cases, heating of the substrate or paint does not rely on heat transfer from hot air, so in principle they are more efficient than convection curing. However, electricity being generally more expensive than gas, the overall cost balance for the different curing techniques is more difficult to predict.
The main benefit of electrical curing is that the electrical input is instantly

switchable, unlike the heat in a gas-fired oven. For this reason, these techniques are widely used on production lines which combine organic coating with another process such as galvanizing.

Induction
Induction curing works by heating the metal substrate by passing the metal strip through a magnetic field which induces electrical currents in the strip and, through resistance, a heating effect. The resultant heating of the strip transfers heat to the coating from the bottom up. Heat transfer is extremely quick, so the typical cure time is less than half that of a convection oven. In addition, as large volumes of air do not need to be heated to elevated temperatures, the energy efficiency is also higher. Possible drawbacks include the relative expense of electricity as the primary energy source compared with gas, and the need to tailor coatings and solvent ratios in order to facilitate the different cure process.

Infra-red curing
Infra-red (IR) or near infra-red (NIR) radiation is electromagnetic radiation of a wavelength longer than that of visible light, but shorter than that of radio waves. At the atomic level, infrared energy causes vibration in a molecule generating local heat, working in a similar way to a microwave oven.
IR and NIR curing only heats the coating, not the metal substrate or surrounding air, therefore being even more energy efficient than the previous curing technologies described. Heat transfer is very quick so total cure times can be less than 5 seconds, and very short ovens are needed.
Because the heat is absorbed directly by the paint, the paint itself needs to be modified to take account of this and some paint types, including dark colours and metallic finishes, can prove difficult to cure by IR or NIR.

Radiation curing
Radiation cured coatings are widely used in many different industries, but as yet have not found significant use in coil coating. Radiation cured coatings do not use heat to cure them, but instead use radiation to create chemical changes in the coatings which provide the necessary cure
Radiation curing uses electron beam (EB) or ultraviolet (UV) light to polymerise a reactive and usually solvent-free coating material. The curing mechanism of the coating, when exposed to UV or EB radiation, is a lot faster than drying times involved with conventional solvent or water-based coatings. Overall energy consumption is generally much lower than for thermal curing and most radiation curing coatings are solvent-free, so eliminating the necessity to deal with VOCs.
For both UV and EB coatings, the coating formulation itself is very different from conventional paint coatings and the properties of the cured film can also be different. There is significant development work ongoing on this to achieve the same properties from radiation cured coatings as from conventional coil coated products.

UV curing
UV-cured coatings are based around a photoinitiator and reactive monomers. Exposure of the coating to a concentrated UV source causes the photoinitiators to decompose to produce free radicals, which start a chain reaction between the reactive monomers, forming longer polymer chains as a consequence. This reaction happens extremely quickly. While the energy source of UV lamps is readily available and cheap, the photoinitiators are an expensive constituent of the coatings, so the cost benefits of UV-cured coatings are not always simple. Additionally, pigmentation within the coating can block or diffuse UV light, so UV curing is best used for either very thin films or for clear or only lightly pigmented coatings. This has limited the uptake in coil coating where a wide colour range is usually required.

Electron beam
In electron beam (EB) curing, energy to initiate the polymerisation and cross-linking reactions is delivered by a high energy electron beam. In this case, a photoinitiator is not required and the high energy of the electron beam can penetrate thicker coatings and is not affected by pigmentation. However, the energy required for high-speed coating, the radiation shielding requirements and issues with coating properties have so far prevented this from being used in large scale coil coating.

THE COIL COATING LINE (4) THE EXIT SECTION

The exit section
Once the paint film is fully cured and quenched, the strip then passes through the exit accumulator, again to support the continuous process, before being sheared and recoiled to the customer's dimensions. A flying shear is commonly used, allowing the removal of uncoated material at coil ends or defective material whilst the line is still running at high speed. In some cases, a protective film can be applied to the strip surface just before coiling. This helps to protect the painted surface during subsequent forming operations. Also at the exit section, some lines include a brander which will mark the reverse side of the strip for future traceability.
Recoiling is undertaken under tension, to ensure the coil retains its shape during handling and transportation. The internal diameter of the coil can be altered to suit downstream customers processes, as can the overall coil weight by splitting large coils into smaller elements.
The coil is then securely packaged and dispatched to the customer. The type of pack applied will be dependent upon customer preferences, type of product and distance of transport. For relatively short journeys of robust products, basic banding and paper wrapping may be sufficient. However, for coils that are to be shipped over longer distances, and subject to sea transportation, full wrapping and protection are applied.

Inspection and quality control
The inspection operation is becoming increasingly sophisticated in order to achieve the highest levels of quality and consistency. Visual inspection is aided by the presence of strong lighting, sometimes strobe lighting to highlight repeating defects. In addition, electronic inspection systems are increasingly used, to inspect 100% of the products' surfaces, incorporating sophisticated defect recognition systems to identify surface irregularities.

Quality control
There are two main aspects of quality in the production of precoated metals:
1. The quality of the substrate and coatings used
2. The quality of the coating process itself.

Strict quality control test to internationally recognised standards are carried out during the manufacture of both the substrate and the coating. In a similar fashion, a wide range of tests on-line and off-line are used to ensure consistent product quality of the coated product.

Quality Control Testing of Coatings prior to application include the following:
- colour and gloss (instrumental)
- viscosity and density
- weight and volume solids
- adhesion and cure tests.

On-line testing of the applied coating include the following:
- visual appearance
- colour and gloss (instrumental)
- wet film thickness
- dry film thickness.

Laboratory tests include the following:
- adherence
- crack resistance
- hardness
- abrasion resistance
- bending
- deep-drawing
- dry film thickness
- gloss
- conformity of colour.

Image courtesy of Euramax Coated Products

ALTERNATIVE LINE CONFIGURATIONS

Whilst a typical coil coating line has been described here, there are some alternative configurations which are in use and each have their own benefits.

Coupled or combined lines

The drive to improve the efficiency and yield of the coating operation, and thereby reduce conversion costs has led to the development of coupled or combined coating lines. These facilities integrate the hot dip galvanising process for steel with the organic coating process, so that both operations are completed in a single manufacturing unit. For aluminium substrates, combined lines incorporating annealing and organic coating are in use.

By combining processes, increased through-process yield is possible as material is not lost from coil ends or damaged during the transfer and storage between the separate processes. This also bypasses the requirement for strip cleaning, although applying a conversion coating to a freshly treated metal substrate also poses its own problems. Reduced manning, increased throughputs and availability can contribute to a lower overall conversion costs for organic coated metals, but the increased complexity of a combined line can lead to increased engineering difficulties.

Satellite

A satellite line differs from a conventional coil coating line in terms of size and the number of coating steps undertaken during the process. The satellite line concept relies upon pre-treated or pre-primed substrate rather than a bare metallic substrate, thereby removing the need for several stages of the conventional process.

Sheet lines

Continuous coil coating offers significant advantages over batch processes in terms of quality, consistency and conversion cost. However, this can also lead to larger order size minimums and reduced product choice in order to maintain the economies of scale. Therefore sheet-coating lines are occasionally used to satisfy the demand for variation and smaller quantities. To avoid the high capital cost of roller coaters, ovens and emission abatement facilities, sheet lines are usually used to apply laminate or powder coatings.

ENVIRONMENTAL CONTROLS

The primary environmental impact from a coating line comes from the evaporation of the solvents that typically form up to 50% of the liquid coating. Volatile organic compounds (VOC) are the major emissions during the curing process as the solvents are evaporated, and if left untreated can contribute to the formation of smog and other undesirable impacts. The percentage of total VOC emissions given off at each stage of the process will vary from line to line, but is typically 8% in the coater house, up to 90% inside the ovens and the balance from around the quench area. On most lines, the coater house is enclosed or hooded to capture fugitive emissions and to direct them into the oven. As the quench area is directly adjacent to the oven exit a large fraction of the emissions given off at the quench is captured and drawn into the oven. Therefore, up to 95% of the total emissions are exhausted by the oven, and the remaining 5% escape as fugitive emissions.

Emission control is usually via incineration. Incinerators may be either thermal or catalytic, both of which have been demonstrated to achieve consistently a VOC destruction efficiency of 95% or greater. When used with coating rooms or hoods to capture fugitive emissions, incineration systems can reduce overall emissions by 90 percent or more.

The rate of VOC emissions from individual coil coating lines may vary widely from one installation to another, dependent upon line speed, coating types and thicknesses, volume solids of the coating etc... The incinerator must be properly specified to ensure it has adequate capacity to cope with high throughputs.

Most newer incinerator installations use heat recovery to reduce the operating cost of an incineration system. That way, the energy recovered from incinerating solvent offsets the need for primary energy. As well as ensuring negligible VOC emissions, it also results in a very energy efficient process overall.

Other environmental impacts may come from the cleaning solutions and water used during the process. These processes are very tightly controlled, and may use closed-loop circuits, to reduce the amount of water that must be treated.

INTRODUCTION TO STEEL SUBSTRATE

There are two main metal substrates for coil coating, namely steel and aluminium. This module deals with steel, how it is made, its properties and the types of product used as a substrate for prepainted metal.
There is no one material called steel, just as there is no one material called plastic. There are thousands of different kinds of steel. Steel is the general name given to a large family of alloys of iron with carbon and a variety of different elements. Even small differences in the composition of the steel can have a dramatic effect on its properties. The properties of the steel can also be modified by different mechanical and heat treatments. Steel is such a versatile material because we can adjust its composition and internal structure to tailor its properties.

Image courtesy of Tata Steel

MAKING STEEL

There are two basic sources of steel:

- Primary steel, made from iron ore using the blast furnace technique
- Secondary steel, made from recycled steel scrap in the electric arc furnace.

The global steel scrap market is so well developed that essentially all steel which can be separated from waste is recycled. So there is a well established balance between the use of virgin, primary steel and secondary steel. For this reason, the choice of steel route for a particular application makes very little difference to the overall recycling rate of steel. Most steel used for production of steel strip and subsequent coil coating comes from the primary route and this will be discussed in more detail here.
The first step in making steel is to make iron from iron ore. However, the blast furnace results in a brittle form of iron which must be de-carbonated to produce steel. Once the steel is produced, it is cast into large batches called slabs which are rolled, firstly in hot-rolling mills, then subsequently cold reduced to provide

the substrate for prepainted steel. In most cases, a metallic coating is applied before painting to provide additional corrosion resistance.

Iron making

Making iron is the first step in the production of steel. Iron is usually made from iron ore, coal and limestone. Raw materials are sourced globally, and often delivered into deep-water harbours on large vessels.

Very little coal is used directly in the blast furnace to make iron. It is usually transformed into coke, a much purer form of carbon, by packing it into sealed ovens and heating strongly until it decomposes. When charged into the blast furnace, coke serves three main purposes:

(I)it burns to give the very high temperatures required for Blast furnace reactions;

(ii)it produces carbon monoxide gas to reduce iron ore to iron;

(iii)it is strong and supports the column of raw materials in the furnace, allowing the reactive gases to pass through the furnace.

Most iron ore that comes to the steelworks is in a finely ground state. In this condition, the ore is difficult to handle without creating dust that can be wasteful and polluting. Heating a mixture of this loose material with fine coke from the ovens makes a much coarser material called sinter. Sinter is fed into the top of the blast furnace as well as coarse lumps of coke, limestone and iron ore.

A modern blast furnace will produce around 3 million tons of hot metal in a year. The blast furnace operates continuously, with raw materials being charged into the top of the furnace and hot metal being tapped from the bottom of the furnace periodically. The operation of the blast furnace is only stopped every 10 years or so, when replacement of the internal refractory lining is required.

Images courtesy of Tata Steel

The pictures show a schematic illustration and actual image of a blast furnace.

Steel making and casting

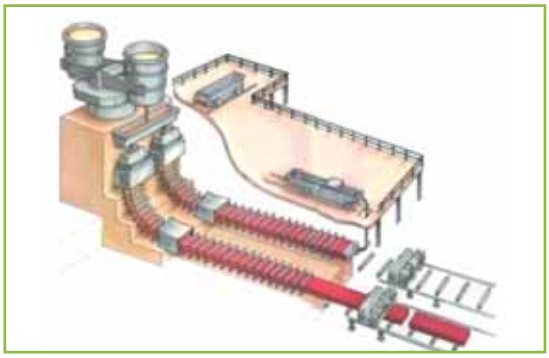
The hot metal from the blast furnace contains up to 4.5% of carbon and several other impurities, and so must be further refined in order to produce steel strip with the required mechanical properties.

Steelmaking reduces the carbon content to a level that matches the customer's requirements. Unlike the manufacture of iron, steel production is not a continuous process. There are many different types of steel and the exact composition will depend on the customer's specification and the final application. This is why steelmaking has to be a batch process. Basic Oxygen Steelmaking (BOS) makes steel from blast furnace hot metal iron and scrap metal.

A BOS vessel is typically 'charged' with up to 250T of hot metal from the blast furnace, and up to 75T of steel scrap from a variety of sources such as demolished buildings, shredded scrap cars and engineering off-cuts. High-pressure oxygen is blown through the vessel, which oxidises the carbon in the hot metal and reduces it's content. Large quantities of heat are generated during this process, and the melting of the scrap helps to control the overall temperature of the hot metal. Other impurities such as sulphur are also removed during the steelmaking process. At the end of the process, the BOS vessel is 'tapped', and more than 300T of high purity steel is poured into a ladle ready for further processing.

A secondary steel making operation may be employed at this stage. Secondary steel making gives the steel precise physical properties by controlling its chemistry, temperature and inclusions. The liquid steel is alloyed, whereby controlled quantities of other metals such as manganese are added to improve the final properties. Also, impurities are allowed to separate out from the liquid metal and any entrapped gases will be removed.

Once steel of the correct specification has been made, it is ready for casting. This is a way of giving the metal the basic shape that the customer wants. In the past, it was usual to cast the molten steel from a ladle into moulds called ingots. The modern steel industry uses continuous casting, which is more efficient. The liquid steel is poured into an oscillating water-cooled mould and is slowly extracted from the bottom of the mould, continuously producing a large slab. For strip steels, a typical slab may be up to 10m long, 250mm thick and 1300mm wide, equating to a weight of over 25T.



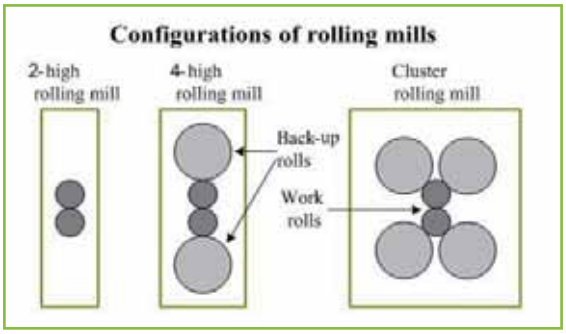
Images courtesy of Tata Steel

Hot rolling
During hot and cold rolling, the steel slab is transformed into a coil of strip steel with tightly controlled dimensions and mechanical properties. The slab is passed through a series of rolls, each of which reduces the thickness of the slab by applying high loads.
Hot rolling reduces the thickness of the strip and controls its finishing temperature, cooling rate, and coiling temperature, which, together with its chemistry, defines its mechanical properties.
Slabs are charged cold (20°C), warm or hot (600-800°C) into furnaces and heated to 1100-1260°C to soften them ready for rolling. The hot slabs are blasted by high-pressure water (usually at about 150-170bar) to remove the iron oxide scale that forms during heating and would otherwise affect surface quality.
In the roughing mill section the thickness of the slabs is reduced from 250mm to between 20-60mm. A coil box (as shown in the picture) can be installed between the roughing mill and the crop shears, in order to homogenise the temperature profile of the strip and to shorten the overall length of the rolling mill. Crop shears cut the beginning and the end of the slabs and high-pressure water washers then descale them again.
The finishing mill section usually consists of four to seven pairs of rolls, to reduce the thickness of the slabs to about 1.5-5.0mm. The strip is cooled down by passing it through banks of sprays to reach a temperature of about 500-780°C, before being coiled up. It is important to maintain a specified rolling temperature over the length of the strip to get constant mechanical properties.

Image courtesy of Tata Steel

Cold rolling
Cold rolling enhances the surface finish, shape and forming characteristics of the strip and reduces its thickness. Before cold rolling, the hot rolled coil is pickled. Pickling involves passing the strip through a series of acid-containing tanks to remove the thin layer of iron oxide scale that forms during the high temperatures of hot rolling.

Cold rolling is normally operated as a continuous process, so the end of one coil is joined to the beginning of the next coil by stitching or welding. The clean strip is passed through a series of up to six pairs of rolls, a so-called tandem mill, to reduce the thickness from about 1.5-5.0 mm down to about 0.02-4.0 mm, depending on the type of steel and on the desired product. Extremely high loads are exerted on the strip to achieve these reductions in thickness, and rolling oils are used to reduce the friction between the strip and the roll.
In-line inspection systems ensure the surface quality and consistency of the finished product.
During cold rolling the steel strip will have lost its ductility and is said to be work hardened. Annealing can return the excellent formability needed for most applications. During annealing the strip is heated so that work hardened grains within the structure of the steel re-crystallise into many fine grains and the steel becomes softer and more malleable and ductile. If the strip is to be galvanised by hot dip galvanising, then annealing will be performed by the ovens on the galvanising line, but if it is to be used without galvanizing, or to be electrolytically galvanized, then annealing will be carried out in either continuous or batch annealing ovens. Annealing ovens operate in the range 540-840°C depending on the requirement.



Hot dip galvanising
Hot-dip galvanising is the process of coating steel with a thin zinc layer, by passing the steel through a molten bath of zinc at a temperature of around 460°C. The process of hot-dip galvanising results in a metallurgical bond between the zinc and steel with a series of distinct iron-zinc alloys. The resulting coated steel can be used in much the same way as uncoated.
Continuous hot dip galvanising lines are usually operated with strip speeds between 90-150m/min, with modern plants achieving speeds up to 150-220m/min. As it is a continuous operation, coils are joined to each other by mechanical stitching or welding.
The prerequisite for achieving a good bonding of the coating on the strip is a clean strip surface. For this reason, some lines are equipped with a

strip cleaning section. Sprays, brushes and degreasing with hot alkaline solutions removes any surface contaminants, such as fine particles of iron from the rolling process and oils and greases. This is then followed by a series of rinse stages. Next, the strip enters the furnace. The first section of the furnace is usually directly fired by gas burners, which both raise the strip temperature and ensure complete cleanliness by removing any remaining contaminants.
Cold rolled steel strip is usually used as the feedstock for the galvanising process. This will require nnealing to achieve the excellent formability needed for most applications. The next section of the furnace achieves this softening by heating in the range 540-840°C depending on the requirement. The strip is cooled to 465°C and maintained at this temperature before entering the galvanising bath.
The galvanising bath contains up to 200 tonnes of molten zinc at a temperature of approximately 465°C. As the strip passes through the bath, molten zinc is picked up by the strip surface. The thickness of the coating is controlled by air knives that wipe excess zinc from the surface. The air knives focus a high-speed low-pressure blade of air on to the surface of hot dip galvanised strip. The blade of air effectively washes the excess molten zinc from the surface of the strip allowing accurate coating thickness to be achieved. The excess material is returned to the molten zinc pot reducing waste and improving quality. The coating thickness is measured and controlled continuously during the process.
Finally, the strip is cooled down to solidify the zinc coating and coiled. Intermediate surface protection treatments, such as oiling, can be carried out to protect the surface if the coil is to be stored for any time or transported between manufacturing sites.

Image courtesy of Tata Steel

Electrolytic galvanising
Continuous electrolytic galvanising differs from hot dip galvanizing in that the metallic layer is applied via an electrolytic process rather than molten application.
After the joining of coils and thorough cleaning, the steel strip is passed through a series of cells, where the strip acts as the cathode in an electrical circuit. These cells are filled with an electrolyte, usually containing zinc sulphate or zinc chloride, and the zinc is deposited out of the solution onto the strip when an electric current is passed through the cell. The concentration of the electrolyte in the cells is continuously replenished in line with the rate of zinc deposition.
The plating process can be very tightly controlled, which means that much thinner coatings as well as differential coatings on either side of the strip can be applied. Electrolytically applied zinc coatings (EZ) have a dull grey appearance and are extremely smooth, as they do not rely upon wiping and air knives to control the coating application.

STEEL PROPERTIES

Steel chemistry
The percentage of carbon has a dramatic effect on the properties of the material and therefore on the uses for which it is suitable:

Type of steel	% carbon	Properties
Low carbon (mild steel)	0.07% -0.25%	Easily cold worked
Medium carbon	0.25% -0.50%	Wear resistant
High carbon (carbon tool steel)	0.85% -1.2%	Strong and wear resistant
Cast iron	2.5% -3.8%	Easy to cast but brittle

The addition of small amounts of other metals changes the properties of the material even further and means that steel can be manufactured that has exactly the right properties for its purpose.

Alloying element	Properties given to the steel
Cobalt	High magnetic permeability
Manganese	Strong and hard
Molybdenum	Maintains high strength at temperature
Nickel / Chromium	Resists corrosion
Titanium	Increased hardness and tensile strength
Tungsten	High melting temperature, tough
Vanadium	High strength

Strip steels used for prepainted metal are generally low carbon, with additions of manganese used to increase the strength level when required for structural applications. However, good formability is usually the most important requirement given the post-forming operations carried out when manufacturing the likes of construction products and domestic appliances.

Mechanical properties
The way in which a material behaves is described as its mechanical properties. When the forces tend to stretch a material it is said to be in tension. When the forces squash the material it is said to be under compression. When forces tend to twist the material or to make one part of it move relative to another part it is described as being in shear. The mechanical properties of steel can be categorised in many different ways.

Stress
Stress and strain are the quantities used to compare fairly the effects of a force on a material. Instead of the applied force we use stress and instead of extension (or compression), we use strain. Stress is the force per unit area. Stress allows us to get a fair comparison of the effects of a force on different samples of a material. A tensile force will stretch and, possibly, break the sample.

Tensile strength
A tensile test is used to find out what happens when a material such as steel is stretched. A steel bar is placed in a device that pulls one end away from the other fixed end. The tensile strength, sometimes called the Ultimate Tensile Strength or UTS, is the maximum stress that the bar can withstand before breaking.

Strain
Different samples of a material will stretch by different amounts depending on their original length. Strain allows us to get a fair comparison between the amounts that they stretch. It is the relative increase in length of a sample. Or the extension per unit length.

Stiffness
A stiff material is difficult to stretch or change shape. The Young's modulus is a measure of the stiffness of a material. It is what we call a bulk property -that is, it applies to the material not just a sample of that material. A stiff material will need a big stress to stretch it by a small amount (give it a small strain).

Hardness
The hardness of a material is a measure of how hard it is to change its shape. A hard material is difficult to scratch or dent, but it will scratch or dent a softer material.

Impact strength
Impact tests measure how a material behaves when subjected to a sudden force. In the Izod impact test, a heavy pendulum swings through an arc and strikes a test piece. The test piece has a notch cut into it near its base so that it is fairly easily broken. The pendulum continues its swing but does not go as high as the point where it started because it has lost some energy in breaking the test piece. The energy lost on impact can be calculated and is known as the impact energy.

SUBSTRATES FOR PREPAINTED STEEL

Cold reduced steel

Cold reduced steel strip is uncoated and will corrode if left exposed to the atmosphere for any period of time. However, modern organic coating systems can provide a reasonable level of corrosion resistance through the use of corrosion inhibitors in the pre-treatment, primer and topcoat layers. Therefore, cold reduced steel is a suitable substrate for many applications where the requirement for corrosion resistance is not particularly high. This will include many automotive, domestic appliance, office furniture and consumer goods applications.
As an uncoated substrate, cold reduced is a very cost effective choice. It is available in many grades, particularly formable steel grades able to cope with more demanding drawing and forming operations, and can provide a high level of surface quality.

Hot dip galvanised steel (HDG)

Hot dipped galvanised steel is the predominant substrate type for prepainted steel, particularly for construction and cladding applications. Galvanised steel is widely used in applications where corrosion resistance is needed. Most products contain small additions of aluminium to enhance the adherence of zinc to the steel strip.
When exposed to the atmosphere, pure zinc reacts with oxygen to form zinc oxide, which further reacts with carbon dioxide to form zinc carbonate, a dull grey, fairly strong material that stops further corrosion in many circumstances, protecting the steel below from the elements. The zinc coating protects the steel base metal in two ways:

1. By acting as a physical barrier that prevents the environment contacting the steel. Zinc corrodes more slowly than steel in most atmospheres at generally 3-10% of the rate of mild steel.
2. By providing galvanic or sacrificial protection if the organic coating is scratched and at the cut edges. In these situations in the presence of corrosive media, the zinc is a sacrificial anode and the steel the protected cathode.

The normal coating weight used prior to painting for construction applications is 275g/m^2 resulting in a coating thickness of 20 microns on each side. However, a wide range of metallic coating weights is possible, from 350g/m^2 down to 100g/m^2 or less, depending upon the level of corrosion resistance required.
Galvanised steel can be welded, when combined with suitable organic coatings, but one must exercise caution around the resulting zinc fumes. Galvanised steel is suitable for up to 200°C. Use at temperatures above this level will result in peeling of the zinc at the intermetallic layer.

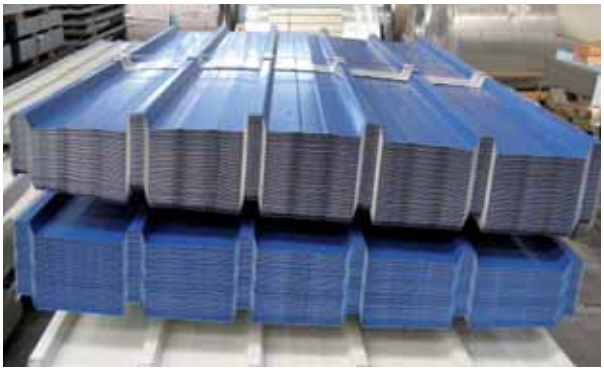


Image courtesy of Origoni Zanoletti S.p.A.

Electrozinc (EZ)
EZ is most often used on drawing quality steel for a wide variety of non-architectural applications. The standard coating is 18g/m^2, equivalent to a thickness of 2.5 micrometers, although a wide range of coating thicknesses is possible including although range coating possible including different thickness on each side of the strip. With much lower zinc coatings, the corrosion protection given by EZ is obviously not as high as HDG.
The EZ surface consists of a uniform tightly adherent electrolytic deposit of pure zinc. This smooth surface and the possibility to achieve very thin, or even differential, zinc films EZ make it favoured where a very high quality surface appearance is required after painting. Typical applications for prepainted EZ are in the automotive industry, in the domestic appliance field and in the electrical and electronics industry for trunking and fluorescent light casings.

55% Aluminium / zinc
In 1964, Bethlehem Steel developed an alloy compromising 55% by weight of aluminium, 1.6% silicon and the balance zinc. They called this new alloy coating for steel Galvalume.
The coating has a silvery metallic appearance with a smooth, flat, fine spangle pattern. The appearance and structure of the coating result from the way it is manufactured. Aluminium rich phases solidify first as the coating cools, which form a network of dendrites. The interdendritic spaces are then filled by a zinc-rich phase. A thin layer of intermetallic compound (Al/Fe/Zn/Si) bonds the coating to the steel substrate and provides additional corrosion protection.
Galvalume combines the two forms of corrosion protection of zinc and aluminium. The zinc provides sacrificial protection to the underlying steel, which is particularly important at exposed sheet edges, whilst the high aluminium content forms an oxide layer on the surface of the coating providing strong barrier protection. The coating weight is usually 150g/m^2 but can be lower for less demanding applications. In many parts of the

world, Galvalume has become widely used as a substrate for prepainted construction applications, but it has never found favour in Europe, since the European climate tends to favour the higher levels of zinc at cut edges found in conventional hot dipped galvanised steel.

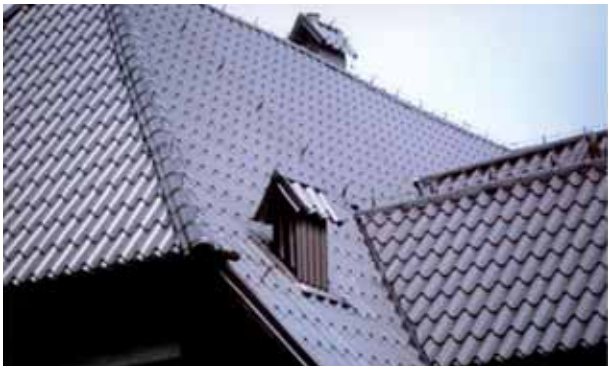


Image courtesy of ArcelorMittal flat carbon Europe

5% Aluminium / zinc

Galfan® was developed and patented by the International Lead Zinc Research Organisation (ILZRO) in 1981. This grew from an ILZRO-organized project co-sponsored by Arbed, Cockerill Sambre, Usinor and Sacilor (and now all part of Arcelormittal), British Steel, Fabrique de Fer de Maubeuge (now all part of Corus), New Zealand Steel, and Stelco (Canada) at Centre de Recherches Metallurgiques in Belgium. This project showed that an alloy combining 95% zinc, nearly 5% aluminium plus specific quantities of rare earth mischmetal could be reliably used in the hot-dip coating process, and conferred substantially improved performance to the end-product.

Because of its aluminium content, Galfan does not possess the characteristic “spangle” of conventional galvanised coatings. It can be given a featureless appearance by cooling immediately after application of the coating, using conventional water spray, or by using zinc dust nucleation techniques.

Compared with a standard zinc coating, Galfan and its derivatives provide increased corrosion performance, particularly at cut edges, making it suitable for a wide range of construction applications. In addition, it also exhibits greater flexibility and less likelihood of cracking upon forming, making it suitable for applications requiring a greater level of forming or drawing such as automotive components.

Aluminised steel

Aluminised steel has been hot-dip coated with a special aluminium alloy that forms a tightly adherent coating on both surfaces of the steel. The aluminium formulation contains approximately 10% silicon, which allows aluminised steel to be used in the most demanding deep-drawn applications. During

the coating process, an aluminium-iron alloy is formed at the interface with the steel substrate, whilst an aluminium oxide layer is formed at the outer surface. It is this thin but tenacious film of aluminium oxide that protects the steel. The aluminium coating is very reactive and 'takes' oxygen from air or water to seal itself from corrosive attack.
One of the most important properties of aluminised steel is the higher melting point of the metallic coating, which means it can be used in higher temperature applications up to 500°C. This makes it particularly suitable for applications such as bakeware, in combination with a special non-stick coating, or cladding in process plants such as chemical refineries. Coating weights are available in the range of 40-240g/m^2, but it should be remembered that as aluminum has a much lower density than zinc, so equivalent coating thicknesses would equate to lower coating weights. Aluminised steels offer a low-cost alternative to stainless steel and aluminium, as they are stronger than aluminium, and lower cost than stainless steel.

Stainless steel
Stainless steel, as its name suggests, is more resistant to corrosion than plain carbon or low alloy steels.
The key to the corrosion resistance of stainless steel is its chromium content. Other elements such as copper, aluminium, nickel and molybdenum help steel resist corrosion but their effect is limited if chromium is not present. Steels that contain below 4% chromium are called alloy steels. It is only steel with more than 4% chromium that is called stainless steel. For extra protection, for example against the hostile environment of sulphur–containing flue gases, steel containing over 12% chromium is used.
Stainless steel is a very effective way of preventing corrosion. The trouble is that it is expensive because chromium is expensive. Its applications as a substrate for coil coating are therefore limited to very specific applications including high performance coldstore panels and cladding for industrial facilities. High performance organic coatings on other substrate types often present a far more cost effective solution to provide corrosion resistant, coloured surfaces.

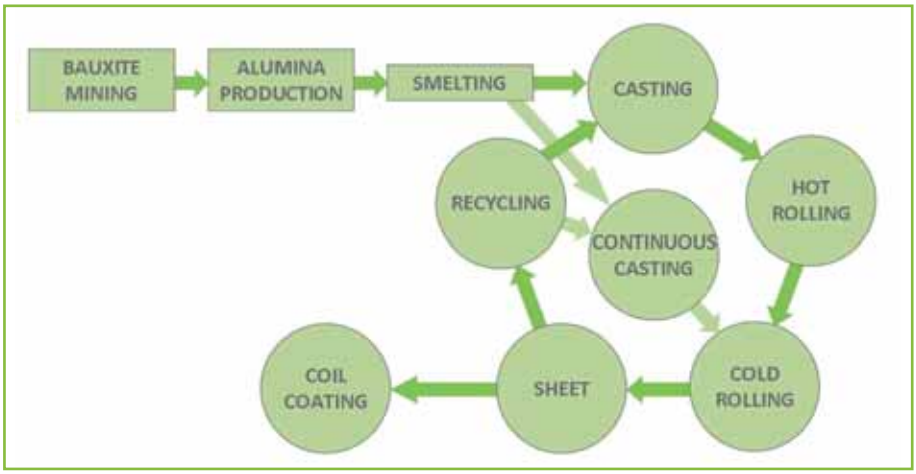
INTRODUCTION TO ALUMINIUM

There are two main metal substrates for coil coating, namely steel and aluminium.
Aluminium is the most abundant metal in the earth's crust and constitutes 7.3% by mass. In nature however it only exists in very stable combinations with other materials (particularly as silicates and oxides) and it was not until 1808 that its existence was first established. It is found as an orange-brown ore 'bauxite' named after the French village of les Baux, where it was first discovered.
Aluminium has gradually replaced other materials and metals in a range of applications and is now the second most widely used metal after iron. This is due to its favourable properties, in particular, low weight, high strength, recyclability, simplicity of fabrication, formability, corrosion resistance, and its thermal and electrical conductivity.

Image courtesy of Euramax Coated Products

MAKING ALUMINIUM

The process flow for Aluminium sheet production is shown in the illustration, which also identifies opportunities for recycling and continuous casting.
Primary aluminium is made by smelting alumina, which itself comes from the mineral Bauxite. Smelting produces molten aluminium which, following casting, can be hot and cold rolled to produce the desired dimensions and mechanical properties.
Secondary aluminium is produced by melting recycled aluminium scrap. The aluminium is cast and follows the same rolling processes as for primary aluminium.



Process flow diagram courtesy of Innoval technology Ltd

Aluminium extraction

Aluminium is the third most abundant element on earth, but production of aluminium metal requires the ore bauxite as the starting point. The main sources of bauxite are Australia, Jamaica, Ghana, Africa and India usually from surface mines. At the current rate of extraction, bauxite deposits will last 200 – 400 years, although the increase in recycling of aluminium will extend this.

Chemically, bauxite occurs in three main forms, namely Gibbsite, Böhmite and Diaspore. Gibbsite is a true aluminium hydroxide ($Al(OH)_3$) and Böhmite and Diaspore are both aluminium-oxide-hydroxides ($AlO(OH)$). The main difference between the latter two is that Diaspore has a different crystalline structure to Böhmite, and requires even higher temperatures for rapid dehydration in the subsequent production of alumina. Of the bauxite ores currently being mined the dominant form is Gibbsite.

To produce aluminium, the bauxite must first be refined to give alumina (aluminium oxide Al_2O_3). This is known as the Bayer process and is generally done close to the bauxite mine to reduce transport costs as at least 2 tonnes of bauxite are required to produce 1 tonne of alumina. Bauxite is mechanically crushed, mixed with caustic soda, and heated under pressure to dissolve out the alumina. The resultant mixture is then allowed to settle and dry to give the whitish powder that is alumina.

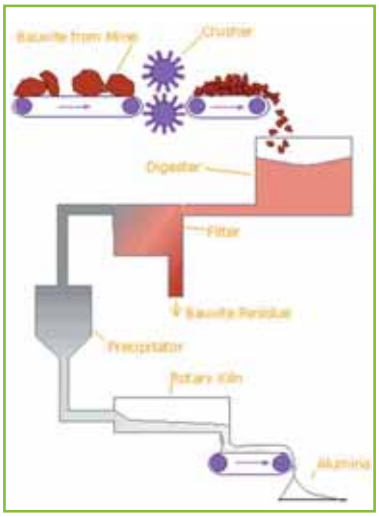


Diagram courtesy of Innoval Technology Ltd

Smelting

Alumina is smelted, usually in an area of cheap power (e.g. hydroelectric), as it requires around 14,000 kWh to produce 1 ton of aluminium, with 2 tons of alumina being required for each ton of aluminium produced. This investment in energy is the dominant cost in the production of aluminium.

The basis for all modern primary aluminium smelting plants is the Hall-Héroult Process, invented in 1886. Alumina is dissolved in an electrolytic bath of molten cryolite (sodium aluminium fluoride) within a large carbon or graphite lined steel container. The mixture is heated to 900oC and an electric current is passed through the electrolyte at low voltage, but very high current, typically 275,000 amperes. The electric current flows between a pre-baked carbon anode, made of petroleum coke and pitch, and a cathode, formed by the thick carbon or graphite lining of the pot. Aluminium forms at the bottom of the pot, whilst oxygen is given off at the anode.

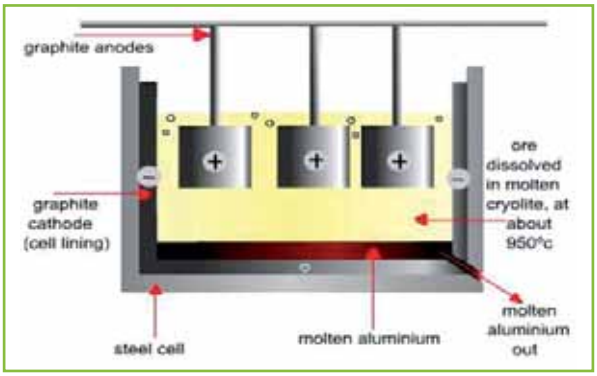


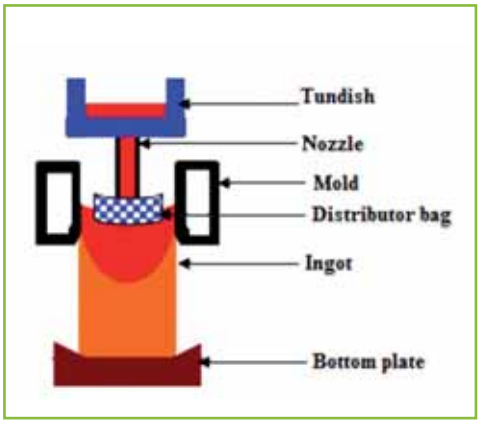
Image courtesy of Novelis

Casting

The aluminium is run off from the smelter in its molten form, alloyed with other metallic additions for the specific alloy composition required and is cast into ingots for rolled products. This process is referred to as DC (Direct Chill) Casting.

For DC-casting, the molten alloy is poured into fixed water-cooled aluminium moulds having a retractable base. The solidification of the alloy is accomplished by initial formation of a solid shell, entirely due to heat extraction through the aluminium mould by primary cooling and spray cooling of the partially solidified ingot on its exit from the mold.

The solidified structure of a DC-cast ingot is the result of an intricate and complex interplay of the applied casting conditions, such as the casting speed, solidification characteristics of the alloy including the kinetics of solidification, preferred growth directions, and the alloy chemistry such as the alloy tendencies to form metastable phases.



Images courtesy of Novelis

Rolling

Rolling begins with large sheet ingots weighing as much as 30 tons, which have been preheated to make them easier to shape. As the size of rolling mills has increased, so has the size of these ingots, but a typical ingot is up to 2m wide, 6m long, and more than 600mm thick. When the aluminium ingot is passed between rolls, it becomes thinner, and longer in the direction in which it is.

The first step is through a breakdown mill where it is rolled back and forth, reversing between the rolls until the thickness has been reduced to around 40mm.

The slab is then passed through a train of 2 to 6 tandem mills for reduction to a gauge of 2 to 10mm, this is achieved with strip temperatures between 250°C and 350°C. Alternatively there will be a warm mill which is a single stand reversing mill with coilers on each side. In this case, instead of passing the mill through 3 stands sequentially, the mill runs the coil several times though a single stand.

Cold rolling is the last rolling step and is achieved either though a cold tandem mill or with multiple passes through a single mill with sheet temperatures of up to 150°C. Significant work hardening through the mill passes may require intermediate coil annealing in a furnace to soften it for further rolling.
Gauge reductions at each pass of cold rolling are usually close to 50%, with final passes often being less to control surface appearance. This is the last process step for some grades, but other types, known as heat-treatable are subjected to further elevated temperature processing, which increases the metal's strength. Alternatively, where the aluminium will pass through a coil coating line, the paint cure can contribute to this strengthening mechanism.

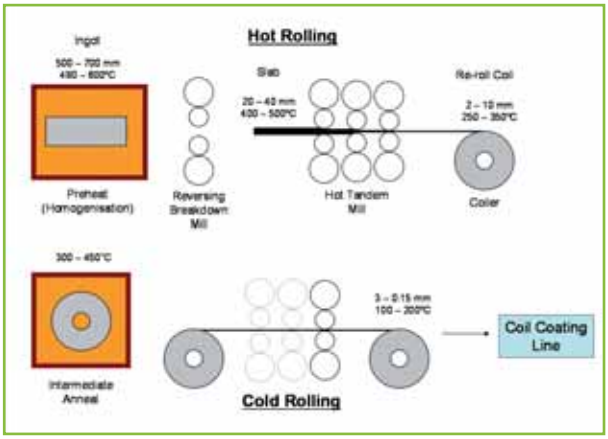


Diagram courtesy of Innoval Technolgy Ltd

Continuous casting
Although most aluminium alloys used for prepainted metal are produced by the conventional ingot casting, hot rolling and cold rolling route, there is a gradual shift, globally, towards continuous casting for all, or part, of a coil coater's product mix.
Continuous casting combines the operation of casting and hot rolling in one operation. Therefore, continuous casting represents a saving in time, labour, energy, and capital. By casting the Aluminium directly into semifinished shapes, the following steps are eliminated: ingot teeming, stripping, and transfer; soaking pits & hot rolling.
There are three types of continuous casting processes and all are being used in Europe:
- twin roll casting
- belt casting
- block casting.

All three technologies present a controlled flow of molten aluminium to a cooled moving substrate.
Taking Twin Roll Casting as the example a continuous flow of molten aluminium is delivered to a planar ceramic pouring nozzle, known as a tip, which distributes the molten metal between two internally water cooled caster rolls. The exit of the tip is slightly behind the centre line of the caster rolls, thus the caster solidifies and hot rolls the aluminium all in one process. On exiting the casting machine, the resultant solidified strip is wound into a coil, which, at gauges between 3 and 10mm, is suitable for cold rolling.
Alloy selection can be different as compared to conventional processing: allowances must be made for the difference in metallurgical structures created by rapidly cooled continuous strip processing as compared to the slow cooling of a sheet ingot. A slight variation in alloy type and/or heat treatment may be required to allow substitution of conventionally produced sheet by continuously cast sheet. The most common alloys produced by continuous casters are AA3105 and the dilute magnesium alloys within the 5XXX series.

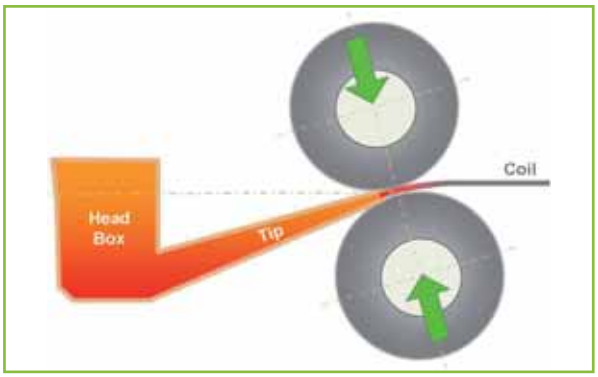


Image courtesy of Novelis

Image courtesy of Novelis

Aluminium alloys

There is no one substance called aluminium, but there are many alloys used based on aluminium. Aluminium's range of properties can be found in an impressive array of commercially available alloys. The composition and logic of those alloys are regulated by an internationally agreed classifications system or nomenclature for wrought alloys and by international nomenclature schemes.
The wrought scheme is as follows. Each registered alloy is described by a four digit number, with a further letter and number indicating the temper, or condition of the alloy, For example, AA3005 H44 is a medium strength grade based on the aluminium manganese family, which has been strain hardened and lacquered or painted.
The classification provides for:

1XXX	Aluminium of 99% minimum purity
2XXX	Aluminium-copper alloys
3XXX	Aluminium-manganese alloys
4XXX	Aluminium-silicon alloys
5XXX	Aluminium-magnesium alloys
6XXX	Aluminium-magnesium-silicon alloys
7XXX	Aluminium-zinc alloys
8XXX	Miscellaneous alloys, e.g. aluminium-lithium alloys

Alloys fall into two main groups. The strain-hardening alloys, where strength is achieved by the amount of "cold work" applied to the alloy and heat-treatable or precipitation hardening alloys, where the strength and properties are achieved by heat treatments of varying complexity.
The temper designations and definitions are as follows:

- F as fabricated
- O annealed
- H strain hardened
- W solution heat treated
- T thermally treated to produce stable tempers other than F, O or H.

Considering the strain hardened H temper, the first number indicates a specific operation. Specifically:

- H1X strain hardened only
- H2X strain hardened and partially annealed
- H3X strain hardened and stabilized
- H4X strain hardened plus lacquering or painting.

Thus in coil coating the H4X temper prevails.

The final digit indicates the ultimate tensile strength:

- HX2 has 15% residual hardening
- HX4 has 35% residual hardening
- HX6 has 55% residual hardening
- HX8 has 75% residual hardening

Aluminium alloys for coil coating

In general, the alloys used in coil coating are from the 3XXX and 5XXX alloys. The choice of alloy, gauge and temper will depend on the specific application, optimising for the balance between strength and formability required by the product.

Some examples of aluminium alloys used for prepainted applications are:

- AA3005 H48 used for roller shutters. Here, 3005 refers to an alloy with 0.5% Manganese and 0.5% Magnesium, while the H48 designation refers to a cold rolled (H) painted (4) product with 75% residual hardening (6). This would typically be used in a thickness of 0.3mm.

Images courtesy of Novelis

- AA5754 H42 used for facades. Here, 5754 refers to an allow with 3% Magnesium, while the H42 designation refers to a cold rolled (H) painted (4) product with 15% residual hardening (6). This would typically be used in a thickness of 2mm

Images courtesy of Novelis

There are many more applications of prepainted aluminium for which the choice of alloy, gauge and temper will depend on the required properties of the final product.

RECYCLING ALUMINIUM

All aluminium products can be recycled after use. Recycling requires only 5% of the energy to produce secondary metal as compared to primary metal and hence generates only 5% of the greenhouse gas emissions. For this reason scrap aluminium has significant financial and environmental value and is a key component in demonstrating that aluminium is a sustainable material.

Scrap can be processed at dedicated recycling plants (as in beverage can recycling) or through remelt operations to create sheet ingot. Scrap is checked and sorted to determine alloy composition and value. If the scrap is of unknown quality the aluminium will first be passed through some large magnets to remove any ferrous metal. Depending upon the type of contamination present, some scrap must be processed further. For example, painted aluminium scrap must have their coatings removed prior to remelting.

The segregated aluminium is loaded into a furnace, which melts the aluminium completely. This molten metal (secondary metal) undergoes any compositional adjustment for the specific alloy and is then cast as DC ingots or is used as feed for continuous casters.

INTRODUCTION TO PRE-TREATMENT

In a prepainted metal product the substrate gives the mechanical and physical properties to the manufactured item and the organic coating adds value by improving corrosion and chemical resistance and by giving decorative and various other properties that may be required.
The effective pretreatment of the substrate has the vital role of providing compatibility between the substrate and the applied organic coating to ensure the optimum adhesion and corrosion resistance characteristics of that coating are obtained.
Overall, it is the substrate, pretreatment and organic coating which are totally integrated and which give the required properties and quality to the final product. In this module, we explore the pre-treatment, both cleaning of the strip surface and application of a chemical conversion coating.

THE BASICS OF PRE-TREATMENT

Pre-treatment requirements

Organic coatings applied directly to a metal surface will not adhere well and if subjected to any deforming force, will tend to flake off exposing the surface beneath. This is because natural oxide films that form on most metal surfaces, especially in combination with any oils or particulate matter that might be present, provide only poor adhesion characteristics. Most coatings are permeable to water vapour and air in varying degrees. Therefore, even if the coated surface remains intact, underfilm corrosion can still occur. Blisters would form, which would eventually result in the coating flaking away to expose the substrate to the environment. Furthermore, if the coated surface was scratched or abraded to expose the bare metal, then this area would form the nucleus for corrosion of the substrate and subsequent undercutting of the coating.
To give maximum adhesion and corrosion resistance characteristics to the organic coating, the functions of an effective pretreatment are:

1. The elimination of organic soils, particulate matter and natural oxides to leave a clean metal surface.
2. To prevent the reformation of oxides and to provide an inert surface which has good stability and will provide excellent adhesion characteristics to the subsequently applied organic coating.
3. To prevent under film corrosion, even when the organic coating is damaged.

The pretreatment sequence inevitably consists of a cleaning stage - or stages - to satisfy point 1, and a conversion coating to satisfying points 2 and 3.

The pre-treatment process

It should be noted that the successful application of conversion coatings requires the metal to be clean and free from organic soils, natural oxides and particulate matter. This is because conversion coatings can only be formed by chemical reactions with a metal surface which, if not clean, will inhibit these reactions and prevent the formation of the conversion coating.

On a coil coating line, when only a few seconds are available for chemical reactions, good cleaning is obviously essential. The type of cleaning system used will be dictated by the characteristics of the metal surface and can also affect the coating characteristics themselves such as conversion coating morphology.
Conversion coatings are so named because a surface coating is formed by a reaction in which a portion of the base metal is converted to one of the components of the coating. As a result of this reaction and conversion, the film becomes an integral part of the surface.
All chemical conversion systems contain components that perform three common functions when applied to the metal substrate:

- A chemical that will react with the metal substrate to form metal ions required for the conversion coating.
- A chemical that will promote the formation of a coating. This may be an oxidising agent to assist the formation of metallic oxides, an anion capable of forming an insoluble compound with the base metallic ions or other cations or other chemical agents that will promote coating formation by controlled hydrolysis reactions.
- A reaction modifier that can either be an inhibitor or accelerator. In coil coating applications, this components is inevitably an accelerator due to the required short reaction times.

Often, a specific component in the system performs more than one of the above defined functions.

PRE-TREATMENT PROCESS STAGES

Pre-treatment: The overall process

The short processing times for each stage puts particular demands on the processes used and the need for good quality control.
There are a number of pretreatment options available to the coil coater. These include the use of acid or alkaline cleaners in combination with either a conversion coating that requires subsequent rinsing (conventional pretreatments) or conversion coatings that do not require subsequent rinsing (no rinse pretreatments). The process stages related to these two pretreatment options are shown in the table below.

Typical rinsed pre-treatment

Stage	Time
Clean (several steps)	7 - 15 s
Rinse (several steps)	2 - 10 s
Conversion coating	8 - 16 s
Rinse (several steps)	2 - 10 s
Final passivation rinse	2 - 5 s
Dry	–

Typical no-rinse pre-treatment

Stage	Time
Clean (several steps)	7 - 15 s
Rinse (several steps)	2 - 10 s
Conversion coating	0.5 - 2 s
Dry	–

Pretreatment solutions are exclusively aqueous based and are applied by spray, immersion, reaction cell or by using roller coaters. The individual processes are separated by one or two squeegee rollers which help to prevent cross contamination of the bath solutions in adjacent stages and ensure the quick removal of the liquid film on the metal surface.

Cleaning

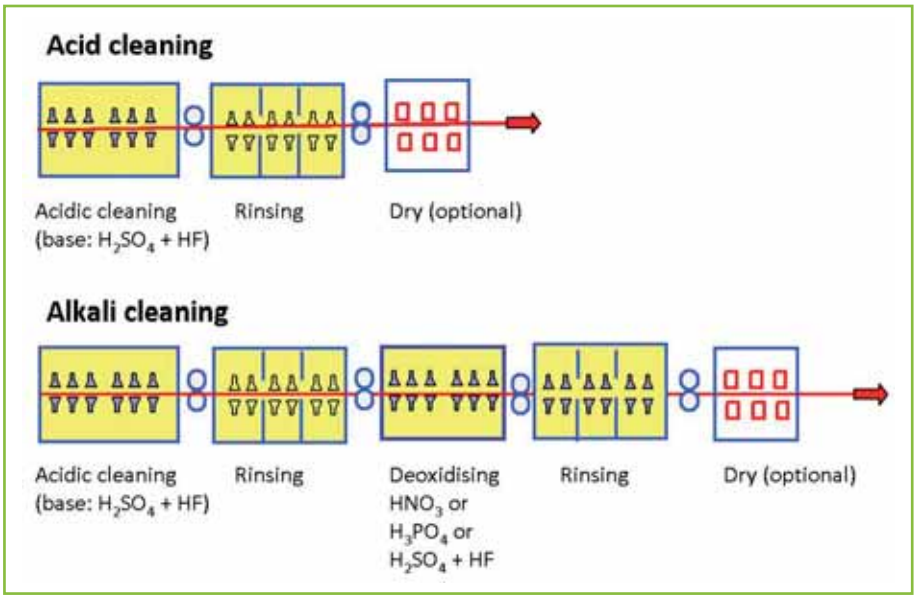
The first stage in pre-treatment of the metal strip is cleaning in which any particulate matter or oils are removed from the metal surface. Effective cleaning is vital to obtaining uniform good-quality conversion coatings. Good cleaning is even more critical for no-rinse pretreatments, as any contaminants remaining on the metal surface will interfere with the coating.

Cleaning can consist of more than one stage and include a rotary abrasive brush section, the purpose of which is to remove any localised corrosion products from the substrate. Brushing is sometimes used on hot dip galvanised steel but more often on cold rolled steel which can have severe surface contamination consisting of carbon particles and rust.

Alkaline cleaners are invariably used for steel and zinc coated steel substrates and are the most efficient for moving organic soils.

Care has to be taken to ensure that excessive alkali attack of reactive surfaces such as those containing aluminium and/or zinc does not take place causing the formation of corrosion products and smuts that will adversely affect the quality of the subsequently applied conversion coating. Low alkaline cleaners have been developed with new surfactant technology which allows such cleaners to have excellent detergency and oil holding capacity for a wide range of rolling and protective oils on all substrates. Particular care needs to be taken when cleaning Galvalume with alkaline systems as the 1.6% silicon content can produce a very heavy black smut.

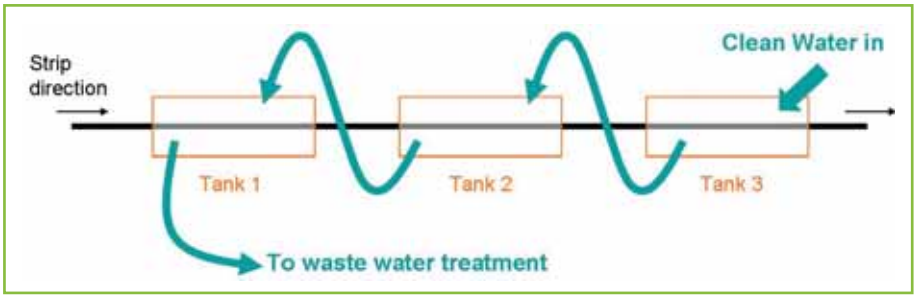
Alkali cleaning is also used on aluminium surfaces but acidic cleaning can also be used on this substrate. When cleaning aluminium, the key factor is that a minimum amount of metal removal takes place. It has been found that an etch rate of 0.2 -0.3 g/m^2 of metal surface is required to ensure excellent cleaning. Values less than this will produce a surface that may contain small amounts of soil and/or oxide and values greater than this may lead to a smutty surface containing trace alloying elements. Acidic cleaning of aluminium can reduce the number of stages required as shown in the illustration.



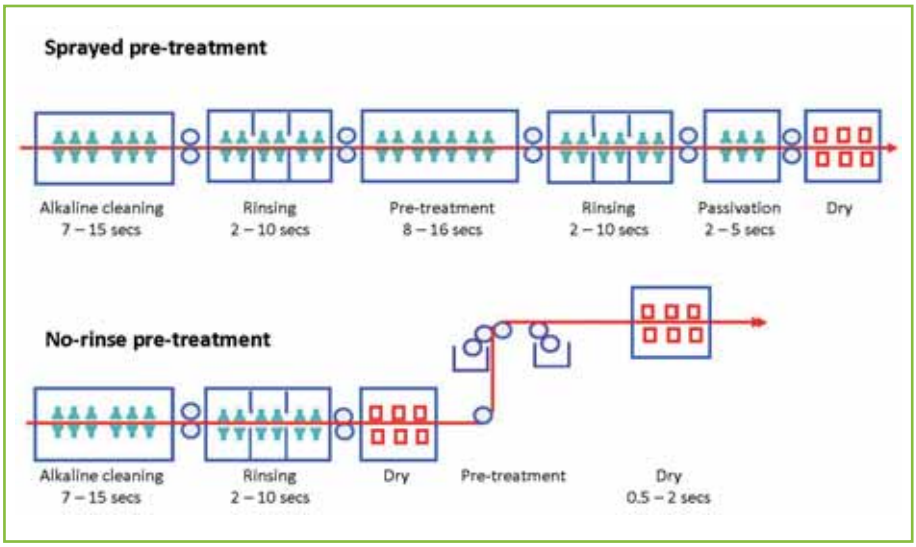
Rinsing

It is necessary to prevent the remaining treatment solution left on the metal surface from further reactions with the surface or carryover into subsequent treatment stages and rinse stages are essential for this. Good rinsing is vital for removing any cleaner contamination before no-rinse pretreatments.

Invariably more than one rinse stage is used. For both rinsed and no rinse pretreatment systems reverse cascade rinsing is used to minimise the amount of water consumed. In a reverse cascade rinse system (as shown in the illustration) clean water is fed into the final rinse tank, the discharge from this being used to rinse the previous tank and so on. This technique dramatically cuts the requirement for clean fresh water. All waste water is treated, usually on-site, to remove contamination before re-cycling or discharging to effluent.



Conversion coating application
After cleaning and rinsing, the substrate is then chemically pre-treated. With a rinsed system, the application will be done by spray or immersion methods followed by rinsing and drying. With a no rinse system, the pretreatment can be applied using a squeegee roller or roller coater (often called "chemical" coater or "chemcoater"). In this case, no subsequent rinsing is required. This type of system has the environmental benefits of no polluting effluent and plant requirements are reduced, thus saving on energy and capital investment.



The illustration shows the process steps for both rinsed and no-rinse systems.

CONVERSION COATINGS

Types of conversion coatings
Conventional conversion coatings include:
- iron phosphate
- zinc phosphate
- alkaline oxide
- chromates
- chrome/heavy metal free systems.

No rinse processes are mainly based on chromates or chrome/heavy metal free chemistry.
Not all these systems are equally suitable for all substrates. Their performance and operational characteristics also varies. The criteria for choice, therefore, depends on plant, end-use application, quality and economics.
The table below summarises these common conversion coating types.

Substrates

Pre-treatment	Coating	Coating weight (mg/m²)	CRS	HDG	EZ	An/Al	IZ	Al
Zinc phosphate	Zinc phosphate	1600 -2200		y	y			
Iron phosphate	Iron phosphate	200 -400	y					
		10 as Cobalt						
Alkaline oxides	Oxides		y	y				
		15 as Chromium						
Chrome oxide	Cr chromate	15 -30	(y)	y	y	y	y	y
Chrome phosphate	Cr phosphate	15 -30		(y)	(y)	(y)	(y)	y
Chrome-free	Ti/Zr oxides	5 -10	y	y	y	y	y	y
No-rinse chromate	Chromates	15 -30	y	y	y	y	y	y
No-rinse Cr-free	Ti/Zr oxides	5 -10	y	y	y	y	y	y

ZINC PHOSPHATE

Coating

Crystalline zinc phosphate coatings are formed by reacting the substrate with a solution containing free phosphoric acid, primary zinc phosphate and an accelerator. Coating weights of 1.6-2.2 grams per square metre are required and in this range, crystal morphology is more important than the coating weight itself for good corrosion resistance.
The coating is usually given a final passivation rinse to enhance its corrosion inhibiting effectiveness.

Performance factors

Zinc phosphate coatings are much heavier than the other coatings considered. They, therefore, impart superior corrosion resistance characteristics to subsequently applied organic coatings. Generally, a zinc phosphate coating has good initial adhesion but not as consistently good on ageing as the other types discussed.

Operational factors

Bath control has to be maintained within close limits and requires the measurements of total and free acidity, crystal morphology and coating weight. Zinc phosphate is an inefficient process and produces large quantities of sludge which requires continuous removal.
The zinc phosphate coatings are sensitive to rinsing conditions and are difficult to rinse free of reaction products which can cause paint lifting and blistering. Paint appearance may also be affected by variations in the crystalline deposits of zinc phosphate caused by the different orientations of zinc spangling on the surface of hot dipped galvanised steel.

Application
Crystalline zinc phosphate coatings are mainly used on hot dip galvanised and electro-zinc coated steel. The major use is for domestic appliances where good levels of corrosion resistance are required.

AMORPHOUS PHOSPHATE

Coating
This process is based on the reaction of acidic alkali-metal phosphate with the substrate. On steel, a coating consisting of ferric phosphate is formed. The coatings are generally regarded as amorphous with no defined crystalline structure.
Coating weights in the range of 0.2-0.4 grams per square metre are produced. A final chromate rinse is necessary to achieve reasonable corrosion resistance with a suitable organic coating.

Performance factors
Amorphous phosphate coatings are thin and flexible. They have good paint adhesion and good flexibility when the substrate is deformed. Corrosion resistance is sacrificed, however, and is not as good as other systems.

Operational factors
Bath control is simply by measuring free and total acidity and the system is quite robust. Because all the insoluble products formed, are encompassed within the coating, the solution operates sludge free and the process is, therefore, chemically efficient. Effluent is relatively easy to dispose of, only requiring appropriate neutralisation.

Application
Amorphous phosphate coatings are used primarily on cold rolled steel for applications where corrosion resistance is not of primary importance.

ALKALINE OXIDE

Coating
This system is primarily designed for zinc coated surfaces. The solution contains heavy metals such as iron, cobalt or nickel which are maintained in an alkaline solution with sequestrants. The coating is initiated by the reaction of the metal with the alkaline solution. The coating formed consists of zinc oxide in combination with these heavy metal ions. The coating provides no barrier layer and minimal corrosion inhibition to the zinc surface. It is essential that the coating is treated with a subsequent final passivation rinse which is partially absorbed by the complex oxide film to provide corrosion inhibition properties. This rinse may or may not contain chromium.

Performance factors
Alkaline oxide coatings give excellent adhesion characteristics to applied paints. Corrosion resistance properties are intermediate between iron and zinc phosphates.

Operational factors
The bath is controlled by measuring alkali pointage and analysing for zinc, cobalt and iron. The control of zinc contamination in the bath is critical which is normally done by controlled solution discard.

Application
The alkaline oxide pretreatment is most widely used on hot dip galvanised steel for the commercial and industrial building market. It can also be used on electro zinc coated steel.

Chromates

Coating
Chromate conversion coating systems have a wide range of compositions and it is therefore difficult to generalise about their properties. Chromate solutions for coil coating are acidic and contain chromates, fluorides and activators.
Chromates are versatile in that formulations can be developed to give coatings on most metal substrates. It is common to apply a final chromium containing rinse to these coatings which controls any residual contamination and conditions the pH of the strip to a value best for paint adhesion.
Some chromate pretreatments, designed for food grade applications, contain only trivalent chromium rather that a mixture of tri-and hexavalent chromium. The use of trivalent chromium in products for these applications ensures that there is no possibility of the ingestion of the more toxic hexavalent chromium if the continuity of the lacquer on the food container was broken for any reason.
Coating weights are generally in the range of 15 to 30 mg per square metre expressed as chromium but the particular coating weight required depends on the substrate and to a certain extent on the application.

Performance factors
Chromates give excellent corrosion resistance characteristics to applied organic coatings. The coatings are very thin and are highly flexible giving good adhesion when profiling or forming. Some variability of adhesion can occur on galvanised surfaces and in this respect it is important that close solution control is maintained. Generally, adhesion properties are intermediate between zinc phosphate and alkaline oxide coatings.

Operational factors
Bath control has to be maintained within close limits but is not particularly involved and requires measuring hexavalent and trivalent chromium and pH. The tendency to form sludge depends on the composition of the system but is generally not great. Effluent treatment requires the conversion of hexavalent to trivalent chromium and adjustment of pH prior to its disposal.

Application
Chromate coatings are predominantly used on aluminium. They are also used on hot dip galvanised steel, electro zinc coated steel and aluminium/zinc alloy coated steels. Chromate pretreatments are used for a wide spectrum of end uses.

Chromate-free systems
Historically, the unique properties of chromium have been a key factor for their use in both pretreatments and paints. Chromium, in its oxidation states + VI and + III, serve as an electrochemical couple that can inhibit most corrosive reactions on a metal surface. Therefore, most pretreatments in coil coating lines using dip or spray applications, comprise at least one processing step with chromate containing chemicals to obtain the necessary corrosion resistance of the final product.
However, chromates are regarded as toxic materials and hexavalent chromium is a known carcinogen. Hexavalent chromium effluents must be reduced to the trivalent state and precipitated before disposal. This requires appropriate waste water treatment, resulting in additional costs.
It is anticipated that the use of chromates in coil coating will be limited or eliminated by future legislation.
Therefore, numerous types of alternatives for chromium containing pretreatments have been investigated. This is not an easy task but some chrome free systems are now being used commercially both on hot dip galvanised lines and aluminium lines.
The introduction of RoHS legislation in 2002 effectively banned chromates from electrical appliances in Europe, while similar legislation had the same effect for automotive applications and where food contact is intended (eg in food packaging) the use of chromates is obviously banned too. This legislation has led a significant part of the coil coating industry to adopt chrome-free pre-treatments, although the majority of producers who serve the buildings market still consider the outstanding corrosion resistance of chromate pre-treatments to be essential.
Chrome free systems can be based on many different formulations including:
- Molybdates or manganese compounds.
- Acids of titanium and zirconium.
- Silicates and/or silanes
- Polymer based film forming treatments

There are also some alternative pre-treatment processes which are chromate-free, including plasma cleaning and plasma polymerisation and electrolytic surface activation.

NO-RINSE SYSTEMS

Coating

No rinse coatings can have a wide variety of compositions but are presently mainly chromate based. They can contain organic components which can improve certain aspects of performance including adhesion characteristics but they can also give rise to chemical stability and compatibility problems with subsequently applied coatings.
Coating weights for no-rinse pretreatments are normally expressed as chromium and range between 5 – 30 mg/m^2 of metal surface. Chrome-free no-rinse systems are mainly based on either titanium or zirconium compounds. Coating weights typically range from between 2 – 10 mg/m^2 of metal surface.
The chemistry of these systems is traditionally based on chromates but chromate-free pretreatments can also be applied by roll-coater.

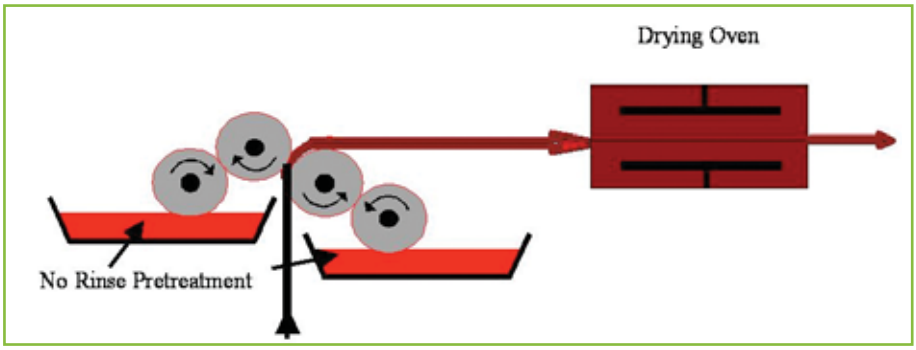
Performance factors

No rinse coatings tend to give adequate performance with regard to providing good corrosion resistance and adhesion characteristics to subsequently applied paint systems.
However, they normally cannot match the corrosion resistance characteristics that can be provided by zinc phosphates or the adhesion characteristics that can be provided by amorphous phosphates and alkaline oxide types. No rinse pretreatments are also more sensitive to substrate characteristics than conventionally rinsed pretreatments. However, they do give excellent consistency of results because fresh product is always being applied to the substrate and they provide highly stable coatings under varying conditions of heat and humidity.

Operational factors

No rinse technology allows for more effective utilisation of the pretreatment chemical. The most common application method for no rinse technology is the chemical coater, although dipping or spraying can be used with either an air knife or squeegee rolls drying the strip surface. The pretreatment chemicals form a thin coating simply by drying 'in place'. The drying requirements depend on the type of pretreatment that is used. Some systems simply require the hot strip to provide sufficient energy to ensure that all water is evaporated, while others require some form of heating in a drying oven, normally between 80 and 120°C.
No reaction side-products are produced that can change the process chemistry and water rinsing is not necessary. Consequently, the main advantages are found in the efficiency of chemical usage and in substantial waste water treatment savings.
As the contact time with the no rinse pretreatment chemical is very short before it dries, (in the order of 0.5 – 2.0 seconds) and there is no possibility of any cleaning or removal of the metal surface by the no rinse pretreatment as there is with a conventional rinsed pretreatments, good

cleaning and thorough rinsing in previous stages is absolutely critical. The purity of the final rinse represented by conductivity should be in the order of 30 -50 micro Siemens.
A further major operational advantage of no rinse systems to coil coaters is the fact that they are generally multi-substrate. Provided that the substrate has been suitably (etch) degreased then the coil coater does not have to change pretreatment operations depending on which substrate he is coating. This saves hugely on line space, heating costs, downtime and maintenance time.
Control of no rinse systems is very simple comprising the measurement of the coating weight on the substrate and adjusting the product concentration if necessary and, in some cases, the pH of the no rinse solution.



Application
No rinse coatings are suitable for aluminium, hot dipped galvanized steel, cold rolled steel, electro zinc coated steel and aluminium/zinc alloy coated steels. The end use applications for no rinse systems would correspond to those used for the best of the standard pretreatments.

BENEFITS OF DIFFERENT CONVERSION COATINGS

Each of the conversion coatings described here clearly has their own benefits and uses which result from them. Which system to use for a particular application should be decided between the coating applicator and the chemicals supplier, but the table below will help to summarise these benefits.

Pre-treatment	Paint adhesion	Flexibility	Corrosion resistance	Ease of control	Sludging	Stability
Zinc phosphate	***	**	****	*	*	***
Iron phosphate	***	***	**	****	**	****
Alkaline oxide	****	****	***	*	*	***
Chrome oxide	****	****	****	**	***	***
Chrome phosphate	****	****	****	**	***	****
Chrome-free	***	***	***	**	***	***
No-rinse chromate	****	****	****	****	n/a	****
No-rinse Chrome-free	***	***	****	****	m/a	***

EFFLUENT TREATMENT

Treating effluent from strip cleaning

Alkali cleaners typically contain surfactants, an alkali base (typically sodium or potassium hydroxide) a builder (usually polyphosphates or silicates) and metal sequestering chemicals (e.g. a sugar acid derivative). The primary contaminants in waste water from the cleaning process are likely to be oil and carbon particulate matter. Zinc and aluminium will also be present assuming that either HDG and/or aluminium are being cleaned. These constituents will have entered the cleaner solution by reaction with the sodium hydroxide contained in the cleaner.

A typical waste treatment plant would have a storage tank for alkaline wastewater awaiting effluent treatment. From there, the wastewater would be transferred to a tank to which hydrochloric acid is added until the solution is neutral or slightly acidic. Any oil in the waste water would then float to the surface and be weired off into a waste oil drum for subsequent disposal.

Sludges formed from metal contaminants would then sink to the bottom of the tank often aided with polyelectrolytes and ferric chloride after which, the sludge is sent to a press where water is removed to form a cake suitable for specialist disposal.

If removal of phosphates from effluent water is required then this can be accomplished by adding calcium chloride during the neutralisation stage and adjusting the pH to 8.0 – 8.5.

Acid cleaners that can be used in lines that coat aluminium only, are based on sulphuric and/or phosphoric acid together with hydrofluoric acid and surfactants. The treatment of acid cleaner waste streams requires the solution to be retained in a holding tank to allow any oil to be weired

off the surface of the liquid. From there, the neutralisation of the acidic solution takes place when any aluminium contained in the cleaner will separate as aluminium hydroxide sludge.
Calcium hydroxide (slaked lime) is used for neutralisation purposes because it will also remove fluorides from the waste solution by forming calcium fluoride which is extremely insoluble.

Treating effluent from conversion coating
Conventional pre-treatment chemicals that contain hexavalent chromates (Cr6+) require stringent waste treatment as this is extremely toxic. The contaminants in waste water from these processes can contain other heavy metals some of which have been removed from the substrate being treated.
Typically, the pre-treatment wastewater is transferred to a holding tank for acidic wastewater awaiting effluent treatment. From there, the wastewater is transferred to a chrome reduction tank for reduction of the hexavalent chromium (Cr6+) to trivalent chromium (Cr3+) which is much less toxic. Sodium metabisulphite is often used as a reducing agent. This is preferably carried out in a pH range of 2.5 – 3.5. Hydrochloric acid can be added to achieve the required acidity.
The chrome-reduced wastewater is then transferred to a neutralisation tank were a suitable alkali such as hydrated lime (calcium hydroxide [$Ca(OH)_2$]) is added to achieve a pH of approximately 8.2. A polymer (polyelectrolyte) is added to assist with the agglomeration process in a flocculation tank in which coagulation of the particulate matter occurs to form large lumps.
From there, the suspension is transferred to a settlement tank which is large and conical in shape, and contains a series of spiral shaped blades. The particulate matter flows down the blades and settles at the bottom of the tank. The sludge formed contains about 95% water and is then transferred to the filter press were the water content is reduced to about 30% for disposal.
The supernatant liquid from the settlement tank may contain non-ionic biodegradable surfactants which do not require treatment provided compliance is being achieved with the Chemical Oxygen Demand (COD) emission limit. After passing through a sand filter, which polishes the wastewater by removing any residual particulate matter and final pH adjustment within the range 6.0 – 10.0, the outlet for the supernatant liquid can then be discharged.
One of the most frequently used pretreatments for zinc coated surfaces is the alkaline oxide type. The treatment of effluent from this process firstly requires the adjustment of the pH to 3.0 followed by the addition of ferric chloride which helps with the precipitation of the metallic constituents. In a separate tank, the pH is then adjusted to 9.5 by the addition of slaked lime and a polyelectrolyte. The agglomeration of sludge and the preparation of the filter cake are as described above.

Hexavalent chromium free pretreatments only require the adjustment of pH to meet local requirements before discharge to drain.
No rinse pretreatments, whether they are based on hexavalent chromium or are chrome free, by their very nature, do not require waste treatment. However, when applied using a chemcoater, there is inevitably unused solution which cannot be stored and therefore needs to be treated. The volumes to be treated are obviously only a fraction of conventional rinsed pretreatments.

COMPARISON WITH OTHER INDUSTRIES

The coil coating process presents challenges to cleaner and pretreatment technologies particularly with regard to process speeds. Coil coating lines can operate at speeds up to 200 m/min so that the time available for cleaning, rinsing and the application of the pretreatment coating is only a matter of a few seconds. As a comparison, conventional lines such as in an automotive plant, have process stage times for the pretreatment typically in the range of 30 to 60 seconds.
There is also a requirement for a very high standard of adhesion for subsequently applied organic coatings as the coated strip has to be made into the final article which can involve roll forming, bending, pressing and deep drawing without cracking or flaking of the paint.
Much prepainted metal is used for exterior building cladding which can involve guarantees of up to 40 years life without deterioration. This, of course, means that the pretreatment/coating combination must be able to give this sort of performance.
The coil coating process has many environmental advantages over other manufacturing methods. In particular, because flat surfaces are involved, then no-rinse pretreatment systems can be used which is not possible for post-forming application of coatings.
Furthermore, because squeegee rollers can be used on the flat metal substrate at the end of each process stage, cross contamination between stages is minimised. The rinsing process can be very efficient and water consumption is very low for coil coating compared to other coating operations. On average, 13 L/m^2 of water are required in the post paint production of appliances compared to 2.75 L/m^2 in a coil coating line.

INTRODUCTION TO ORGANIC COATINGS

A wide range of organic coatings are in use for prepainted metal, developed in order to provide different levels of durability and performance, or to satisfy different aesthetic requirements. The most commonly applied coatings are based upon liquid paints, although films (also known as laminates) and powder coatings are used in smaller quantities.

LIQUID PAINTS

The basics of paint for coil coating

Liquid paints account for more than 90% of the coatings used for prepainted metal. They must satisfy a number of fundamental requirements in order to be successfully applied:

- Easy application to give uniform appearance and defect-free films even on the fastest production lines (up to 220m/min)
- A very short cure time during which the pigment colours remain stable – time spent in the oven can vary between 6 to 60 seconds depending on the line while the substrate temperature is between 210°C and 250°C according to the paint used.
- Flexibility to enable the coated metal to be bent without cracking or loss of adhesion of the paint film.

There are two types of paint used for coil coating, based on either thermosetting or thermoplastic resins. The resin types can be subdivided into more specific categories: alkyds, acrylics, epoxies, polyesters, polyurethane, silicone-modified resins, polyvinyl chlorides and polyvinyl fluorides.

A two-coat paint system is normal, although combined one-coat systems are used in some cases. The first coat is the primer, usually applied directly on to the pre-treated metal surface. The primer normally contains anti-corrosive pigments to help protect the metal substrate from corrosion. The second coat of finishing paint provides the colour and appearance of the final coated system, and plays a large part in the systems weathering and mechanical performance.

The dry film thickness of the coatings are usually from 5 to 35 microns for a primer and 15 to 200 microns for finishes. Thickness is determined by the paint qualities chosen and the final requirements of the prepainted metal product.

Each type of coating has its own specific advantages, be it thickness, gloss, hardness, flexibility, durability in harsh weather or resistance to chemical attack. The choice of the most suitable system must be based on its usage and expected performance, and should always be agreed between the producer and the client.

Liquid paint formulations consist of pigments, binders and solvents (thinners). There are also small quantities of other ingredients called additives, including matting agents to alter the gloss.

Image courtesy of Euramax Coated Products

Pigments
A pigment is a fine powder that can be used in a coating to:
- Provide colour and opacity;
- Improve the durability of the system;
- Improve durability system;
- Increase the corrosion protection of the coating.

Pigments can satisfy both aesthetic and functional requirements. A particular coating formulation will usually include a mixture of pigments to give the desired properties.

Inorganic and organic pigments

Inorganic pigments		**Organic pigments**	
Commonly used inorganic pigments include:		Commonly used organic pigments include:	
Titanium dioxide	White	Copper phthalocyanine	Blue/green
Ceramic	Various	Indanthrone	Blue
Iron oxide	Red	Quinacridone	Red/violet
Lead chromate/ molybdate	Bright red and yellow	Perylene	Red/maroon
Bismuth vanadate	Yellow	Diketo pyrrolo pyrrol	Red/orange
		Dioxazine	Violet
		Quinophthalone	Yellow
		Isoindoline	Yellow
		Carbon black	Black

Property	Inorganic	Organic
Colour	Generally dull	Bright
Durability	Excellent	Limitations
Opacity	Excellent	Variable
Thermal stability	Excellent	Variable
Colour stability	Excellent	Variable
Tinting strength	Variable	High
Dispersal ability	Variable	Variable
Solvent resistance	Excellent	Variable
Chemical resistance	Excellent (not lead)	Variable
Price	Expensive	More expensive!

Anti-corrosion pigments
Traditionally the pigment used in coil coating primers has been Strontium Chromate which is yellow. Zinc Chromate (yellow) and Zinc Phosphate (white) have also been suitable. Due to health and environmental issues, these materials are gradually being replaced by alternative products, which are often white or colourless.

Binders
The binders, or resins, are polymeric materials. A polymer is a large molecule with high molecular weight (mass) made up from a large number of similar small molecules.
The most usual binders found in coil coating are shown below with their type of curing process. Those which chemically cross-link in curing are termed thermosetting and those which do not are termed thermoplastic.

Binder	Process
Polyester	Chemical crosslink
PVdF	Fusion process
PVC Plastisol	Fusion process
Polyurethane	Chemical crosslink
Epoxy	Chemical crosslink

Polyester
The term polyester describes a family of chemicals which can be used as the basis for paints as well as many other plastics. Polyester binders are by far the most popular for coil coating. However, the specific nature of a polyester binder can provide very different functionalities to the final paint coating and a polyester used for cladding products would require a different specification to one designed for consumer products.

Polyesters can be made from a wide variety of acids and alcohols to produce a large choice of resins with different properties. Common acids include isophthalic acid, adipic acid and trimellitic anhydride. Common alcohols are neopentyl glycol, trimethylolpropane and 1,6 hexanediol.
To produce a polyester coating, the polyester resin is cross-linked with a melamine formaldehyde resin, frequently hexamethoxy methyl melamine, (HMMM). The ratio of solid resin to cross-linker is usually between 70:30 and 90:10 with higher melamine contents giving a harder surface, but poorer flexibility.
To ensure that the reaction takes place within the short dwell time of a coil coating oven, an acid catalyst is also needed. This catalyst is normally organic in nature and is sometimes blocked so that the paint does not start to cross-link in the barrel. The blocking agent is liberated during the stoving cycle enabling the acid to perform its function.

Typical properties
Polyesters are generally based on low cost thin film coatings typically 25 µm in thickness. These offer limited flexibility and moderate durability when exposed as the top-weathering surface and for this reason they tend to be used for basic wall applications and in drier environments such as those found in Southern Europe. High-build, typically 50 to 60 µm coating thickness product versions are available and these can provide a better performance.
Polyesters provide an ideal reverse side and interior coating as the requirements are generally not as severe as the exterior side.

PVdF (Poly vinylidene fluoride)
Polyvinylidene fluoride coatings are known for their excellent durability, toughness and flexibility.
They are used widely on cladding systems especially in areas subjected to very high levels of ultra violet (UV) radiation (sunny places!). Apart from titanium dioxide, the only other pigments used are ceramic as they have excellent weathering resistance.
The specific property of the binder that makes it almost unique is that it does not absorb UV light from the sun and therefore does not degrade. There is a drawback in that the UV light can then travel through the binder and attack the primer. As this breaks down, there is a loss of intercoat adhesion and the PVdF delaminates. For this reason, the choice of pigmentation for PVdF coatings is very important. Ceramic blue, green and black pigments should not be used on their own because they also permit the passage of UV. As a result, the colour palette in PVdF can be limited.

Typical properties
PVdFs which are often referred to as PVF2 or polyvinylidenefluoride have a good resistance to chalking and gloss reduction, due to the inherent

UV resistance of the polymer type. With a coating thickness of typically 25 to 30 µm they offer limited flexibility and are less robust than other topcoats. As a result they tend only to be specified for wall applications.

PVC plastisol

A plastisols coating is a dispersion of PVC (Poly Vinyl Chloride) and pigment particles in a plasticiser. Although this dispersion is liquid at room temperature, the Plastisol fuses at elevated temperatures. Once cooled, a continuous film is formed which is tough and flexible with excellent mechanical properties. A typical film thickness is 200 µm which is much thicker than most other prepainted metal coatings.

Whilst still hot, a pattern can be pressed into the paint surface before quenching. This is called embossing. Excellent corrosion resistance and very good durability are seen with this product.

A special primer is required for adhesion and this is typically based on an acrylic-phenolic combination. The plastisol itself will contain a heat stabiliser and frequently a flame-retardant additive. Sometimes a UV absorber is also included to improve UV stability.

The plasticiser type and content affects the flexibility and often mixtures of plasticisers will be used. Traditionally phthalate plasticisers have been used, but these are gradually being replaced by alternative materials.

A mixture of stabilisers is typically used in plastisols to control viscosity, colour drift, heat and light stability. The level of pigmentation can be a lot lower than in other coil coating paints due to the higher film thickness being applied and also the solvent loading is typically only around 5% -10% for plastisols.

Typical properties

Plastisols are based on thick film coatings typically between 100 and 200 µm and offer the potential for a very durable and flexible product with excellent abrasion and corrosion resistance. The thermoplastic nature of plastisols means they can be embossed with a textured pattern to improve appearance and their relative thickness makes them less susceptible to damage.

Polyurethane

A polyurethane is produced by reacting the hydroxyl (-OH) groups on a polyester with the functional –NCO group of an isocyanate. The isocyanate is typically chemically blocked to improve the safety of the unbound resin, although once full reaction has occurred there are no concerns. The typical isocyanate level is around 20% although greater amounts can increase flexibility.

Topcoats are made with aliphatic isocyanates, to give better UV resistance, while primers can use aromatic isocyanates as long as the topcoat is opaque to ultra violet light.

Slightly thicker films can be obtained than with polyester-melamine

coatings, the weathering performance is also generally higher. They are often used in combination with polyamide (nylon) beads to give good abrasion resistance, in which case they are often referred to as polyamide-polyurethanes.
Despite their superior performance in most respects, polyurethanes are more expensive than polyester-melamines.

Typical properties
Polyurethanes have similar properties and application to polyesters although with a different resin type they can offer improved durability and appearance with thicker versions providing an improved corrosion resistance.

Epoxy
Historically primers were made from epoxy resin cross-linked with urea or melamine formaldehyde.
They had good adhesion leading to good corrosion resistance but below average flexibility. They are also frequently used as a backing lacquer but are being gradually replaced by polyester or polyurethane for this purpose.

Solvents
Nearly half of all organic solvents sold are consumed by the paint industry.
The main functions of a solvent are to:
- Dissolve/dilute (or thin) the binder
- Control substrate wetting
- Adjust viscosity to suit application conditions.

The main categories of solvents include:
- Hydrocarbon, which can be either Aliphatic (eg White Spirit) or Aromatic (eg Solvesso 150);
- Polar, which are commonly Alcohols (eg n-Butanol), Ketones (eg Cyclohexanone), Esters (eg DBE/Estasol) or Glycol Ethers (eg Butyl Glycol).

Polar solvents often have strong odour. Many resins used in coil coating will dissolve only in polar solvents. Once the resin has been dissolved, it can be thinned with a hydrocarbon; this is then called a diluent, because it is not actually dissolving the resin.
Solvents can be described as “Fast”, which means they evaporate quickly and have a low flash point, or “Slow” where the flash point is high. Coil coating solvents are generally slow to allow the film to stay “open” for as long as possible in the oven, thus producing good flow. Also, low flash solvents would evaporate in the coater tray, causing the viscosity of the paint to increase and application to become difficult.

Additives
Additives, which are usually expensive, are used at very low levels for specific purposes. Although the quantities are small, the influence on the behaviour of a coating is large. Some of the more common types are introduced below.

Matting agents
Matting agents used in order to reduce the gloss of a coating, it is necessary to disrupt the surface on a micro scale. In decorative coatings it is possible to include filler material, for example chalk. However, in coil coatings, the flexibility would suffer if such a product were used. Therefore, an efficient way of producing semi-gloss films, retaining a high degree of flexibility, is by the inclusion of fine silica particles. About 2% of silica in the wet paint is generally sufficient.

Wetting agents
Wetting agents enable pigments to be dispersed more readily and to prevent colour development on the coating line. The products are generally complex organic molecules with a multitude of electrical charges in the side chains.

Catalysts
Catalysts speed up the cross-linking reaction. For polyesters, these would typically be based on p-toluene sulphonic acid. The functional group can be blocked or unblocked, the latter giving a hard surface and reduced cure temperature.

Defoamers
Defoamers accelerate the release of air that can be entrapped during the application process.

Flow agents
Flow agents produce a smooth film free from blemishes by affecting the surface free energy. Defoamers and flow agents are commonly based on acrylic technology.

UV absorbers
UV absorbers improve weathering performance of a coating by preventing the UV light from attacking the polymer. These are typically complex organic molecules.

Lubricants
Lubricants increase the resistance to scratching and scuffing during coil handling and fabrication. A variety of materials can be used, generally based on polyethylene or PTFE.

Liquid paint manufacture
The basic purpose of the manufacturing process is to produce a material that is at the required viscosity and colour and has the correct properties required from a the finished prepainted metal product. Paint manufacture is a batch process, typically described by the following steps:
- All pigment particles may have agglomerated during storage and these

have to be broken down by the shear forces imparted from a high-speed stirrer or bead mill.

- The powder is mixed with a proportion of the main resin, together with a wetting agent and possibly an anti-settling agent.
- This mixture (referred to as mill base) is thoroughly stirred and then passed through a bead mill that contains thousands of small (~1mm diameter) glass or zirconia beads.
- A rotating shaft causes the beads to swirl around inside the mill chamber. The beads impinge on the agglomerated particles, forcing them apart and allowing them to be coated with resin/wetting agent.
- Once the entire mill base has been dispersed, it is then mixed with the remaining main resin, cross-linking resin, catalyst, flow agent, defoamer, matting agent and solvents/diluents.
- The colour achieved from the mill will not be exactly that required by the customer so the batch will be tinted with stainers. These will have been through the same process described above but will consist of a single pigment.
- Before sending the batch out, it has to be checked for a range of properties.

Image courtesy of BASF

LAMINATED FILMS

Films are often used where very high aesthetic quality is required. Variations in film thickness, colours and finish (smooth, structured or printed) can be achieved.

There are 4 main film types: polyvinyl chloride (PVC), polyvinyl fluoride, thermoplastic acrylics and polyethylene terephthalate (PET). Their advantages include high flexibility and suitability for deep drawing. Co-extruded qualities also tend to have very high gloss and good hardness.

Certain films have a primarily exterior role (resistant to rain, sun, heat, etc.) while others are resistant to fire, stains, abrasions or aggressive chemicals. These properties make laminated film products widely used in electrical appliances, furniture, clean-rooms, cold stores and ship-building.

Typically, an adhesive is applied to the strip using the top-coat roller coater and the film is applied while this is still hot.

PET films (Co-Laminates)
PET (polyethylene terephthalate) films are typically supplied clear, and are hot-laminated onto the last paint layer on coil coating lines. Products obtained by this method are referred to as co-laminates. They meet the technical requirements of domestic appliance manufacturers like high flexibility, hardness (scratch resistance), no cracking during processing, chemical resistance (aggressive environments, detergents, solvents, etc.), anti-grafitti, foodsafe certification and fire resistance.
PET films can also be made available in colours such as seen inside baby food cans or the bottom of aerosol cans. These are different to conventional co-laminates in that they do not use a base layer of paint to obtain colour but rather have the colour built directly into the PET layer.
Appliances like refrigerators and freezers are the most important industrial applications for co-laminates. A multitude of colours can be obtained by modifying the underlying paint colour. Both smooth or structured surface appearances, coloured or transparent films are available.

POWDER COATINGS

Powder coatings can be described as “solid paint” which can be melted to form a continuous film over the substrate.
Powders may be “thermoplastic” or “thermosetting”. Thermosetting powders cross-link and polymerise when heated, but thermoplastic powders remain heat-sensitive. For this reason when referring to “powder coatings” the paint industry generally supplies thermosetting powder coatings.
These coatings are easily applied by either electrostatic or tribostatic spray to cover the article being painted. As the coating thickness builds up, the coatings are self-limiting, so that a fairly even film thickness can be achieved. The powder-coated article is then cured, when the powder melts and flows out to form a continuous paint film before reacting chemically to become a solid, inert coating.
In some sheet metal markets small banks of guns have been used satisfactorily for several years to powder coat flat sheets before forming, while there are also some small coil-to-coil lines running powder. The problem with scaling up to a full size is that full speed coil coating lines are much faster, and applying powder evenly and consistently to a rapidly moving strip of coil is not easy.
Powder has real attractions for coil coaters. Being solvent-free, powder coatings can potentially be cured quickly using infra red or induction heating, offering shorter, less capital-intensive coating lines with quick change-over times. Powder coated prepainted metal has found certain niche applications, but it is yet to compete economically with conventional liquid coatings.

PRODUCT TESTING

Routine product testing

Below, the most commonly applied tests are described. Other quality control tests might include scratch resistance, boiling water resistance, ease of removal of strippable protective film and foam adhesion properties of backing lacquer.

- Viscosity
- Cure
- Gloss and colour
- Pencil hardness
- Flexibility

Viscosity

Depending on the type of paint, two different methods can normally be used. For systems such as polyester, polyurethane, PVdF and epoxy, the paint is poured into a container (cup) that has a small hole bored in the bottom. The time taken for the paint to empty from the cup is measured. The specification should state at what temperature the test is to be performed and what is the type of cup (BSB4, Ford 4, etc.).
For more viscous paint such as PVC plastisol, the Brookfield Rotating Viscometer is frequently used. A spindle is submersed in the paint and rotated at a known speed. The equipment gives a digital read out of the viscosity. Varying the speed of rotation might affect the viscosity and limited information can be gained as to whether the paint could be dilatent (viscosity increases as shear is applied).

Image courtesy of BASF

Cure

A quick test for paint cure is performed by soaking a piece of cotton wool with a strong solvent such as MEK (methyl ethyl ketone, butan-1-one) and rubbing the paint to see if the solvent can penetrate it. Most topcoats that have been cured in a chemically cross-linking process will withstand at least one hundred rubs. PVC plastisol will be softened and so this test is not normally used. Although PVdF, like PVC plastisol also cures by a fusion process, it will be resistant to MEK rubs.

Image courtesy of BASF

Gloss and Colour (EN 13523-2 and EN13523-3)
These properties are checked with calibrated instruments. In both cases light is projected onto the surface. The reflected beam is collected and analysed by the equipment. The angle of incident light should be quoted with a gloss reading. Coatings that appear semi-gloss at one angle could be high gloss at another. When a colour is measured by a colorimeter, its co-ordinates are quoted in terms of L, a and b.

- The L value indicates the light-dark axis, with a large value being light.
- The a value relates to the red-green axis, +a being red and -a green.
- The b value relates to the yellow-blue axis, +b is yellow and -b is blue.

When a batch is being compared with a standard, both colours will have their own Lab values. The colour difference along each axis is given as ΔL, Δa and Δb where Δ ("delta") means difference. The three figures are then combined to give a total colour difference where $\Delta E=.(\Delta L^2+\Delta a^2+\Delta b^2)$.

Pencil hardness (EN13523-4)
The hardness of the coating can be quoted from its resistance to being gouged by pencils of different hardness. The tip of a pencil is blunted with emery paper and held at 45° to the surface of the paint. The pencil is pushed by hand to try and break into the coating. If rupture is observed, a slightly softer pencil is used and the process repeated.
Once the surface is left intact, the hardness of the final pencil is noted. The manufacturer of the set of pencils should be quoted also, because hardness can vary significantly between suppliers.

Flexibility
Three tests are generally performed for flexibility. Firstly the T-bend test (EN13523-7) where painted metal is bent back onto itself to see if cracking has occurred. If the coating has opened up then the metal continues to be folded around itself until no cracking is observed. The result is recorded in terms of the internal radius of the bend in relation to the number of thicknesses of metal. So, the first bend is 0T, then ½T, then 1T etc. where T is the metal thickness. The system varies in the USA

where the diameter of the internal bend is quoted, so the progression is 0T, 1T, 2T etc. An alternative way of quoting is to apply adhesive tape to the bend and then pull it off. The first bend where no paint is left on the tape is quoted, e.g. 2T, no tape loss. The illustration shows progressively tighter radius bends.

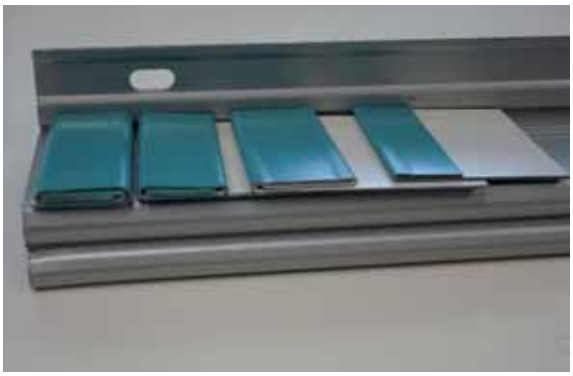


Image courtesy of BASF

The second method for checking flexibility is to make a slow draw indentation and observe for cracking. This is frequently referred to as the Erichsen test. The metal is drawn to slightly less than its fracture point. A common modification is to cut a grid of squares into the paint with a sharp knife (as shown in the illustration) and check for adhesion with tape (EN13523-6).The third method is rapid deformation also known as the reverse impact test (EN13523-5). A hemispherical ball is punched into the backside of the substrate by dropping a known weight from a height. The dome created in the coating is again observed for cracks. The same modification as above can be included, a grid of squares cut with a knife. The adhesive properties can be checked with tape.

Image courtesy of BASF

Development testing

While all the above tests are used for the development of new products, more sophisticated equipment is also used.

Cure could be analysed by measuring the glass transition temperature. This is the temperature where a material changes from a glassy to a rubbery state. A paint would be more flexible if it were formed above this temperature. On the other hand it is more likely to pick up dirt once it is put on the face of a building.

Hardness can be measured by micro-indentrometry techniques. A small diamond is forced into the surface of the coating and the information received from the computer might indicate if the painted coil would withstand certain forming operations.

Rheological characteristics under increasing/decreasing shear rates can be measured. This can give a good idea whether a liquid paint will flow well on the customer's line. Surface free energy measurements using a Drop Shape Analyser help in understanding wettability and adhesion of one substance to another.

Finally, probably the most important property of architectural coil coatings is how will it perform on a building? Accelerated tests can be carried out in the laboratory with machines that emit UV light or spray salt solution onto panels. This helps to eliminate some of the products that would not be suitable. However, the only real way of checking a promising development is to expose it in natural conditions such as Lisboa in Portugal for high UV or Brest on the French Atlantic coast for corrosion. Unless a new development has been evaluated for a few years outdoors, it should not be offered to the market place.

Images courtesy of Beckers Group (left) & BASF (right).

SPECIALITY COATINGS

A number of special coating types exist, manufactured in smaller quantities. Some examples are given here.

Bakeware

Bakeware coatings are typically based around PTFE as the main coating constituent. It is applied as a liquid paint, similarly to PVC plastisol, but must be heated to >350ºC to achieve coating fusion where the particles will bond together. These coatings provide excellent temperature resistant, foodsafe properties and easy release of the foodstuffs in contact with them. Typically, these coatings have been very soft, but more recent developments have also increased their physical robustness and scratch resistance.

Adhesives

Both pressure-and heat-sensitive adhesive coatings can be applied continuously, either as a feedstock for sheet laminating, or for specific applications such as automotive trim products. The adhesive is non-tacky after curing, allowing the coil to be rewound without sticking together. However, the adhesive action returns upon application of increased temperatures or pressures.

Automotive

Coil coating lines also produce some coated metal for automotive applications. Coatings tend to be corrosion resistant systems for internal applications, rather than fully finished coatings for external applications. However, the consistency of the coil coating process is an important benefit for the predictable performance of the finished product.

ENVIRONMENTAL BENEFITS OF COIL COATING

The coil coating process represents the most efficient and environmentally friendly means of applying paint to metal. The products produced in this process are also the best, most efficient and longest-lasting painted metal products available. These combined factors make prepainted metal the environmentally sensitive choice for coated metal.
In terms of the environmental benefits, there are three main themes:

- Low waste in the process
- Well controlled VOCs
- Long-lasting products

Low waste

The nature of the continuous coil coating process, with its inherent efficiency of utilisation of energy and chemicals and with the innovative approaches being taken by chemical, paint and equipment suppliers means that its impact on the environment is much lower compared to conventional painting methods.
For example, chemical process stages are designed to minimize the use of water and waste production. No-rinse pre-treatments hardly generate any waste and the utilisation of paint when applied to flat strip is virtually 100% efficient. Furthermore, continuous production minimises waste and off-cuts from the steel or aluminium substrates and the ability to control the coating thickness to very demanding tolerances means that the minimum amount of paint can be used to meet the requirements of the product.

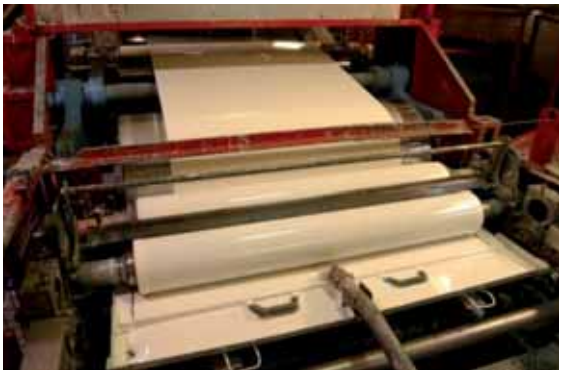


Image courtesy of Tata Steel

Well controlled VOCs

The use of solvents is critical to most paints applied by coil coating (as with most other paints) to ensure that they maintain the right consistency to flow out over the surface and provide a smooth, even paint film. The solvents in the paint are removed in the curing process and not incorporated in the final paint film.
Volatile organic compounds (VOC) are the major emissions during the curing process as the solvents are evaporated. However, collection of

VOCs on a coil coating line is very efficient and incineration achieves consistently a VOC destruction efficiency of 95% or greater. This level of VOC collection and incineration cannot be gained through other coating processes.

Long lasting products
Often environmental issues are considered only from the "bad news" side – greenhouse gases, other air pollution, waste and so on. But one of the main benefits of organic coatings is to prolong the life of metal products, thereby delaying the requirement to create a new product (with its associated environmental burden) to replace it.

UPSTREAM PROCESSES

The basis of all prepainted metal products is the metal substrate and it is here where most of the embodied environmental impact lies. So, while the coil coating process is highly efficient and is continually evolving, the impact of coil coating is only a small part of the overall impact of a prepainted metal product.
The two main metals which are coated in the coil coating process are steel and aluminium. One of the fundamental benefits of metals over most other materials is that they are indefinitely recyclable. Any scrap steel can be used to make pure, high-quality grades of new steel and likewise with aluminium. While these metals are truly recycled, most other materials are down-graded through their recycling processes. This indefinite recycling effectively spreads out the environmental impact of metal making over generations of successful use.

Steel
There are two main process routes for the production of the steel substrate for coated coil – the Blast Furnace/Basic Oxygen Furnace route that is described in detail in another chapter of this section - and the Electric Arc Furnace (EAF).
BF/BOF steelmaking is semi-continuous, and best suited to making large quantities of steel with little variation in composition, whereas the EAF route is a wholly batch process that can cope with changes in composition much more easily. Hence across most of Europe there is a mix of these two routes, with the BF/BOF route generally used to produce materials such as strip and constructional steels, and the EAF route supplying more specialist markets such as engineering steels and stainless steel.
Although EAF steel is produced from 100% recycled scrap, the maturity of the scrap market for steel and trade intensity of basic steel ensure that the overall environmental impact of all steel is essentially the same.

Aluminium
Aluminium is the most abundant metal in the Earth's crust and constitutes 7.3% by mass. It is found as an orange-brown ore 'bauxite'. Unlike many

metal ores, bauxite does not require complex processing.
To produce aluminium, bauxite must first be refined to give alumina (aluminium oxide Al_2O_3). The alumina is then smelted, usually in an area of cheap power (e.g. hydroelectric), as it requires approx. 17,000 kWh to produce 1 ton of aluminium, with 2 tons of alumina being required for each ton of aluminium produced. Secondary aluminium, produced from scrap, uses only 5% of the energy in it's production which primary uses and for this reason, aluminium scrap is a valuable asset worldwide.

WATER

Water usage

The main use of water within the coil coating process is for the cleaning, degreasing and pre-treatment of the strip prior to coating, but water may also be used for quenching and cooling.
Since water is often a scarce commodity (and even where it is not, it is expensive to provide water with a high degree of cleanliness), recycling and reuse of water should be maximised. Cascade rinsing, where water used in one rinsing operation is then cascaded for use in a less demanding operation, is commonly used so that the water can be used several times without intermediate treatment.
Rinse water systems will need to be topped up with fresh water to displace contaminated water to maintain the overall water quality at a suitable level. Conductivity measurement is usually used to give an objective method of determining the required rate of bleed and top-up so as to minimise water usage.
Pretreatment by application with rollers ("no-rinse" or "dry in place"), rather than spraying or dipping the strip in the pre-treatment solution, requires no further rinsing stage and minimises the escape of the pre-treatment solution into the workplace as aerosol, so water usage is dramatically cut by adopting this technique.
Cooling systems are generally closed-circuit. The water passes through a cooling tower to reduce the temperature so that it can be reused for further cooling, rather than systems where water passes once through a heat exchanger and is then discharged back into the environment.

Effluent

The various effluents from the coil coating process usually require treatment before discharge. This generally involves precipitation of metals using lime or sodium hydroxide to increase the pH, followed by filtration to remove the precipitated solids.
It may be more effective to treat different waste streams separately, rather than simply mixing them all together and treating the total effluent. This is particularly true for effluents containing hexavalent chromium, which is difficult to precipitate. In other cases, there may be benefits in mixing effluent streams, for instance using alkaline waste degreaser to neutralise acid rinse waters.

EMISSIONS TO AIR

The coil coating process results in very few emissions to air. The only potentially significant source of emissions is from solvents which evaporate from the liquid paint as it is handled, mixed, applied and as it dries and is cured in the ovens.

VOCs

Solvents are organic compounds that are volatile at relatively low temperatures, commonly termed volatile organic compounds or VOCs. Their presence in liquid paint is essential to ensure good pigment dispersion, and good flow to produce a smooth paint film.

Some VOCs are potentially harmful at high concentrations. More significantly, if allowed to escape to the atmosphere, VOCs can react with oxides of nitrogen to form ozone, which can be harmful to both human health and to vegetation. Finally, VOC emissions may be a source of an odour nuisance, where there is housing or other particularly sensitive receptors in the vicinity.

Solvents in paint

Much progress has been made in recent years in reducing the solvent content of most paint systems, but the requirements of liquid paint for coil coating at high speeds make specific demands on solvents. Although water-based paints are used in a few cases, they are not suitable for most applications, they demand greater energy usage for drying and they still contain up to 15% VOCs. Work will continue to reduce the overall solvent loading, but in the meantime, the coil coating process has adapted well to capture VOCs and treat them appropriately.

VOC capture and abatement

Most of the VOCs arising within the coil coating process are released within the ovens where the paint and other coatings are dried and cured. These emissions are easy to capture for additional treatment. Solvent may be recovered from these waste gases, but more commonly the solvents will be destroyed by thermal oxidation (combustion). Low levels of VOCs can also be emitted from other parts of the coil coating plant – for instance areas where paints are mixed or stored – and in most instances these VOCs will be emitted through the ventilation system and will not be captured and treated. These fugitive emissions make up around 5% of the solvent lost from the process.

Typically over 99% of the solvent in the waste gases can be destroyed by oxidation. Where a thermal oxidiser is operated, the heat generated is generally used for some useful purpose, such as raising steam, heating water used for rinsing operations or to pre-heat air for the ovens.

Solvents can also be emitted when the coating plant is cleaned between production runs. These emissions will sometimes escape to the atmosphere as fugitive emissions, but many plants have auxiliary extraction to capture the fumes from cleaning operations and allow the solvent emissions to be abated.

ENERGY

The coil coating industry uses energy for two primary purposes, namely motive power and to provide the heat required to dry and cure the paint film. In the coil-coating process, wet-applied paint is dried and cured in ovens, sometimes at very high temperatures. Most paint systems need a peak metal temperature of around 200°C to 250°C for full curing, although some specialist products require even more heat. To achieve these curing temperatures in fast coil coating lines, oven temperatures in excess of 400°C are common.

Over 90% of ovens are gas fired, although there is some use of NIR and induction heating and there is ongoing investigation of alternative radiation curing which promises even lower energy usage. LPG is occasionally used in place of natural gas and in some cases where coil coating lines share manufacturing sites with major steel-making operations, coke oven gas is also used.

Energy usage gives rise to emissions of carbon dioxide and other gases through combustion, either at the plant or, in the case of electricity, at the power generators. For the coil coating process, CO_2 emissions related to energy account for around 80% of the total CO_2 emissions, the remainder being largely from incineration of VOCs.

Many techniques are adopted to reduce energy usage, but these mostly focus on oven technology. While some of the newer curing technologies such as NIR, induction and even radiation curing promise significantly reduced energy bills, modifications to traditional ovens such as the use of flotation can also improve energy efficiency. Most European coil coating lines now have an oxidiser to incinerate VOCs and capture the heat generated, so reducing energy usage further.

WASTE

As for most environmental issues, the most effective control measure is to minimise the production of waste – for instance through the use of large, re-usable paint containers, rather than smaller disposable drums. Any recyclable materials, such as steel off-cuts and paper, should be kept separate from the general waste streams to maximise recycling rates and minimise the amount of residual waste for disposal.

Hazardous waste materials from coil coating are generally those containing solvents, such as paint residues, solvents used for cleaning equipment, wipes contaminated with solvents and waste oils. These are generally taken off site for appropriate recovery or disposal. Even non-hazardous waste is now generally pre-treated before being sent to landfill, usually to separate waste streams out for separate collection.

It is important to remember that one of the inherent benefits of coil coating is the very low wastage produced. Almost 100% of paint is either used or recovered. Even recovered paint is very often used in further formulation. Meanwhile, the efficient application of paint to metal makes for very low quality rejection rates and high material usage efficiency.

RECYCLING

Steel and aluminium scrap recycling is so well established that no further incentives are required to encourage it. Moreover, the fact that old metal can generate new metal of any grade means that once it has been made in the first place, metal can be used indefinitely. This effectively reduces the environmental impact of metal-making, being spread over several generations.

Steel

Steel is one of the most easily recycled materials available. Its magnetic properties mean that it is simple to separate from other wastes, and there are two process routes that can utilise steel scrap as a raw material for the production of new steel. In the primary steelmaking process, up to 25% scrap is added to the basic oxygen furnace (BOF) while the electric arc furnace route uses 100% scrap.
All off-cuts generated in the coil coating process (e.g. the ends of coils) are collected and recycled. Meanwhile, prepainted metal, at the end of its useful life, can enter the steel scrap waste stream and is recycled together with other steel scrap. As with post-painted steel, the paint is burnt off in the furnace and actually contributes to the energy requirements of the furnace. Studies have shown that there is no significant environmental impact from incineration of the paint in this way.

Aluminium

All aluminium products can be recycled after use. Recycling requires only 5% of the energy to produce secondary aluminium as compared to primary metal and so generates only 5% of the greenhouse gas emissions. Thus scrap aluminium has significant financial and environmental value.
As with steel, aluminium scrap comes from both in-house scrap (eg off-cuts from the ends of coils) and from post-consumer waste. Once sorted, scrap aluminium is melted and, following well defined compositional adjustments, cast into slabs in the same way as for primary aluminium. From that point on, there is no noticeable difference between primary and secondary aluminium.

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEMS

The majority of coil coating installations run an environmental management system (EMS) alongside their quality management system. An accredited EMS is a simple way of indicating to external parties, such as regulators, insurance companies and customers, that the company has systems in place to manage the environmental aspects of its business and helps to ensure and prioritise management of potential environmental impacts through a well defined system.
Environmental Management Systems are specified in accordance with relevant standards, such as EN ISO 14001:2004. The standards specify exactly which aspects must be included, but the detail within each area

is established a a company level since all businesses are different.
An important principle behind the EMS methodology is so-called Plan-Do-Check-Act (PDCA) and it is important to show that this methodology is followed.

- *Plan*: Establish the objectives and processes necessary to deliver results in accordance with the organisation's environmental policy
- *Do*: Implement the processes
- *Check*: Monitor and measure processes against environmental policy, objectives, targets, legal and other requirements and report the results
- *Act*: Take actions to continually improve performance of the environmental management system.

To implement the PDCA methodology EMS typically include:

- an environmental policy statement (signed and endorsed by senior management);
- assessment of environmental aspects and impacts (risk assessment);
- register of legislation;
- objectives, targets and programmes;
- resources, roles, responsibility and authority;
- competence, training and awareness;
- communication;
- documentation and document control;
- operational control;
- emergency preparedness and response;
- monitoring and measurement;
- evaluation of compliance;
- nonconformity, corrective and preventive action;
- control of records;
- internal auditing;
- management review.

European environmental legislation

The driving force for environmental legislation in Europe is the institutions of the European Union. In general, legislation passed at a European level influences or directs legislation at a national level within the European Union. For this reason, it is important firstly to have a brief understanding of the workings of the European Union and secondly to review the main pieces of environmental legislation which are relevant to coil coating.

EUROPEAN LEGISLATIVE STRUCTURE

The European institutions

The Council of the European Union
The Council is the EU's main decision-making body. It represents the Member States, and the most suitable minister attends its meetings from each of the EU's national governments depending on the subject matter on the agenda of the meeting. The Presidency of the Council rotates every six months, which means that each EU country takes it in turn to be in charge of the Council agenda, and chairs all the meetings for a six-month period.

The European Parliament
Members of the European Parliament (MEP's) are elected by every EU citizen who is registered to vote in parliamentary elections that are held every five years. The European Parliament, therefore, represents the interests of EU citizens in discussions with the other EU institutions.
The job of MEPs is to attend the various parliamentary committees that specialise in particular areas of EU activity in preparation for the plenary sessions and then to attend the plenary sessions. At these sessions, the proposed legislation is examined and votes are taken on amendments before coming to a decision.

The European Commission
The Commission is a politically independent institution which is comprised of individuals appointed by the Member States and Parliament. It is the driving force within the EU's institutional system. Its main tasks are to propose legislation, policies and programmes of action and it is responsible for implementing the decisions of Parliament and the Council.
The legislative acts of the European Union (EU) can have different forms which include regulations, directives, decisions, recommendations and opinions.

The forms of European legislation

Regulations
Regulations are directly effective and individual countries do not need to pass local laws to bring them into effect. They overrule any local law that may be contrary to a particular regulation. Regulations are, therefore, the most powerful and influential of the Community acts. Member states have to legislate in the light of, and consistently with the requirements of, EEC Regulations.

Directives
A directive specifies the objectives to be pursued by the EU member states, but leaves it up to the member state to decide the ways of obtaining them. Member states are required to make their own legislation to implement the directive but are required to do so within a particular time frame, usually 18 months from the date of publication of the Directive. If deadlines are badly missed then the European Commission will commence proceedings in the European Court of Justice against the countries involved.

Decisions
A decision is binding in its entirety upon those to whom it is addressed.

Recommendations and Opinions
Recommendations and opinions have no binding force.

LEGISLATION

Integrated Pollution Prevention & Control Directive - Directive 96/61/EC IPPC
The principal legislation governing the coil coating industry in Europe is the European Union's IPPC Directive (Directive 96/61/EC on integrated pollution prevention and control). This requires that all new processes and substantially changed processes coming into operation since 30th October 1999 and, since 30th October 2007 at the latest, all existing processes as well, must have a Permit that enforces good environmental control.
The purpose of the Directive is to achieve a high level of protection for the environment as a whole, taking into account emissions to air, water and land as well as other considerations such as the amount of waste generated and energy used. Annex 1 of the IPPC Directive lists those industrial processes to which it applies, and one of these is defined as:

- *Installations for the surface treatment of substances, objects or products using organic solvents, in particular for dressing, printing, coating, degreasing, waterproofing, sizing, painting, cleaning or impregnating, with a consumption capacity of more than 150 kg per hour or more than 200 tons per year.*

Different countries are implementing this legislation in different ways, but in principle all large coil coating lines (those that use more than 150 kg/hour or 200 tons/year of organic solvent) within the EU are now operating under the IPPC regime.

BAT
The main requirement within IPPC is that industrial processes should operate using the Best Available Techniques (BAT) for pollution control, or alternative techniques that give equivalent performance. The term

'Best Available Techniques' is defined in the IPPC Directive as:

- *the most effective and advanced stage in the development of activities and their methods of operation which indicate the practical suitability of particular techniques for providing in principle the basis for emission limit values designed to prevent and, where that is not practicable, generally to reduce emissions and the impact on the environment as a whole;*
- *'techniques' includes both the technology used and the way in which the installation is designed, built, maintained, operated and decommissioned;*
- *'available' techniques are those developed on a scale which allows implementation in the relevant industrial sector, under economically and technically viable conditions, taking into consideration the costs and advantages, whether or not the techniques are used or produced inside the Member State in question, as long as they are reasonably accessible to the operator;*
- *'best' means most effective in achieving a high general level of protection of the environment as a whole.*

BAT Reference Notes (BREF Notes) are prepared by the European Commission for each industrial sector and reviewed regularly to guide operators and legislators on what techniques are considered BAT for different processes, and to specify benchmark emission levels representing the environmental performance that would be expected through application of BAT.

Implicitly, the concept of BAT includes some consideration of the costs of any required pollution control options, and allows for variation of what might be considered BAT depending on local conditions. For instance in an area where ambient NO_2 levels are already high, it may be justifiable to require a greater degree of control of NO_x emissions than in an area with no NO_2 issues. Industrial processes should then operate with Emission Limit Values corresponding to the local application of BAT.

The Registration, Evaluation, Authorisation And Restriction Of Chemicals (REACH) - Regulation EC 1907/2006

The New Chemicals Policy (REACH) is intended to improve on (and thus replace) existing regulations and directives designed to ensure the safe use of Chemicals. It entered into force on the 1st June 2007 triggering a cascade of deadlines for various aspects.

The central element of the new chemicals policy is a completely new system of Registration, Evaluation and Authorisation/restriction for new and existing Chemical substances marketed in quantities of more than 1 ton/enterprise/year. This is known as the REACH system. The 30,000 existing substances affected will be processed on a phased basis over a period of 11 years starting with those marketed in highest volumes. While this will require an additional effort from industry, it is claimed it will reduce current testing requirements for new substances to encourage innovation.

Registration requires producers and importers to undertake tests on the chemicals they produce and provide this information to a central authority. Evaluation of this data will be managed by Member State Authorities and may lead to further test requirements for substances produced in higher volumes.
Authorisation will apply to substances of very high concern, as identified during the evaluation process. Authorisation will apply to two groups of these, namely cancer-causing substances, termed CMRs categories 1 & 2, and to certain very environmentally persistent substances, termed POPs.
A system of Rapid Restrictions will apply to all other substances of concern, though a working group which looks more closely at any possible change in the way to regulate persistent bio-accumulative and toxic substances (PBTs) and very persistent and very bio-accumulative substances (VPVBs).
The REACH system applies to producers and importers of substances and to industrial users and formulators of these. Substances are to be registered once, but registration requires information on the uses of that substance, so communication through the supply chain is very important.
The first substance registration deadline falls on 1 December 2010. This applies to makers or importers of category 1 and 2 carcinogens, mutagens and reprotoxins produced above 1 tonne, to substances classed as very toxic to aquatic organisms above 100 tonnes, and to all other substances above 1,000 tonnes. Registration for other substances and those produced in smaller quantities will be phased until May 2018. Firms that fail to register will be denied access to the EU market.
REACH affects all companies in the coil coating chain of supply, particularly suppliers of paints, paint raw materials, and pretreatments. It requires substantial effort to prepare the information necessary for registration of chemicals and it may ultimately result in the withdrawal of certain substances from the market.

The Solvent Emissions Directive - Directive 1999/13/EC
This directive relates to the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain activities and installations. For industrial processes above a certain size, including coil coating plants, this imposes EU-wide emission limits, though these are generally not as tight as those required anyway once the processes are operating using BAT under an IPPC permit.
In addition there are further restrictions on the use of certain solvents that are harmful to human health – particularly those that are classified as carcinogenic, mutagenic or toxic to reproduction.
Changes expected to the IPPC directive in 2010 are likely to make the SED obsolete, instead incorporating this into the new IPPC directive.

The Air Quality Framework Directive - Directive 96/62/EC
This directive and four "Daughter" Directives relate to the ambient air quality assessment and management. These control the concentrations in ambient air of a range of species. Those of most interest to coil coating activities are NO_x and CO, both of which are emitted from combustion processes (and also SO_2 if fuels containing sulphur are used).
It is unlikely that emissions from a coil coating plant would be sufficient in themselves to breach the air quality standards, but if the plant is in an area where, for instance, ambient NO_2 levels are already high as a result of emissions from road traffic, there may be little "headroom" between the existing levels and the standards, which may lead to pressure to reduce emissions from coil coating.
The Framework Directive and the first three Daughter Directives are likely to be replaced with a single new Directive, though the air quality standards for NO_x, CO and SO_2 are unlikely to change as a result.

The National Emissions Ceiling Directive (Directive 2001/81/EC)
This Directive gives national emissions ceilings for certain atmospheric pollutants. In order to combat acidification, eutrophication (the impact of excess nutrients, leading to reduced biodiversity) and ground level ozone levels, this Directive sets ceilings for each Member State for emissions of ammonia, oxides of nitrogen, sulphur dioxide and volatile organic compounds.
It is up to individual Member States how they ensure compliance with the ceilings. In due course, new, lower ceilings will be set which will be met by 2020. Like with the air quality framework directive, in areas of particular concern, this could lead to restrictions on emissions of some substances such as NOx and CO.

The Waste Framework Directive - Directive 2006/12/EC
This Directive requires Member States to develop waste management plans to ensure the protection of human health and the environment against harmful effects caused by the collection, transport, treatment, storage and tipping of waste.
The recovery of waste and the use of recovered materials as raw materials is also encouraged in order to conserve natural resources and Member States should take measures to restrict the production of waste particularly by promoting clean technologies and products which can be recycled and re-used.
As part of the duty to ensure effective management of waste, waste collection facilities, waste carriers and sites where waste is disposed of or recovered all need authorisation or registration.

The Landfill Directive (Directive 99/31/EC)
The Landfill Directive (Directive 99/31/EC) also specifies the types and characteristics of waste that can be

disposed of at different types of landfill site, and specifies the control measures required for each type of landfill.
As for all industrial processes, coil coating generates a certain amount of waste and so this directive has an affect on how that is handled. However, coil coating is a highly efficient process, with minimal waste, so this is potentially beneficial to coil coaters when compared to competitor materials or processes.

The Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (RoHS) –
Directive 2002/95/EC
This Directive aims to limit the environmental impact of electrical and electronic equipment when it reaches the end of its life, specifically by restricting the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.
Hazardous substances covered by this directive include hexavalent chromium, which is commonly used in coil coating for its anti-corrosive properties. Effectively this means that any prepainted metal destined for use in electrical and electronic equipment must be free from hexavalent chromium in both pre-treatment and primer.

The Waste Electrical And Electronic Equipment (WEEE) (Directive 2002/96/EC)
The WEEE Directive is designed to tackle the increasing waste stream of electrical and electronic goods.
Producers will be responsible for taking back and recycling such equipment, which will provide incentives to design it in an environmentally more efficient way, which takes waste management aspects fully into account.
Prepainted metal, being fully recyclable at the end of the life of an appliance, is well placed for this directive, but this works together with RoHS to ban the use of hexavalent chromium in such applications.
The End of Life Vehicles Directive (ELV) (Directive 2000/53/EC) has a similar effect to WEEE but for vehicles and again ensures that dangerous substances such as hexavalent chromium are not used in vehicle production.

Emissions Trading Scheme (ETS)
In an attempt to tackle climate change caused by the emission of greenhouse gases, and in particular CO_2, the EU has introduced an emission trading scheme for CO_2 emissions. The first phase of EU-ETS lasted from 2005 to 2007, the second phase is for the period 2008 – 2012 and the third phase will be 2013 – 2020.
The scheme works on a “Cap and Trade” basis. In the first 2 phases, EU Member State governments are required to set an emission cap for all installations covered by the scheme. Each installation is then allocated

allowances for the particular commitment period in question. The number of allowances allocated to each installation for any given period is set down in a document called the National Allocation Plan. From phase 3 onwards, there will be an EU-wide cap and no national allocation plans.
Installations covered by the scheme are required to have their annual emissions verified. Allowances equal to these verified emissions will then be retired.
Coil coating is not one of the industrial activities listed in Annex I of Directive 2003/87/EC. There is however one category under energy activities that covers 'combustion installations with thermal capacity over 20MW'. In principle, this covers many of the larger coil coating facilities, although many of these, being co-located with upstream metal activities, are already included for other reasons.

The markets for prepainted metal have evolved considerably over the last half century. On a macro level, they have naturally been driven by the overall supply availability and indeed demand for a large variety of very different products. In addition to this, the macro-economic development of Europe has seen markets shifting, with the 21st century seeing renewed growth in Central and Eastern Europe in particular.
Products and markets have evolved for a number of reasons such as cost of production compared to alternative choices, technological changes such as life expectancy and perhaps more recently because of fashion and trends.
Here, we review the European market for prepainted metal from a statistical viewpoint and then also from the viewpoint of the ever-growing number of applications for this product.

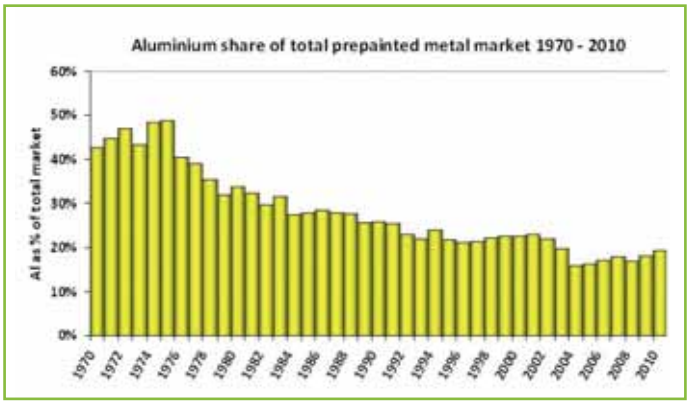
THE EUROPEAN MARKET FOR PREPAINTED METAL

Overall market size

ECCA collect statistics from their members, who represent the vast majority of coil coaters and paint suppliers in Europe. From these statistics, it is possible to see the evolution of the market over time.
It is important to understand the origin of these statistics, since these do not include any prepainted metal produced by non-ecca members and, more importantly, they do not include imports from outside of Europe.
Since 1970, the total market for prepainted metal in Europe has grown from just over 100 million m^2 to almost 1,500 million m^2 in 2008. The crisis marked an unprecedented drop with only nearly 1,200 million m^2 shipped in 2009. The output of pre-painted aluminium and steel rose again in 2010 amounting to almost 1,300 million m^2.
As can be seen from the chart, growth of prepainted metal was steady through the 1970's, 80's and 90's, but has slowed down since 2000. This masks the fact that since 2006, imports into Europe, particularly of prepainted steel, have grown dramatically, amounting to around 200 million m^2 in 2010. When imports are included, the market can be seen to be continuing to grow.

Steel and aluminium

Due to the difference in density between steel and aluminium and the nature of the coil coating process, it is more useful to consider the market for prepainted metal in terms of area (m^2) rather than in weight (tons). The chart shows the change in proportion of aluminium to steel in the coil coating market on the basis of surface coated. Despite the continuous growth of steel share since 1970, the aluminium industry suffered less from the 2008's crisis than the steel sector which lead to a stabilised share. In 2010, steel accounts for 81% of the market for prepainted metal.



Despite a decline in market share, the market for prepainted aluminium has continued to grow steadily – just not as quickly as that for prepainted steel. The charts below show separately the growth of prepainted steel and aluminium from 1970 to 2010.

Geographical spread

Within Europe, for political and historical reasons, there has been very different evolution between the market in Western and Eastern Europe. Since 2000, there has been only small growth in Western Europe, but fast growth, albeit from a low starting point, in Eastern Europe.

In 2010, Western Europe accounted for 71% of all prepainted metal, down from over 85% in 2002. This is due to the large growth -particularly in prepainted steel -for the building market in Eastern Europe in the early years of the 21st century.

While Eastern Europe represents only around 16% of the market for prepainted aluminium, it represents over 32% of the market for prepainted steel (based on ecca statistics for 2010).

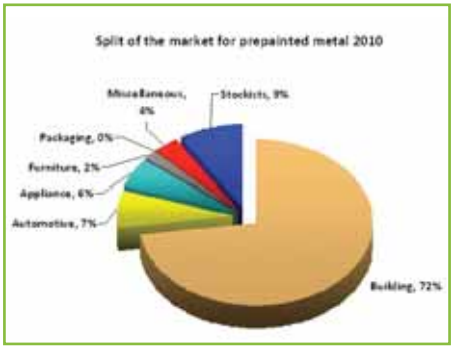
MARKET APPLICATIONS

The markets for coil coated products have evolved steadily from traditional cladding for building applications through to a wide range of manufactured goods. The applications are discussed in more detail later, but here we give an overview of the relative size of the different market applications.

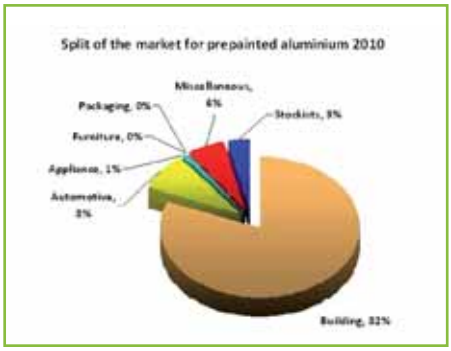
In simple terms, the main markets and applications can be categorised into the following areas:

- Building
- Packaging
- Automotive
- Miscellaneous
- Appliance
- Stockists
- Furniture

The last of these is not a real application, but due to the means of data collection, product sold through distributors is classified as “Stockists.” It could be assumed that this finds its way into the markets in roughly the same split as that sold direct.



Data from 2010 shows that the building market is by far the largest, with 72% of total sales. Although the total market for prepainted metal has grown significantly over the last half century, the building market has accounted for around 70% of sales for the majority of this time.
In the following charts, the same split is shown (again for 2010 data) separately for steel and aluminium. From this, it can be seen that the building sector plays an even more dominant role for aluminium, while the "Miscellaneous" category, representing various different uses, including signage, is more important for aluminium.

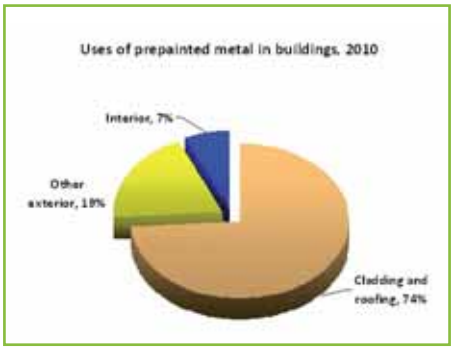


APPLICATIONS OF PREPAINTED METAL

Prepainted metal is used wherever a painted metal surface is required. The process of coil coating is the most efficient means of applying paint to a flat metal strip, so wherever this can be used to form the final object, prepainted metal generally proves the most favourable choice.
For many cladding applications, prepainted metal has become a standard material choice and the extra protection provided by the high-quality coating has found particular favour for external applications.
The potential uses of prepainted metal are endless, but over the past half century, this material has found favour in a variety of ways. Here, we describe some of the most important applications of prepainted

metal, taking the categorisation introduced earlier as a starting point to segment the market:
- Building
- Automotive
- Appliance
- Other uses

Building
There are many uses of prepainted metal in buildings, but the majority is used for cladding and roofing.
The use of prepainted metal, particularly for roofing and cladding, varies greatly from country to country and even from region to region. For example in some places, there is a long history of metal roofing in all types of buildings, while for others its use is restricted to much more modern or industrial building types. In some cases, metal is perceived to be a superior-quality product, while in others it has found favour due to its economy.



Coatings
Exterior use in buildings demands a coating which retains its good looks for a long period and protects the underlying substrate from the elements. While standard polyester coatings are used in many cases, this is the market sector where innovation has led to more durable prepainted metal products. High durability polyesters are often used, as are polyurethanes (often polyamide modified for improved scratch resistance).
Where a high quality, almost fade-free finish is required, PVdF is very often used and plastisol has found favour in building applications in many areas due to its superior corrosion protection and robustness.

Image courtesy of Tata Steel

The specified coating will depend on a number of factors, not least of which is the environment of the building. For coastal locations, corrosion resistance is very important, while in industrialised areas, corrosion resistance must be coupled with chemical resistance too.
One of the fundamental means for any coating to degrade is by attack from UV light, so in sunnier areas (eg Southern Europe) this is a major concern, so UV resistance becomes very important.

Roofing
Around Europe, prepainted metal is used for roofing on all types of buildings. In most areas, it is used for agricultural buildings, being an evolution from traditional corrugated iron roofing. This use has evolved, in many areas, into roofing for industrial and warehouse buildings and as these large single-storey buildings have spread, it has been used in shopping centres, sports halls, arenas and a variety of commercial buildings too.

Images courtesy of Alucoil (left) and Rautaruukki (right)

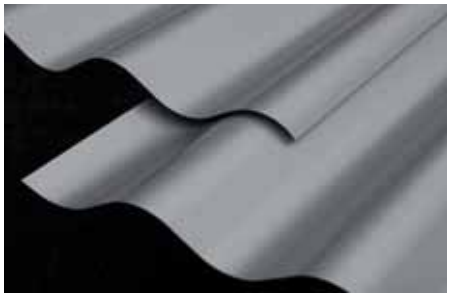
At the other end of the spectrum, metal roofing has been used on many smaller buildings for a long time. In many European countries, churches and civic buildings have traditionally used metal roofing. Meanwhile in rural

areas, particularly in Northern Europe, the traditional use of metal roofing for agricultural buildings developed into a preference for residential buildings which, throughout the 20th century, spread to a general preference in some places for metal roofing on all types of building. For example, in Finland, around 50% of all roofing is now metal.
Metal roofing is available in different forms for use in different buildings, but the main types can be classified as:

- Corrugated
- Standing seam
- 3D-profile

Corrugated roofing
The fundamental requirement of a roofing material is to be watertight. However, since most material are not produced in sheets the size of an entire roof, there will always be joints. So, the second requirement of a metal roof is to be stiff enough to ensure that the joints remain closed in all conditions. A simple flat sheet of metal will flex with wind and under snow loading so that a roof made from this will not remain watertight. For this reason, the most popular form of metal sheet roofing is corrugated to add stiffness.
The original form of corrugation was a sinusoidal sheet and while this is still used in many cases, the more efficient trapezoidal profile has become more commonly used. The picture shows trapezoidal (left) and sinusoidal (right) profiles.

ArcelorMittal flat carbon Europe



ArcelorMittal flat carbon Europe

Tata steel

Tata steel

Corrugated roofing generally requires fastening through to a sub-structure, although some designs with hidden fastenings have been developed. Fasteners use watertight washers, but this and overlaps between sheets mean that corrugated sheet roofing can generally only be used above a pitch of around 5 degrees.
The traditional sinusoidal profiles can be curved into smooth curves, as used for example in Dutch barns (and in the picture). Trapezoidal profiles can also be curved but this generally requires a crimping operation. Curved trapezoidal sheeting has found favour, for example, in smooth eaves for commercial buildings.
One of the reasons for the widespread use of corrugated roofing is that the manufacturing process is highly efficient. Corrugated roofing is roll-formed in long lengths and while it is available in standard lengths, it is generally manufactured to order in specific lengths to suit particular building projects.
Corrugated roofing is also available in composite panels, integrated with an insulation core and inner-sheet, usually also prepainted metal. This can give a very efficient building solution where an insulated roof is required.
Corrugated roofing is used on a very wide range of buildings. It is used wherever large areas require a simple, long-lasting and cost-effective roof covering with minimal structural support required. It is very widely used for agricultural, industrial and warehouse buildings and also for stadia, arenas, retail, commercial and civic buildings.

Standing seam roofing
Much of the traditional use of metal roofing utilised soft metals such as copper, zinc or lead. These metals were produced in long lengths, laid onto boarded (or sarked) roofs and sheets joined to each other with a formed seam. Although the technology has moved on somewhat, this technique is still used in many applications of prepainted metal roofing. Traditional-scale standing seam roofing is laid on boards, so is not self-supporting. It is used in residential-scale properties, particularly in Northern Europe, for example Finland or Russia.

Rautaruukki

BASF

Euramax Coated Products

Long sheets of metal are formed into seams at the edges, the seam standing proud of the roof surface. In generally, fixing brackets will be rolled into the seam so that there is no need for exposed fasteners. In some cases, sheets are supplied in standard lengths which are joined end-to-end with another seam (a hook seam) but usually, full-length sheets are supplied so that there are no joints. With no joints and no exposed fasteners, standing seam roofing can be used for very low-pitch roofs.
There are various options for the seaming method, including the standing seam and batten seam. Recently, the principle of standing seam roofing has been translated into a more industrial scale for use on larger buildings. The use of stiffening ribs in the profile allows these to be self-supporting. The ability to curve these industrial-scale standing seam sheets has given rise to a wide variety of innovative roof designs.

3D-profile roofing
Corrugated and standing seam roofing both provide a linear appearance to the roof, with lines following the direction of fall of the roof. This is obviously essential to allow rain-water to drain from the roof. However, the main competing form of roofing is in the form of tiles, slates or shingles. These provide a more broken appearance to the roof.
In order to compete directly with tile-type roofing, metal roofing systems have been developed with a 3-dimensional profile. Since the type of tile, slate or shingle is very regionally dependent, a wide range of tile-form profile is available to match local styles.

Tile-form metal sheeting is available in two formats, either long or wide sheets. Long-strip tile-form sheets are used in much the same way as corrugated sheets and require through-fasteners, but give a very efficient building solution.
The alternative mimics tiles much closer, but with wide strips covering several tile-widths being installed at once. These strips are fixed on the top side which is covered by the next strip, so that there are no visible fixings on the finished roof.
Tile-form metal sheeting is produced to match local roofing aesthetics, so around Europe, the shape will change from slate-mimics to various shapes of clay, shingles and even a variety of concrete tile styles.
The coating is also very important to provide the desired aesthetic. In many cases, a matt finish is required, although in some cases, fashion dictates a high-gloss finish.
Colour is also generally used to mimic other materials, although the availability of different colours can also provide an attraction, as in the example shown of a house with a blue tile-form roof. Prepainted metal has even been developed with an uneven coloured surface to better mimic natural tiles, while in some cases, grit is adhered to the metal to replicate a concrete texture.
The main benefits of prepainted metal tile-form sheets over traditional tiles are:

- Light weight, meaning that less backing structure is required;
- Economical;
- Long-lasting (particularly compared to concrete tiles);
- Do not support organic growth;
- Can often be used at lower pitches.

ArcelorMittal flat carbon Europe

ArcelorMittal flat carbon Europe

Cladding

Prepainted metal cladding is very widely used on all types of buildings. On agricultural, industrial, warehouse and many commercial buildings, cladding often utilises corrugated type profiles similar to those used for roofing. Where roofing profiles leave wide troughs to assist water flow, cladding profiles tend to have narrow troughs to give a smoother appearance.

Since most cladding applications now include insulation in the building envelope, composite panels, with two sheets of metal enclosing an insulation core, have grown particularly popular for cladding. The composite nature also allows these panels to have less severe profiling, giving a smoother appearance to walls.

On more prestigious buildings, prepainted metal is regularly used in façade systems. These often utilise so-called aluminium composite materials consisting of two layers of aluminium sandwiching a thin plastic core which gives a very rigid and flat panel.

The endless colour possibilities of prepainted metal make it an ideal choice for cladding and facades. For agricultural buildings, muted colours which respect the landscape are used, but for inner-city buildings, a metallic silver finish is often used to emphasise the nature of the metal building. Meanwhile, corporate branding often dictates colour choice.

Tata steel

Tata steel

Other exterior uses

Whilst prepainted metal is widely used in roofing and cladding, there are a whole host of other components which make up a building, many of which benefit from the use of prepainted metal. The benefits of using prepainted metal for these components are the same as for others, including:

- A high quality, uniform finish
- A sustainable material choice
- Excellent durability
- Cost effective
- Ease of manufacture.

Where prepainted metal is used for roofing or cladding, the obvious choice to finish this off is to continue with the same material. Prepainted metal can be formed into any number of shapes for flashings which finish off the main cladding systems, but it is also widely used for rainwater goods -gutters and downpipes. In the case of gutters, a durable coating can be specified on the internal side to further enhance durability. In both rainwater goods and in flashings, using the same coated product as the rest of the cladding or roofing ensures the same high level of durability and uniform weathering between components. Meanwhile, even when prepainted metal has not been used for the main elements, it is often used for rainwater goods due to the high durability, dimensional tolerances and range of finishes available.

Apart from the finishing components for a building, prepainted metal is often used in other main components. In particular, it is a particularly good choice for doors and shutters. All types of doors make use of the benefits of prepainted metal to provide durability and long-term performance matched with cost-effectiveness. Prepainted metal is increasingly used as a skin for composite personnel and house doors, benefiting from much better dimensional stability than alternatives. It is also used widely for domestic garage doors, as well as in shutter doors used on industrial and warehouse buildings.

Lightweight insulated shutter systems which use prepainted metal are widely used on both domestic and commercial properties. The prepainted metal provides a high quality finish with a wide variety of appearances possible, from traditional to contemporary. The examples shown here give some idea of the range of uses of prepainted metal in building components, but there are many more. Wherever a coloured surface is required and wherever metal is required, prepainted metal can deliver the right component with the additional benefits of this advanced material choice.

ArcelorMittal flat carbon Europe

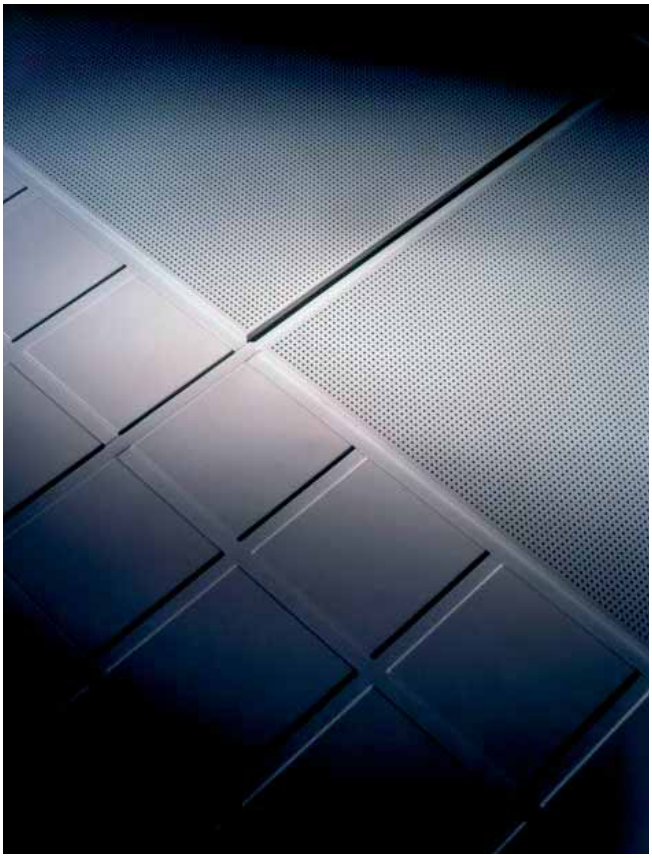
Internal uses

Prepainted metal is used extensively for internal applications in buildings. In many cases where prepainted metal is used for the external skin, the insulated wall and roof systems are finished internally with a bright white prepainted metal skin. It is also often used as a lining material in its own right, for example in the lining of tunnels or for station or airport concourses. Here, prepainted metal is used because it provides a cost-effective means of providing a high-quality smooth white surface which reflects light well to give excellent interior lighting conditions.

In most cases, internal environments are relatively benign and so a coating with minimal corrosion resistance is often sufficient. However, it is always important to remember that building components can be subjected to outdoor exposure during the building phase, so some level of corrosion protection is often required for this. Prepainted metal is widely used for ceiling system, both for suspension strips and for the tiles themselves. Prepainted metal can give an exceptionally smooth, high-quality finish for ceiling systems and is especially favoured in clean environments. Prepainted metal used in ceilings and for the inner leaf of walls is often perforated to allow sound to travel into dense insulation, providing a high level of sound deadening.

Wherever internal partitions are required, prepainted metal is the ideal material. Cold stores or controlled environment rooms often used insulated sandwich panels suspended inside the main building. In this

case, prepainted metal is used for both skins of the panels with a highly insulating core sandwiched between. These panels are designed with the minimum of detail to avoid places where dust and dirt can accumulate. For smaller cool-rooms and walk-in fridges, prepainted metal is again used for both interior and exterior, with the smooth high-quality finish being easily cleaned. Prepainted metal is also used for many other types of partitioning including in office partitioning, where the magnetic effect of prepainted steel can be put to good use, or in toilet cubicles, where again this proves to be a very hygienic choice.
There are numerous other areas where prepainted metal is used on the interior of a building. It is used extensively in light fittings and in heating, ventilation and air conditioning equipment. It is also widely used in shop fittings, for doors, lifts and cable ducting. In fact, anywhere where a high-quality, smooth finish is required prepainted metal will provide a high-quality, cost effective and durable solution.



Tata Steel

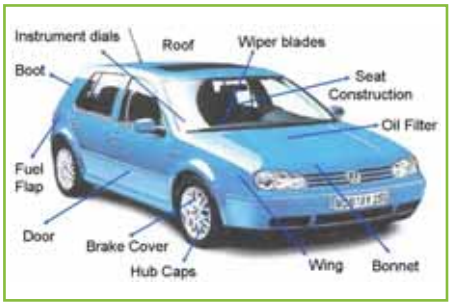
Automotive

Prepainted metal is used for many parts of both cars and other forms of transport. In addition to body parts, the high-quality prepainted finish is also useful in all sorts of components used in these vehicles.

In cars, prepainted metal is sometimes used as a base-coat for body panels, but it is also used in many components. Some of the uses of prepainted metal in cars include doors, beams, oil filters, instrument dials, wind-screen wiper blades, corrosion prevention, trunk lids and oil sumps to name but a few.

Many caravans and recreational vehicles use prepainted metal as the main material for construction of the body. In some cases, stripes and designs can be incorporated into the prepainted finish before fabrication, while the availability of modern colours is increasing the freedom of designers for these vehicles.

Prepainted metal is also used in all sorts of commercial vehicles including lorries, tankers, busses and trains. In all of these cases, prepainted metal provides a cost-effective means of achieving a high quality and reproducible finish.



Images courtesy of Euramax Coated Products

Domestic appliances

Prepainted metal is used in the casing for a wide range of appliances which we find around the home or workplace. Some of the frequent uses include:

- Refrigerators and freezers
- Washing machines and clothes driers
- Dishwashers, microwaves and cookers
- Heaters
- DVD players, Hi-Fi equipment and satellite decoders
- Computers
- Light fittings

The demand for prepainted metal used in the domestic appliance industry has changed significantly over the last 30 years. This is not least because the level of appliance ownership through Europe has also grown rapidly over the same period.

Ownership levels of appliances vary from country to country and from appliance to appliance. In almost all cases product saturation began with refrigeration, and then moved on to cookers, washing machines, microwaves and tumble dryers.
The market for prepainted metal for use in the domestic appliance sector in Europe is almost 90 million m^2 per annum. This is supplied direct from coating mills to large domestic appliance end users in coil form and in addition is supplied by the stockholder sector often as semi processed coil and sheet.
The traditional competitor to prepainted metal in this sector is uncoated metal which is painted after formation of the finished article. More recently, powder paint has been used extensively by appliance manufacturers.

Other uses of prepainted metal
There are a wide variety of applications of prepainted metal which, although each may be small, combined make up a significant market sector. These include:

- air conditioning
- insulation
- mobile accommodations
- cold stores
- metal enclosures
- food industry
- drinks chillers
- traffic signs
- furniture
- display and dry-wipe boards

In every case, prepainted metal provides a high quality, reproducible, robust finish in a wide range of colours and effects, while also giving manufacturers significant benefits including reduced stock, a simpler process, much easier environmental compliance and lower overall costs. There are many more individual applications ranging from pedal bins to staplers and from deep fat fryers to pocket diaries. All of these and many more now benefit from the advantages offered by prepainted metal and it is almost certain that with the right design and choice of material it is possible to use this material for any application.
In many of these applications, the requirements from the prepainted metal are very specific. For example, products for dry-wipe boards require the ability to be written on and wiped off with no permanent marking. Products for lighting require very high reflectivity. Products for bakeware require excellent temperature resistance and non-stick properties. Products for furniture often have very specific aesthetic requirements which can sometimes only be met by a laminate. This range of requirements has led to a proliferation of coil coatings and as more applications are developed, so too are more variants of prepainted metal.

Benefits of prepainted metal
There are many benefits to be had from using prepainted metal for a particular application, but these can be summarised as:
- performance of the product
- benefits in manufacture

Performance
A prepainted metal product, in general, will be expected to last longer than an equivalent post-painted product. This fact has been confirmed by numerous trials over the past 40 years.
The exceptional performance of prepainted metal is due to the highly uniform means of application and the synergistic nature of the various layers which go to make up the system.
The excellent durability is particularly useful for external parts such as roofing or cladding, but can also have benefits for internal parts, either because they have the opportunity to get damp (eg washing machines) or because it allows a down-grading of the substrate, for example from a galvanised steel substrate to a cheaper, cold-reduced one.

Benefits in manufacture
In many applications, such as domestic appliances or light fittings, there is a direct choice available to manufacturers to either use prepainted metal or to pre-form the part from uncoated metal and apply paint afterwards. In this case, the end product is expected to perform similarly, but major benefits can be had in the manufacturing process.
Many of the benefits stem from the fact that the manufacturer does not need to paint products after forming. This can cut the costs of regulatory compliance as well as cutting obvious in-house costs. However, the hidden benefits of this include a reduction of in-process stock and a similar reduction of in-house quality problems. The process flow can be dramatically simplified and it is often found that the post-painting operation previously caused a bottle-neck which is removed by converting to the use of prepainted metal.

Designing with prepainted metal
In many ways, designing with prepainted metal is just like designing with any other form of sheet metal, but with the additional freedom of surface aesthetics. However, there are a few peculiarities of prepainted metal which the designer would do well to remember to ensure that the design works well.
- The first and most obvious point to remember is that the paint finish is present before forming. The coatings used on prepainted metal have been formulated to flex with the base metal, but some are more flexible than others. In many cases, coatings will retain their adhesion even at a 0T bend radius, but it is important to confirm this before starting the design. The coatings have also been formulated to be

very scratch resistant, but again some are better in this respect than others, so it is worth checking with your supplier first. When assessing tooling to be used for forming operations, it is important to remember that a scratch in forming is a scratch on the finished product, but this can be overcome with good quality tooling, good design and, if all else fails, the use of a temporary protective film.

- The second important point to remember when designing with prepainted metal is that the finish is applied before any joining takes place. The most important consequence of this is that conventional welding is not possible. However, there are numerous joining techniques which are possible, so this should not hamper the design.
- The third point to consider is that the back-side of the prepainted metal sheet may well have a different appearance to the front side. This is sometimes very useful, where, for example, the inside of a cabinet has a simple grey coating or a bright white finish applied before construction, but when designing it is important to remember that front and back surfaces may look different. However, if this is important, it is usually possible to specify the same finish on the reverse as on the front side.
- Finally, it is important to think about the edges of metal sheets within the design. Prepainted metal sheets will always have at least two edges (and usually all edges) which are uncoated, since they will have been cut from a much larger metal strip. These bare edges can look slightly unattractive and in the worst case, they will be the initiation point of eventual corrosion. However, there are well established techniques adopted to hide bare edges.

Forming prepainted metal

Numerous techniques can be used for forming of prepainted metals -in fact most techniques applicable to sheet metal can be used successfully. Because the final surface finish is already applied, it is important for tools to be in good condition with no scratches, and sometimes it may be necessary to modify contact pressures to avoid scratching, but usually a good clean and polish is all that is required. Since prepainted metal is itself self-lubricating, tools used for forming this material tend to stay clean and last longer.

Images courtesy of Tata Steel (left) and ArcelorMittal flat carbon Europe (right)

The techniques used in forming a particular part will depend on the specifics of that part, but they include:

- shearing
- blanking
- press braking
- bending and folding
- roll forming
- deep drawing
- spinning.

Joining prepainted metal

There are many methods of joining that have been developed specifically for prepainted metal. Some are adapted from traditional methods, while others are more innovative.

The main joining techniques can be summarised as:

- mechanical
- integral
- adhesive
- welding.

Mechanical joining

Where mechanical fixings such as screws, bolts or rivets are used, prepainted metal can usually be treated in the same way as uncoated metal. Screws are often used where it may be necessary to remove panels later, such as the back of appliances or DVD players. Rivets are a popular form of joining, including blind rivet nuts, studs and, increasingly popular, self-piercing rivets. The latter is particularly suited to prepainted metal, since it eliminates the possibility of surface damage during drilling operations.

Image courtesy of Tata Steel

Integral joining techniques

Techniques have been developed for joining prepainted metal through integral mechanical manipulation. The simplest of these is the lock-formed joint, which can take many forms, but in which sheets are joined together by rolling sections of adjacent sheets together. In a stitch-fold joint, a stitch is created between two overlapping sheets. This is usually performed on a flange folded behind the prime surface to give a smooth appearance to the exterior. Special tools such as Eckold, Tog-L-Loc and Tox have been developed for self-clinching of prepainted metal which gives a similar effect to a rivetted joint, but deforming the metal itself to form the joint.

Image courtesy of Tata Steel

Adhesive joining

Prepainted metal is ideally suited to adhesive bonding, since the surface is clean and provides an excellent key for various adhesives. For this reason, adhesive bonding is commonly used with prepainted metal. However, adhesive bonding works best where there are large surface areas to bond and if this joining technique is intended then the design must allow for this. Adhesive bonds also work best in tension, compression or shear loading and careful consideration of the expected loading condition is important in the initial design. Pressure-sensitive, double-sided adhesive tape is often very effective for bonding prepainted metal joints, since it applies just the right amount of adhesive. There are also prepainted metal coating systems available that include an adhesive within the coating which can be activated thermally which are rapidly finding many uses in industry.

Image courtesy of Tata Steel

Welding

Conventional welding cannot usually be used with prepainted metal for three reasons.

Firstly, the coating is not usually conductive enough for resistance welding; secondly, the heat generated in welding usually destroys the coating in the vicinity; and thirdly the coating can weaken any weld which is produced. However, there are exceptions and some welding techniques are widely used with prepainted metal.

Resistance welding can be used with some prepainted metal products which are described as weldable. The coatings used on weldable prepainted metal are designed to have a suitable electrical conductivity for resistance welding. These are often used as corrosion resistant primers, to which a top-coat will be applied later.

Arc welding is generally not used, since the temperatures involved destroy the coating. However, this is sometimes used, with the coating usually being mechanically removed around the weld before welding. Butt welds usually work better than overlap welds, since less coating removal is required. A better alternative is laser welding in which the heat affected zone is usually only a few mm either side of the weld.

Various processes can be used to weld studs or projections to prepainted metal, including electrical discharge welding. When this is applied to the back of a sheet, very often there will be no visible affect to the coating on the front. For this reason, it is often used for welding stiffeners or bolt-heads to the back of prepainted metal parts.

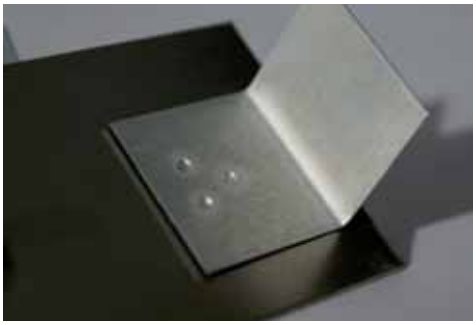


Image courtesy of Tata Steel

GENERAL DESIGN CONSIDERATIONS FOR PREPAINTED METAL

Prepainted metal is used in a wide variety of applications. Just about any application where sheet metal is used can use prepainted metal. The advantages of using prepainted metal, rather than forming the part from bare metal and painting afterwards include:

- Superior, uniform surface finish
- No need to paint means no costly, messy paint facilities
- The overall cost is usually lower
- Less inventory makes for better work-flow.

The fact that the final appearance is applied before forming does mean that some special care needs to be taken, both in how the part is designed and how fabrication is carried out. Some techniques are more applicable to prepainted metal than others.

It is important that, in designing a part from prepainted metal, certain considerations are taken into account because there are some fundamental differences from using bare sheet metal. The main differences can be summarised as follows:

- Care is needed in all forming operations to ensure that the surface is not damaged. This is more a consideration for the fabricator, but it is worthwhile for the designer to be aware of this too because ease of manufacture is a key element of good design.
- Careful thought needs to be given to how pieces are joined together. Although welding is often possible, this can sometimes disrupt the prepainted finish, so it is not always used. Additionally, since joints are not going to be painted over, it is important to think about the visual impact of different joining techniques.
- While prepainted metal gives a very high quality, consistent finish to the surface of the metal, where it is cut a bare metal edge is visible. Because the part is not going to be painted afterwards, this could be visible in the finished article which may be unsightly and in some cases can be prone to corrosion. There are various techniques which a designer can use to hide these cut edges.

This module is presented in two main parts, focusing on the key areas of forming and joining, with some practical pieces of advice being given at the end to help both the designer and fabricator of products using prepainted metal and finally a design example which illustrates some of the concepts introduced.

FORMING PREPAINTED METAL

General considerations for forming

In general, prepainted metal can be formed in much the same way as uncoated sheet metal. The coatings used on prepainted metal are designed to be formed, but some are more formable than others.

As with any sheet metal forming operation, it is important to minimise the strain induced in the metal sheet during formation. Additionally, for prepainted metal, it is important to minimise the strain within the coating

layer as well as between the coating and the metal substrate and to minimise pressure applied to avoid marking the coating.
In general, surfaces in contact with the coating should be kept clean and polished smooth. No additional lubrication is usually required, since the coating tends to flow smoothly over the forming surface.
When designing forming machinery, it can be important to take account of the thickness of the coating layer. The quoted thickness of a prepainted metal sheet is usually the thickness of the metal (including any metallic coating).
The thickness of the paint coating is generally quoted separately. In calculating clearances for equipment, the sum of metal and paint thicknesses must be taken into account. Required machine tolerances are usually a small percentage greater than the total thickness.
Prepainted metal is designed so that the coatings are flexible, but there is a limit to this and in many cases there is a trade-off between flexibility and hardness. Flexibility of the coating is defined as a measure of so-called T-bend, being the minimum radius bend which does not cause cracking or delamination of the coating. This depends not on the absolute radius of the bend, but on the relationship between this and the thickness of the substrate, since this defines the elongation of the coating layer. The T-bend flexibility of a coating is determined according to EN 13523-7. In Europe, T-bend results are expressed as the bend radius divided by the sheet thickness. A 0T bend is formed when the sheet is bent back on itself, with 0.5T, 1T, 1.5T etc. being subsequently larger-radius bends.

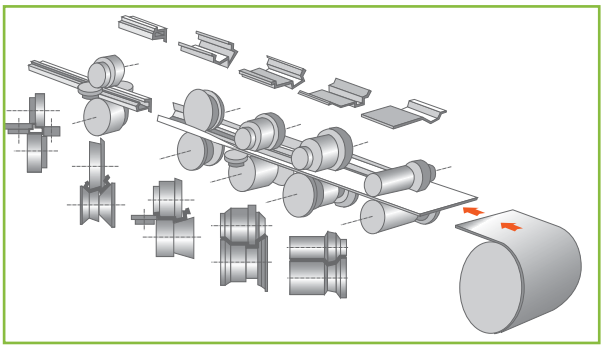
Diagram courtesy of ArcelorMittal flat carbon Europe

Picture courtesy of BASF

As with any sheet metal forming, it is important to consider the inherent properties of the metal sheet. Steel and aluminium are available in numerous different grades and alloys, each with their own strength, rigidity and formability. The choice of grade or alloy should depend on both the requirements in the end application and the ability to form the sheet as necessary. For example, higher strength grades should be used for structural applications, which may be roll-formed or folded, but where a deep drawing or spinning operation is envisaged, a more ductile metal substrate will be required. In general, more formable metal substrates tend to have less strength or rigidity, but special steel grades or aluminium alloys may be available which shift this balance. It is always important to discuss the requirements for strength and formability with the metal supplier.
Alongside consideration of metal properties, it is important to remember that prepainted metal comes in a range of metal thicknesses and this should be specified in the design stage. Typical prepainted metal parts use a substrate thickness between 0.3mm and 1.2mm, although thinner and thicker gauge is also available, particularly for aluminium where thickness of up to 2.0mm is regularly used.
Finally, it can be important to consider shape and flatness of the substrate. Most coil coaters will provide a leveled product, since a flat substrate is essential for efficient coil coating. However, some applications demand a particularly high degree of flatness and if this is the case then this should be specified on ordering. When a wide metal strip is slit or cut, internal strain in the strip can be released which can occasionally cause some flatness issues. For example, if a wide strip is centre-slit into two half-width strips, then these may form differently because of the internal strain which is released on slitting. In some cases, this can cause bowing of some formed parts. It is always advisable to discuss such considerations with the supplier of prepainted metal before ordering a particular slit coil or specification of cut blanks.

FORMING TECHNIQUES

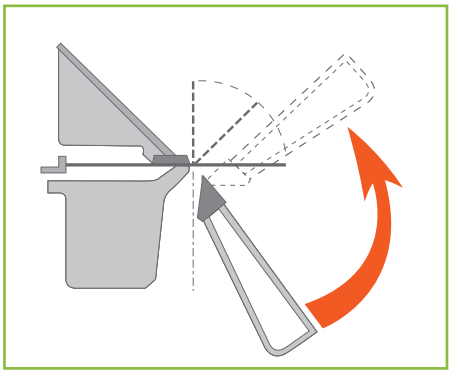
Roll forming



Diagrams courtesy of ArcelorMittal flat carbon Europe

Roll forming is the most widely used forming technique for prepainted metal. Where long lengths of the same profile are required, this is the most economical means of forming. In many cases, roll forming operations can actually be fed from coiled material rather than pre-cut sheets, so continuous operations are feasible.
In roll forming, the sheet metal passes through a series of shaped roll-pairs which successively form the sheet into a predefined shape. It is important to minimise the strain on the prepainted metal sheet by allowing sufficient forming steps (roll pairs or so-called stands) so that each individual stand only represents a small change to the profile of the strip.
Even complex geometries can be roll formed, but it is important to remember when designing components that this is only a 2-dimensional technique. However, bends or notches can be applied after roll forming.
This technique is used for forming corrugated roofing and cladding sheets, gutters or façade panels, but also for smaller sections used in many applications from vehicles to light fittings.
In contrast to roll forming of unpainted metals, in most cases no additional lubrication is required when roll forming prepainted metal.

Bending processes
The most basic means of shaping prepainted metal is by bending it. This is the basis of sheet metal design in most modern CAD software. As discussed earlier, it is important to be aware of the flexibility of the coating and to ensure that the minimum bend radius is not exceeded.
The most common and flexible technique for forming bends is variously called flap bending, swivel bending or press brake folding. The principle is that one part of a sheet is firmly clamped, while the loose end is forced upwards, creating a bend. Since the pressure is applied over the surface of the loose flap, this is a very good technique with limited potential to damage the coating.
Modifications of the press-brake technique can be used to form quite complex shapes, often in fully automatic, computer-controlled folders which can perform a sequence of bends.



Diagrams courtesy of ArcelorMittal flat carbon Europe

An alternative means of forming a bend is by using a punch and die folder. This can be done either by using a shaped punch to match the die (as shown in the video) or by using a narrow punch in a V-shaped die (as shown in the diagram). In either case, this applies much more strain to the coating than press braking, but it can be a quick and simple means of forming a bend. As the material is required to flow over the edges of the die, it is best if these can have a wide radius, minimising the pressure on the coating.
When designing a component from prepainted metal (as with any sheet metal) it is important to consider the manufacturability of that part. For this reason, it is useful to understand the operation of a folder to establish what is and isn't possible.

Deep drawing
Depending on the coating, prepainted metal can be successfully drawn. In the deep drawing process, a blank is held around the perimeter and a punch and die is used to form the sheet into a specified shape. This is used, for example for the front panel of washing machines, but much deeper drawing processes are also feasible depending on the combination of metal and coating specification.
For high production volumes, deep drawing is often the most economical forming method and it can also achieve shapes which are not feasible by folding methods.
However, the necessity to have a punch/die set specific to each drawn shape means that set-up costs are high, so this technique can only be used where this will be paid back through high volume.

Courtesy of Tata Steel

The pressures exerted on the coating and the strains in both the metal substrate and coating can be high during deep drawing. It is important to minimise the risk of damage by using wide-radius bends wherever possible, smooth, clean tooling and avoiding the use of draw beads or other restraining devices. While prepainted metal can usually be formed without the addition of any lubricating fluids, for drawing operations, lubrication may be necessary, although if this is the case then the pressure used to hold the blank will have to be increased appropriately to prevent slippage.
The picture (courtesy of Tata Steel) shows the detail of a typical shallow-drawn part on the front of a domestic clothes dryer.

Spinning
Spinning is a technique which is not commonly used, but can be successfully used with prepainted metal to form shaped round objects such as lamp shades.
In spinning, a sheet of metal is formed over a shaped mandrel by spinning on a lathe and forcing the sheet to the shape of the mandrel with a forming tool, as shown in the diagram.
Spinning can create high stresses within the material. These stresses increase with the speed of the operation, so if problems are encountered, one simple solution is to slow down the spinning process. As with all forming operations, care is needed to ensure that the finished surface is not marked and in this case, both the mandrel and forming tool should be polished smooth. Spinning can cause significant heat build-up which could damage the coating.
Again, slowing down the operation can help this, but it is also possible to cool the substrate using either compressed air or a cooling fluid.

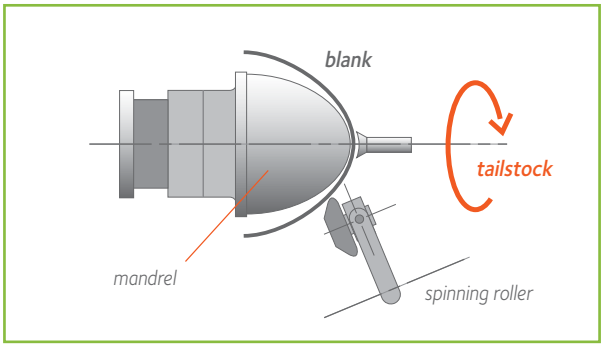


Diagram courtesy of ArcelorMittal flat carbon Europe

FORMING CORNERS

When a corner is formed from bare metal to be painted afterwards, it is usually welded, with the weld being dressed before subsequent painting. This can give a flawless appearance. This is not possible for prepainted metal and so corners can be a challenge when designing with this material. There are various solutions to forming the corners of prepainted metal parts which are widely used to provide an excellent appearance.

In some cases, corners can be drawn. This generally works well for shallow corners, but for deeper parts, it can put a great deal of strain on the coating and often requires trimming of scrap from the hold-down area after forming. Where drawing is used, the radius of the corner should be as wide as possible to minimise strain. This can give a very attractive smooth corner appearance as shown in the picture.

The same considerations for drawing should be taken into account as described earlier.
In many cases, a drawn corner will not be feasible. Then, the corner will be formed from a combination of folds, but here again many options are possible. Three of the most commonly used techniques are:

- The open corner
- The diagonal corner
- The mitred corner.

These three techniques are described below. In each case, the corner formed does not necessarily possess a great deal of rigidity. This can be gained by inserting a back-plate behind the corner, but this kind of corner is often used to fit over an internal frame which will provide sufficient rigidity if it is fixed to both sides of the corner. It is also important to note that these generally work better with thinner-gauge material, since when thicker metal is used, a teardrop-shaped gap tends to open up at the tip of the corner.

The open corner
The simplest means of forming a 3-dimensional corner is simply to cut a square section from the corner of the flat blank, then fold the two flaps inwards to meet at 90 degrees. The disadvantage of this technique is that it leaves bare edges visible at the corner. However, in many cases, corners like this are hidden from view by a plastic capping or in the case of many electrical appliances, a control panel, so this can be sufficient.

The diagonal corner
Almost as simple as the open corner, the diagonal corner hides the edges on one of the sides, leaving a simple bend at the corner. The diagonal corner is formed by cutting a triangular wedge from the edge of the piece to be bent, the apex of the triangle being at the tip of the corner. The two flaps are folded at 90 degrees, and the remaining triangular section folded in to give a neat finish. This can give a very attractive appearance, particularly where one side of the corner is either concealed or at the back of the finished article.

The mitre corner
One approach which provides an extremely neat finished appearance is the mitred corner. Again, a shaped recess is cut from the blank which is then folded in 3 dimensions to produce the corner, with the cut edges meeting on the back of the corner.

JOINING PREPAINTED METAL

General considerations

Almost all designs which incorporate prepainted metal will require at least one joint, and usually several, to either another piece of prepainted metal, some uncoated metal or some other material such as plastic.

In terms of joining to other materials, techniques such as adhesives or snap-fits, as used with uncoated metal, would usually be used. As discussed later, adhesive bonding to prepainted metal can be a very efficient joining technique and so prepainted metal can have advantages over uncoated metals in this respect. However, here we focus on techniques for metal-to-metal joining, whether coated or uncoated.

Many first-time users of prepainted metal are nervous about not being able to weld joints, as they would typically do with uncoated metal. As we will describe later, some welding techniques can be used without disturbing the coating, but there are also various other techniques which can be used with prepainted metal. Indeed, moving away from welding can actually give benefits in manufacturing flow, since welded joints generally need dressing which is not the case with most other joining techniques.

The techniques used for joining of prepainted metal can be classified into 5 main types:

- Adhesive bonding
- Use of mechanical fasteners
- Integral joining techniques
- Lock-forming
- Welding.

These five different joint types are each covered here.

Adhesive bonding

Prepainted metal is well suited to adhesive bonding since it presents a clean, smooth surface which bonds well with a range of adhesives. When using adhesive bonding, there are two main considerations which are required:

- Adhesive suitability
- Joint geometry / strength.

One of the advantages of adhesive bonding is that it is feasible to join prepainted metal sheet to a dissimilar material such as plastic or glass. However, in this case, the choice of adhesive type will be critical since it is required to bond well to both substrates.

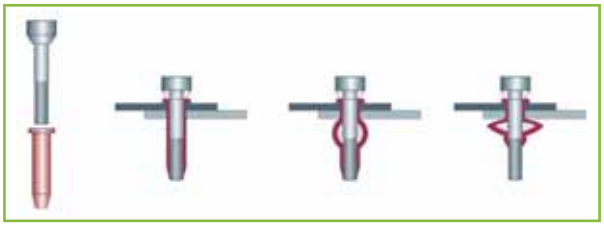
In the case where prepainted metal is to be joined to itself or to another sheet of prepainted metal, there is a wide choice of adhesives which could be suitable including acrylics, cyanoacrylates, epoxies and polyurethanes. Some adhesives, such as polyurethanes, are also available as hot melt or two-pack systems. It is also possible to use pressure-sensitive double-sided adhesive tape very effectively with prepainted metal, since this applies just the right amount of adhesive in just the right place.

The choice of adhesive should be a combination of that which is compatible with the surfaces to be bonded together and that which fits with the manufacturing process. With such a broad range of adhesives available, it is best to consult an expert in this field before making a final decision.
When adhesive bonding is to be used, it is important to design the part to maximise contact surfaces. The strength of an adhesive bond depends on the surface area of contact, so lap joints work well and adhesives are widely used for bonding prepainted metal to backing boards or insulation for building and wall panels.
Adhesive bonds work well in compression, tension and shear, but are prone to peeling, since in peeling all of the force is applied to one small section of the bond. It is important to consider this in the design of a part which is to be bonded, to maximise contact and minimise any likely peeling forces.
In practice, adhesive bonding is often used in conjunction with other mechanical or integral fastening techniques which gives the benefit of both systems.
It should be noted that prepainted metal is also available with an activatable or re-activatable adhesive applied by coil coating. Such adhesives are usually heat-activated and can be either fully cured after activation (activatable) or capable of cyclic activation and curing. In the latter case, parts where metal has been bonded to dissimilar materials can be dismantled for effective recylcing at end of life by the application of heat.

Mechanical fixings
For mechanical fixings, prepainted metal can generally be treated in the same way as uncoated metal.
In many cases, screws or bolts are used to fix prepainted metal to other sheets of metal. Both of these techniques have the advantage of being capable of being disassembled. Screws are very often used for fixing casings onto electrical appliances or teletronics boxes, where they allow easy disassembly for maintenance. Where a more permanent fixing is required, rivets are commonly used with prepainted metal. Riveting can be a highly automated process and in some cases only requires access to one side of the part, which can be useful.
There are three main types of riveting techniques used with prepainted metal:

Conventional riveting requires first that a hole is drilled through the surfaces to be fixed. The two heads of the rivet are inserted from each side and deformed together to clamp the work-piece. This is simple, but less easy to automate than either of the other riveting techniques, so is decreasing in use.
Blind riveting also requires that a hole is first made through which to insert the rivet, but blind riveting only requires access from one side. Blind rivets

are hollow with a central shaft which is used to deform the rivet on the blind side of the work piece. This central shaft is often threaded (as shown in the diagram, courtesy of ArcelorMittal) and is often designed to snap off, leaving only a small rivet head.

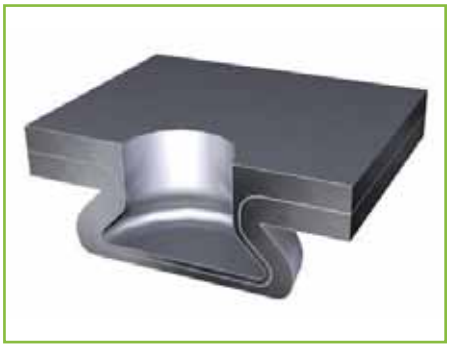


ArcelorMittal

Self piercing rivets do not require a hole to be cut, so the riveting process is performed in a single step. This technique is increasingly common because of the manufacturing benefits of the single-step operation. It is also particularly suited to prepainted metal because there is no risk of damaging the coated surface during cutting of holes (as with other riveting techniques). However, self-piercing rivets should be avoided where particularly thin sheet metal is used, since they rely on the thickness of metal to provide the strength in the joint.
Self piercing rivets are generally at least as strong as spot welds and in some cases can be significantly stronger, so the number of rivets used in a joint can sometimes be reduced. The diagram (courtesy of Tata Steel) shows a cross section of a self-piercing rivet, while the video (also courtesy of Tata Steel) shows the process in action.
Rivet heads can often be specified in a colour to match the prepainted metal in use, although there is always still a visual impact. Particularly where self-piercing rivets are used, the two sheets to be joined by rivets will often be designed with matching hidden flanges on the reverse for the joint. This presents a very smooth external appearance.

Integral joining techniques
There are a variety of integral joining techniques such as self-clinching and stitch-folds which are commonly used for prepainted metal. These differ from rivets in that the metal itself is deformed to form the joint, with no additional fastener.
Self clinching techniques have the advantage of the coating remaining intact throughout, so there is no compromise in the protection afforded by the coating. There are various proprietary techniques, with associated equipment available, but the general principle is that a non-piercing punch draws the metals into a die, with die blades moving to create a lateral flow of the material. This produces a drawn section with a protruding part of greater diameter than the draw. A cross-section of a self-clinched joint can be seen in the diagram (courtesy of Tata Steel).
Self-clinching is a clean, quiet and low-energy process. Equipment is

available which can be hand-held, bench-mounted or stand-alone and this can very easily be incorporated into other manufacturing processes. The inherent properties of the metal substrate are important when using self-clinching. Sufficient ductility is required for the draw, but the strength of the joint depends on the strength of the narrowed section. The strength of this joint is generally slightly less than a spot-weld, so a greater number will be required. This can impart a visual penalty, since all self-clinched joints exhibit a hump and a hollow on opposing sides.
Self clinching can be used to join dissimilar sheets of metal, but in general the combined thickness should be no greater than 6 mm and the ratio of thickness of one sheet to the other should be no more than 2. Self-clinching cannot be used with very thick coatings and in particular the total coating thickness on the inside of the joint should be minimised.
An alternative integral joining technique is the stitch-fold joint. In this case, a hole is punched in the two sheets to be joined, creating a stitch. This has the disadvantage that it does breach the coating, but it provides a strong joint in a quiet, fast and low-energy operation. As with many joining techniques which leave a visible trace, the stitch-fold is often used to join two flanges on adjacent sheets, as shown in the diagram (both courtesy of Tata Steel).

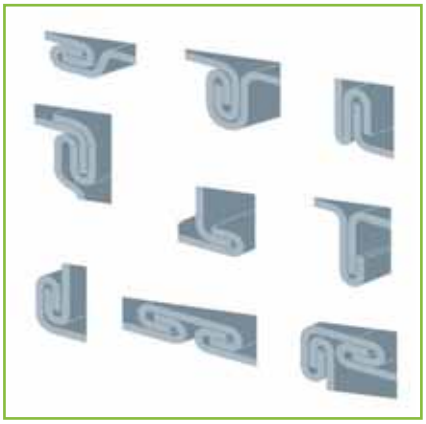


Tata Steel

Tata Steel

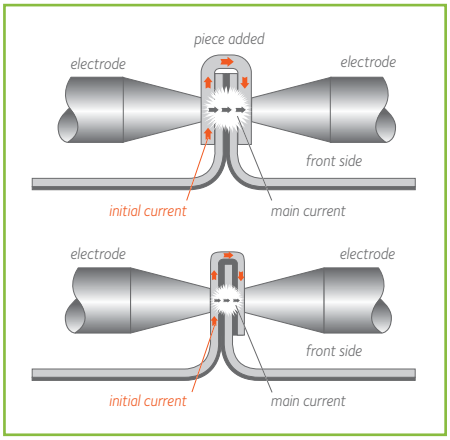
Lock-formed joints
Lock seaming has many disadvantages, but it is still commonly used to join sheet metal and is well suited to use with prepainted metal, since the coating can remain intact. There are many different forms of lock-seam joint, as shown in the diagram (courtesy of ArcelorMittal) each with their own benefits and uses. In general, those where no cut edges are exposed are to be preferred. Lock seams can be used to join sheets either in-plane or perpendicular, depending on the joint detail used.
Lock-formed joints are prone to slippage along the joint and also have low resistance against opening perpendicular to the fold. They can also only be used in 2-dimensional parts, since they cannot be folded. The seams

are generally roll-formed and in some cases, arrangement of suitable machinery can be complicated, but once established, this provides a very economical means of fixing two sheets to one another.
Lock seaming is used in many applications including the production of box or cylinder sections. Because the coating remains intact, this can give a waterproof joint, particularly if an adhesive is used on the inside of the seam.



ArcelorMittal flat carbon Europe

Welding
It is often said that prepainted metal cannot be welded. This statement is only partially true. There are, in fact, some prepainted metal products which are designed to be welded and some welding operations which can be optimised to be used with prepainted metal.
The problem with most welding operations is the enormous amounts of heat generated. Typical **arc or fusion** welding processes (such as MIG, MAG, TIG, Plasma etc.) work by melting the metal substrate and fusing the molten metal. Clearly, the amount of heat required for this will vapourise an organic coating.
This can have two detrimental effects. Firstly, the coating is burnt off in the vicinity of the weld. Burning of the coating is not limited to one side of the sheet since the heated area, using these techniques, is large. Secondly, even if the charring of the coating were acceptable, the presence of the coating can impair the strength of the weld by contaminating it with foreign substances. For these reasons, arc or fusion welding techniques are seldom used with prepainted metal.



ArcelorMittal flat carbon Europe

Laser welding is preferable to the other heat welding processes since the laser delivers the heat directly to the required zone and so the heat affected zone is much narrower, of the order of a few millimetres. However, even with laser welding, there will be some burning-off of the coating. This can be used for butt-joints, but it is always wise to ensure that the coating is removed from the weld area before welding.

Resistance welding can be used successfully with prepainted metal, but only for single-sided coated product or where the backing coat is either locally removed or is electrically conductive. In some cases, sharp electrodes can be used which penetrate through the organic layer. However, in all cases, heat is generated in the area of the weld which can affect the coating on the reverse if parameters are not very carefully controlled. Resistance welding is quite commonly used to join the flanges of two single-sided prepainted sheets, as shown in the diagram (courtesy of ArcelorMittal). Resistance butt welding, as used in the production of cold formed tubes, is seldom used for prepainted metal because of the burning of the coating around the weld.
Projection welding can be used to weld a bracket or stiffener to the reverse of a prepainted metal component. In this case, small projections are first created on the reverse of the component to be joined. These concentrate a very high current into a small area for a very short time, causing the projections to collapse and fuse. When controlled appropriately, this technique can be used on the reverse side of prepainted metal without any marking of the coating on the exposed side.

Stud welding is frequently used to weld studs or pins to the reverse of prepainted metal panels which can then be used for attachment to other items such as angle brackets. Using the capacitor discharge technique it is possible to weld studs, whether or not the reverse coating is electrically conducting, without marking the coating on the top surface. Slight splashing

may be observed around the weld on the reverse side of the sheet, but this is not detrimental to the coating. This technique is similar to projection welding in that the stud is designed with a sharp point which concentrates the electrical pulse through a small area to create a very strong weld.
Irrespective of the technique, where welding is used, tight control of welding parameters will always be essential to avoid or at least minimise overheating of the coating. Welding tends to be more successful with thicker metal substrates because they do not heat as easily as thin substrates.
Finally, it is worth remembering that certain prepainted metal products are actually designed to be welded. So-called corrosion-protection primers (also called weldable primers) are commonly used in the automotive industry to provide a corrosion-resistant, pre-primed base-coat.

PRACTICAL ADVICE

Dealing with cut edges
When using prepainted metal, consideration must be given to the edges of sheets. Because the part is not painted after forming, any bare edges will still be uncoated in the final product. This can have two unwanted consequences. Firstly, the bare cut edges are generally considered to be unsightly, spoiling the perfect appearance of the product. Secondly, in rare cases where the product is subject to severe corrosion promoters, the cut edges provide a weak-point where corrosion can commence. We discuss corrosion protection more in the next section.
Prepainted metal is coated as a long strip and for almost all applications, this is cut into sheets or blanks before forming. In most cases, all edges of the blanks will be uncoated, being cut from the prepainted metal strip. In the best case, it may be possible to use the coated edge of the strip for one or two edges of the final product (as used in wide building panels). For both reasons of appearance and corrosion protection, when designing with prepainted metal, it is preferable to modify the design so that all cut edges are hidden.
One of the simplest means of dealing with a cut edge is to fold it back using a flat Dutch bend, tear-drop return or curled edge. In general, the latter two are to be preferred as they are less severe, producing less stress in the coating, but the Dutch bend is commonly used because of its very neat appearance.
When joining two adjacent sheets of prepainted metal, a flanged join is commonly used. This not only hides the join, but also ensures that the cut edges are hidden on the inside of the finished article.
Some solutions were given earlier for forming corners which hide the cut edges away from the front face of the corner. These can be a good solution, particularly if one side of the corner is to be covered in the final design.
Finally, it is quite common for many finished articles to include plastic cover strips. For example, for teletronics cases (such as DVD players) there is usually a plastic front control panel which hides any cut edges at the front of the box. Likewise, fridge doors usually have a plastic cover at the top and bottom which hides any cut edges and fixings from view.

Corrosion at cut edges

Designers are often concerned that when using prepainted metal, the finished article will be susceptible to corrosion from the exposed cut edges. In fact, this is rarely the case and very often, the poorly coated edges of post-painted parts will suffer from corrosion long before the uncoated edges of prepainted metal.
Prepainted metal should be viewed as a complete system with the metal substrate, including any metallic coating such as galvanising on steel, working together with a chemical pre-treatment, uniformly applied corrosion-resistant primer and top-coat. This multi-layered approach, equally applied to both sides of the metal, guarantees the optimum corrosion protection, even at cut edges.
A study by the NCCA has shown that for a fan housing assembly, with multiple cut edges, a part formed from prepainted metal would significantly outlast one made from uncoated metal which is subsequently coated with either a spray-applied or powder coating. Although the edges appear to be coated in the post-coated examples, the spray or powder coating processes do not guarantee the uniformity of cleaning, pre-treatment or coating thickness which is achieved in coil coating and so these soon come under attack from corrosive elements in the atmosphere. The pictures show two fan housings after 68 months of use, one using prepainted galvanised steel and the other a post-painted galvanised steel, even with a thicker galvanising layer. It is clear to see that the uniform coil coating has worked much harder to protect the steel substrate from corrosion even though the large number of cut edges were not initially treated.

Storage and handling of prepainted metal
Although not a design consideration, it is important when using prepainted metal to understand a few simple rules for storage and handling which will help the user to get the most out of their product. With prepainted

metal, the surface finish which the end user will see is applied before forming the metal. Throughout this module, careful handling and forming has been repeatedly emphasised to maintain this high quality finish.
Before any forming takes place, prepainted metal, whether in coil or sheet form, will be stored and handled, each of which have the potential, if done incorrectly, to harm the finished appearance. The two basic principles for looking after prepainted metal are:

- Keep dry
- Avoid damage.

Even though, in some applications, prepainted metal may be called upon to keep out the worst of the weather for many years, water, salts and other degrading agents can have a disproportionate effect during storage of coil or sheet. This is for two reasons. Firstly, when sheets are stacked or a long length of prepainted metal is coiled, capillary action can trap moisture between the sheets or laps, so any moisture is unlikely to dry out, leading to a prolonged exposure time and promoting corrosion of the substrate metal. Secondly, when parts are designed for external exposure, vulnerable areas like cut edges or thin backing coats will be hidden, which is not the case during storage before forming.
To keep prepainted metal dry, it should always be stored inside, or at the very least in a waterproof housing. Ideally, this should be maintained at a constant temperature because fluctuations in temperature can cause condensation on the metal, which again leads to moisture and potential corrosion.
Avoiding damage is important for prepainted metal because the surface which is visible in the manufacturing process is the one which will be visible to the end user and any damage to the coating can be a weak-spot for future degradation and potentially corrosion. Wherever possible, it is best to handle sheets of prepainted metal on their reverse so that any marking is hidden in the finished product. “Soft” lifting surfaces should be used, for example, covering fork-lift forks with a felt mat. Coils should always be stored in dedicated, smooth, clean storage facilities, ideally with wooden, plastic or felt contact surfaces.

Temporary protective film
In many cases where the finished surface finish is critical and handling conditions cannot always be guaranteed, a temporary protective film (often called strippable film) can be applied to prepainted metal before fabrication. This is a plastic film with a weak adhesive which is designed to be peeled off after fabrication, leaving no residue on the final product. This is often used during fabrication of particularly critical items and also on high quality building products where the film protects the surface on the construction site.
There are positive and negative points for the use of a temporary protective film.

Positive points:
- Protects the finished surface during manufacture or on a building site
- Ensures that the final surface is exactly as intended.

Negative points:
- Adds an additional cost
- Can be difficult to remove the film from formed parts
- Careful design may be required to allow removal of the film without trapping
- Can sometimes leave a sticky residue which can attract dirt.

Strippable films can be applied directly on many coil coating lines or are often applied at service centres or at the entry to coil-fed processing lines. Strippable films are available with directional markings which can be useful to ensure the correct alignment of directional paint systems (eg for metallic coatings).
Choosing the right strippable film is very important and advice should always be sought from the manufacturer of prepainted metal. The adhesive on the film must be compatible with the top-coat paint system to ensure adequate adhesion and easy removal. In some cases, the adhesive will be affected by the action of UV from sunlight, so then an opaque film is required.
In all cases, it is important that the film is removed as soon as possible. A general guideline is that strippable films should not be left in place for longer than 6 months, although in some cases, this period can be much shorter. The adhesive used generally gains strength with age, so it will be more difficult to remove a strippable film which has been left for a longer time and so there will be an increased risk of leaving an adhesive residue.

Using the right product
There is more to a particular prepainted metal product than the colour. Different products are available, each of which has its own benefits and uses. Some of the key attributes of a particular prepainted metal product are:
- Flexibility
- Hardness
- Scratch resistance
- Colour
- Gloss
- Colour/gloss durability
- Corrosion resistance
- Chemical resistance
- Coating thickness
- Substrate type.

Balanced against each of these is also cost. No one product can do everything, so it is important to consider what are the most important factors for a specific application.

For example, if a deep draw is required during manufacturing, it is important to ensure that the coating is flexible enough to maintain integrity over this draw. Likewise, if very tight bends are required. On the other hand, it may be possible to use less severe bends and specify a less flexible (and possibly cheaper) coating.
Traditionally, flexibility and hardness have been traded off against each other. However, recent developments have successfully shifted the balance point so that, to a greater or lesser extent, it is possible to have flexibility and hardness together. However, there is usually a cost penalty for products such as this.
It is important not to forget the metal substrate in specifying the prepainted metal product. The substrate needs to be flexible enough for forming and rigid enough to give the necessary structural capability to the finished part. Of course, this balance and the requirements in each direction depend very much on the end use. Alongside inherent materials properties, it is important to consider metal thickness and, when using steel, the type and thickness of corrosion-protective metallic coating layer. All of these considerations should be balanced against material availability too, since in practice, there are a limited number of metal specifications and thicknesses commonly available in prepainted metal, although most specifications could be available.

GLOSSARIO
ITALIANO
FRANCESE
INGLESE
TEDESCO

ABRASIMETRO

Abrasimètre
Abrasion tester
Abriebprüfgerät

Apparecchiatura utilizzata per la valutazione della resistenza all'abrasione del rivestimento protettivo; la più usata é "a caduta di sabbia" o il "Taber Abraser".

ABRASIONE

Abrasion
Abrasion
Abrieb

Asportazione parziale o totale del rivestimento protettivo dovuta ad azione meccanica, naturale o artificiale.

ABRASIVO

Abrasif
Abrasive
Abriebmittel

Materiale che provoca l'abrasione naturale o artificiale; la sua qualità viene espressamente specificata nelle prove di resistenza all'abrasione.

ACCIAIO

Acier
Steel
Stahl

È il supporto maggiormente usato per la produzione di metallo preverniciato; è costituito da una lega ferro/carbonio.

ACCUMULATORE

Accumulateur
Accumulator
Bandspeicher

Dispositivo posto generalmente all'entrata e all'uscita della linea di verniciatura in continuo; permette di creare una riserva di nastro sufficiente a mantenere costante la velocità della linea durante le operazioni di carico e scarico, di aggraffatura e di controllo. Può essere di tipo verticale od orizzontale, ed è normalmente costituito da due serie di rulli, una fissa ed una mobile.

ADDITIVO

Additif
Additive
Zusatzmittel

Componente che aggiunto in piccole percentuali in un prodotto gli conferisce particolari caratteristiche o elimina determinati difetti.

ADESIONE

Adherence
Adhesion
Haftvermögen

Proprietà di una pellicola di prodotto verniciante o film a non staccarsi dal supporto metallico quando è sottoposto a lavorazione meccanica.

ADESIVO

Adhèsif
Adhesive
Haftmittelkleber

Prodotto idoneo a favorire il perfetto incollaggio di una pellicola plastica al supporto metallico.

AFFIORAMENTO

Flottation
Flooding/Floating
Ausschwimmen

Fenomeno rilevabile in fase di applicazione o di essicazione quando uno o più componenti di un prodotto verniciante si riportano in superficie.

AGGRAFFATRICE

Agrafeuse
Stitcher
Heftmaschine

Dispositivo utilizzato per unire la parte finale di un nastro (coda) con la parte iniziale (testa) di un altro.

ALLUMINIO

Aluminium
Aluminium
Aluminium

È uno dei supporti usati per la produzione di metallo preverniciato.

APPLICAZIONE DIRETTA

Application directe
Direct Rollcoating
Mitläufiger Lackauftrag

Modo di applicare un prodotto verniciante in cui il rullo applicatore gira nello stesso senso di scorrimento del nastro da verniciare.

APPLICAZIONE ROVESCIA

Application Reverse
Reverse Rollcoating
Revers-Beschichten

Modo di applicare un prodotto verniciante in cui il rullo applicatore gira in senso inverso allo scorrimento del nastro da verniciare.

APPLICATORE A SPIRALE

Reglette d'application
Bar coater/Wire wound applicator
Spiralaufzieher

Utensile costituito da un filo metallico di diametro predeterminato, avvolto a spirale attorno ad una barra, utilizzato in laboratorio per stendere manualmente un prodotto verniciante allo spessore voluto, simulando l'applicazione a rullo.

ASPO AVVOLGITORE	Enrouleuse Recoiler Aufwickel-Haspel Dispositivo, situato alla fine della linea di verniciatura, sul quale viene riavvolto il nastro prerivestito.
BAGNANTE	Mouillant Wetting agent Netzmittel Additivo utilizzato nei prodotti vernicianti per facilitare la macinazione nel veicolo di alcuni pigmenti.
BORDATURA o BORDINO	Bourrelet Fat edge Randbildung Accumulo di prodotto verniciante sui bordi del nastro.
BRILLANTEZZA	Brillance Gloss Glanz Proprietà di riflessione della luce di un rivestimento dopo essicazione.
CABINA DI VERNICIATURA	Cabine di vernissage Painting booth Spritzkabine Locale, normalmente climatizzato, dove vengono applicati i prodotti vernicianti.
CICLO DI VERNICIATURA	Système de peinture Paint System Anstrichaufbau Sequenza delle operazioni di verniciatura con indicazione dei dati tecnici dei prodotti utilizzati.
COLATA CONTINUA	Couleè en continu Continuous casting Stranggiesse Moderno sistema di colata e laminazione nella stessa fase che parte direttamente dal metallo allo stato fuso.
COLORIMETRIA	Colorimètrie Colorimetry/Colour measurement Kolorimetrie/Farbmessung Sistema di misurazione del colore mediante coordinate.

CONSISTENZA	Consistence Consistency Konsistenz Viscosità apparente di un prodotto verniciante, come risultato di un insieme di proprietà quali viscosità, tixotropia, dilatazione, ecc.
CONTROLLO DI TENSIONE	Controle de tension Tension Bandspannung Kontrolle Insieme di sistemi, in una linea di verniciatura in continuo che consentono di sorvegliare l'effetto catenaria nel forno e di eseguire un corretto riavvolgimento del nastro.
CONSUMO	Rendement Consumption/Coverage Verbrauch Quantità in peso o in volume di prodotto verniciante applicato per unità di superficie a uno spessore definito.
COORDINATE CROMATICHE	Coordonnèes chromatiques Chromatic coordinates Chromatische Koordinaten Elementi che definiscono l'esatta posizione di un colore in uno spazio cromatico tridimensionale.
COPERTURA	Pouvoir Couvrant Hiding power Deckvermögen Attitudine di un prodotto verniciante applicato a un determinato spessore, a ricoprire e mascherare differenze di colore sottostanti.
CORDONATURA	Cordage Ropiness/Ropy finish Gardinenbildung Difetto di una pellicola di prodotto verniciante caratterizzato da striature longitudinali parallele, dovuto a insufficiente distensione.
CORROSIONE	Corrosion Corrosion Korrosion Alterazione elettrochimica del supporto metallico sottoposto all'aggressione degli agenti atmosferici o all'azione di agenti chimici in generale.

CROMATAZIONE

Chromatation
Chromatising
Chromatbehandlung

Fase del sistema di pretrattamento normalmente utilizzato per supporti in alluminio.

DECAPAGGIO

Décapage
Etching
Chemische Entrostung

Fase del sistema di pretrattamento consistente nell'asportazione dell'ossido e di tutte le eventuali sostanze estranee al supporto.

DEFORMABILITÀ

Aptitude à la deformation
Formability
Verformbarkeit

Attitudine di un supporto preverniciato ad assumere forme diverse senza deteriorarsi.

DEVOLGITORE

Derouleuse
Decoiler
Ablaufhaspel

Dispositivo situato all'ingresso della linea di verniciatura che consente lo svolgimento del nastro con o senza tensione.

DILUENTE

Diluant
Thinner
Lösemittel/Verdünner

Sostanza o insieme di sostanze volatili che vengono eventualmente aggiunte in un prodotto verniciante per renderlo meglio idoneo all'applicazione.

DISTENSIONE

Dilatation
Flow/Levelling
Verlauf

Attitudine di un prodotto verniciante a stendersi in maniera uniforme, in modo da formare una pellicola liscia e livellata.

DURABILITÁ

Durabilité
Durability
Haltbarkeit

Attitudine di un supporto metallico preverniciato a conservare inalterate nel tempo le sue caratteristiche.

DUREZZA

Dureté
Hardness
Härte

Caratteristica di un rivestimento a opporre resistenza all'incisione di un corpo estraneo.

DUREZZA MATITA	Dureté crayon Pencil hardness Bleistifthärte Sistema normalizzato che consente di misurare la durezza superficiale di un rivestimento.
DUROMETRO	Duromètre Hardness tester Härteprüfer Apparecchio usato per valutare la durezza di un rivestimento.
ESSICCAZIONE	Cuisson Curing/Drying Einbrennen/Härten Trattamento termico cui viene sottoposto il prodotto verniciante applicato sul supporto metallico per conferirgli le sue caratteristiche.
ESSUDAZIONE	Exudation Sweating Ausschwitzen Migrazione di un componente fluido del rivestimento, verso la superficie durante l'essicazione o lo stoccaggio.
FESSURAZIONE	Fissuration Cracking Aufreissen Difetti che compaiono sulla superficie rivestita sottoposta a lavorazione meccanica (piegatura) sottoforma di rottura della continuità della pellicola protettiva. Possono essere causati da una scarsa flessibilità del rivestimento oppure da una scarsa flessibilità del supporto metallico.
FINITURA	Finition Finishing Oberflächenveredelung Qualità di un rivestimento riferita al suo aspetto superficiale.
FINTO LEGNO	Faus bois Wood imitation Holzeffekt Tipo di finitura che tende a imitare l'aspetto superficiale del legno, ottenibile con prodotti vernicianti e inchiostri idonei oppure con film plastici prestampati.
FLESSIBILITÁ	Flexibilité Flexibility Biegsamkeit Attitudine di un rivestimento ad adattarsi alle deformazioni del supporto senza screpolarsi.

FLOCCULAZIONE

Floculation
Flocculation
Flokulation

Difetto di un prodotto verniciante consistente nella separazione di pigmenti o di altri componenti. In fase applicativa può causare difetti riscontrabili in senso longitudinale (*Floating*) con differenze di brillantezza o di colore; può inoltre causare variazioni sensibili del punto di colore (*Flooding*).

FORNO

Four
Oven
Ofen

Ambiente nel quale i prodotti vernicianti subiscono il processo di essicazione.

FORZA DI TAGLIO

Force de lisaillement
Shear stress
Scherspannung

Forza che agisce nel punto di tangenza tra rullo applicatore e nastro, oppure fra due rulli.

FOSFATAZIONE

Phosphatation/Phosphatage
Phosphating
Phosphatierung

Trattamento del supporto metallico antecedente la verniciatura allo scopo di migliorare la resistenza alla corrosione e l'ancoraggio dei prodotti vernicianti.

GOFFRATURA

Gravure
Embossing
Prägung

Passaggio del nastro preverniciato fra due rulli goffrati allo scopo di ottenere un disegno a rilievo.

GRAFFIATURE

Rayure Griffe
Scratches
Ritzen

Serie di abrasioni causate dallo spostamento delle spire specialmente in presenza di metallo a superficie rugosa; questo inconveniente è più frequente in nastri tagliati o nelle spire interne.

GAMMA DI PRODUZIONE

Gamme de produits
Product range
Produktsortiment

Elenco di tipi o qualità di metallo preverniciato normalmente prodotto da una linea di verniciatura.

IMBUTITURA	Emboutissage Drawing Ziehen Processo di deformazione del metallo preverniciato in cui la profondità della deformazione è inferiore al diametro della deformazione.
IMBUTITURA PROFONDA	Emboutissage profond Deep drawing Tiefziehen Processo di deformazione del metallo preverniciato in cui la profondità della deformazione è superiore al diametro della deformazione.
IMPIEGO	Utilisation Application/End use Anwendung **ALL'ESTERNO** Exterieur Exterior/Outdoor Aussen **ALL'INTERNO** Interieur Interior Innen Destinazione finale del metallo preverniciato.
INCENERITORE	Incinerateur Incenerator Verbrenner Apparecchiatura che tratta i fumi dei forni di essiccazione allo scopo di ridurre l'inquinamento ambientale e di recuperare calore residuo.
INCOLLAGGIO	Collage Adhesive Bonding Kleben Difetto di eccessiva adesione fra le spire del nastro avvolto dopo la verniciatura, causato da difetto di essiccazione oppure da eccessiva pressione.
INDURENTE/INDURITORE	Agent de durcissement Hardener Durchtrocknung Additivo che favorisce la reticolazione cioè l'indurimento di un prodotto verniciante.

INFRAGILIMENTO

Friabilité
Embrittlement
Versprödung

Fenomeno di alterazione delle caratteristiche iniziali di un rivestimento, caratterizzato da una sensibile riduzione di alcune caratteristiche, quali elasticità, adesione, coesione, ecc.

INGIALLIMENTO

Jaunissement
Yellowing
Vergilbung

Fenomeno di viraggio della tonalità del colore verso il giallo dovuto a eccessiva cottura o a sensibilità della resina nei confronti dei raggi UV.

INVECCHIAMENTO

Vieillissement
Weathering
Bewitterung/Alterung

ACCELERATO
Accéléré
Accelerated
Beschleunigt

ARTIFICIALE
Artificiel
Artificial
Künstlich

NATURALE
Naturel
Natural
Natürlich

Processo cui vengono sottoposti campioni di metallo preverniciato per verificarne le caratteristiche di resistenza nel tempo.

LAMINATOIO

Laminoir
Rolling mill
Walzwerk

Apparecchiatura idonea a portare il nastro metallico allo spessore desiderato.

LAMINAZIONE

Laminage
Rolling
Walzen

Operazione di riduzione dello spessore del nastro metallico.

LAMINAZIONE A FREDDO

Laminage a froid
Cold rolling
Kaltwalzen

Operazione di riduzione dello spessore del nastro metallico senza apporto di calore esterno.

LARGHEZZA

Largeur
Width
Breite

Dimensione normalmente riferita alla larghezza utile di una linea di verniciatura.

LASTRA

Tole
Sheet
Blech

Foglio di lamiera metallica ottenibile dal nastro mediante taglio trasversale.

LEGA

Alliage
Alloy
Legierung

Insieme di più metalli che compongono il supporto; le diverse percentuali dei metalli contenuti determinano le caratteristiche fisiche del metallo preverniciato.

LEGANTE

Liant
Binder
Bindemittel

Parte non volatile del veicolo di un prodotto verniciante costituito normalmente da un insieme di resine.

LIQUIDO

Liquide
Liquid
Flüssig

Stato fisico dei prodotti vernicianti all'atto dell'applicazione.

LUNGHEZZA

Longueur
Length
Länge

Dimensione normalmente riferita all'ingombro massimo di una linea di verniciatura o in particolare alla dimensione dei forni che ne può condizionare la velocità.

MACINAZIONE

Emoulage/Broyage
Grinding/milling
Abschleifen/Vermahlung

Operazione idonea a ridurre di dimensione i pigmenti e ad amalgamarli nel veicolo di un prodotto verniciante.

MANO DI FINITURA

Couche de finition
Top Coat
Deckschicht

Ultimo strato di un prodotto verniciante in un ciclo di verniciatura.

MANO DI FONDO

Primaire
Primer
Grundierung

Primo strato di un prodotto verniciante nel ciclo di verniciatura, utilizzato per migliorare la resistenza alla corrosione o per migliorare l'ancoraggio del prodotto di finitura.

RICCA DI ZINCO

Riche en zinc
Zinc-rich
Zinstaub

Mano di fondo a base di zinco metallico utilizzata prevalentemente per l'industria automobilistica.

MARCHI DA RULLI

Marque de Rouleaux
Roller Marking
Walzenmarkierung

Si possono riscontrare periodicamente sul nastro verniciato; possono essere causati da difetti del rullo applicatore o di processo intervenuti durante l'applicazione.

MARCHI DI METALLO

Metal marking
Metal marking
Schreibempfindlichkeit

Tracce nere presenti sulla superficie verniciata, dovuti allo sfregamento fra metallo nudo e superficie verniciata in assenza di prodotto protettivo sul retro, o da eccessiva pressione dei rulli di profilatura.

MARCHI DI PRESSIONE

Marbrage
Pressure marking/pressure motting
Druckmarkierung

Difetto talvolta riscontrabile durante lo svolgimento del nastro, dovuto ad una eccessiva pressione all'interno del nastro verniciato; si presenta sotto forma di macchie di diversa brillantezza.

MARCHI SUI BORDI

Retrait sur rives
Border marking
Randmarkierung

Strisce strette riscontrabili su uno o entrambi i bordi del nastro provocati da tagli sul rullo applicatore; possono anche indicare la deviazione anomala del nastro dall'asse della linea.

MESCOLATORE

Mélangeur
Mixer/Blender
Vermischer

Apparecchio che consente di omogeneizzare i prodotti vernicianti prima e durante l'applicazione.

MESSA A CAMPIONE

Contre-typage
Matching
Abmusterung

Approntamento di un prodotto verniciante avente tutte le caratteristiche simili a un determinato campione.

MESSA IN TINTA

Mise a la teinte
Colour matching
Abtönen

Insieme di operazioni destinate a imitare un determinato campione di colore.

METAMERISMO

Métamérisme
Metamerism
Metamerie

Fenomeno per il quale due colori di diversa composizione spettrometrica sembrano uguali sotto un certo tipo di luce.

MIGRAZIONE

Remontée
Migration
Migration

Spostamento di un componente del prodotto verniciante all'interno del film verso la superficie o da una pellicola a quella soprastante.

NASTRO CON BORSE AL CENTRO

Defaut du metal
Bowed strip/Center stretch
Querkrummung

Nastro infossato al centro, il quale si presenta più corto ai bordi; questo fenomeno denuncia una mancanza di planarità.

NEBBIA SALINA

Brouillard salin
Salt spray
Salzsprühtest

Prova di resistenza artificiale usata per controllare la resistenza alla corrosione del metallo preverniciato.

OCCHI DI PERNICE

Oeils de perdrix
Eye Holes
Fischauge

Crateri di forma allungata eventualmente riscontrabili sulla pellicola essiccata, con al centro un grano di impurità.

OPACITÁ

Opacité/Matité
Opacity
Undurchsichtigkeit/Mattheit

Grado di riflessione della luce che si pone nei valori bassi (attorno a 10 gloss) della scala di brillantezza.

PANNELLO	Panneau Test panel Probetafel Supporto metallico di dimensioni standard utilizzato per l'esecuzione di prove di laboratorio.
PASSIVAZIONE	Passivation Passivation Passivierung Stadio finale nell'operazione di pretrattamento del supporto metallico.
PELLICOLA	Film Film Film Rivestimento che viene applicato sul supporto metallico. **ASPORTABILE** Pelable Strippable Abziehbar **PROTETTIVA** De protection Protective Schutz **SECCA** Sec Dry Trocken **UMIDA** Humide Wet Nass
PESO DEL RIVESTIMENTO DI CONVERSIONE	Poid de couche Coating weight Schichtgewicht Peso totale del rivestimento o di altro materiale applicato sul supporto metallico, generalmente indicato in grammi per unità di superficie.
PIEGATURA	Pliage Bending Biegen Prova eseguita su supporti metallici preverniciati per controllare l'idoneità delle successive lavorazioni meccaniche.
PIGMENTAZIONE	Pigmentation Pigmentation Pigmentierung/Pigmentverteilung Sostanze che, unite al legante in fase di macinazione, conferiscono al prodotto verniciante il colore desiderato.

POROSITÁ	Porosité Porosity Porosität/Porigkeit Difetto di un rivestimento, che non gli consente di isolare perfettamente il supporto metallico.
PRETRATTAMENTO	Prétraitement Pretreatment Oberflächen Vorbehandlung Trattamento superficiale del metallo che precede l'applicazione dei prodotti vernicianti.
PREVERNICIATURA IN CONTINUO	Prerevetment Coil coating Bandbeschichtung Rivestimento in continuo di un nastro metallico con prodotti vernicianti al fine di assicurarne la protezione e la decorazione.
PRIMA MANO	Primaire Primer Grundierung Primo strato di prodotto verniciante che viene applicato direttamente sul supporto pretrattato.
PRODOTTO VERNICIANTE	Produit dé revetement Surface coating Anstrichstoff Prodotto allo stato liquido o in polvere che, applicato su un supporto, dopo cottura forma una pellicola dotata di particolari caratteristiche protettive e/o decorative.
PROFILATURA A RULLI	Profilage Rollforming Rollformen Lavorazione meccanica destinata a trasformare un nastro metallico in un profilo, mediante il passaggio attraverso una serie di rulli.
PROTEZIONE ANTICORROSIVA	Protection contre la corrosion Corrosion protection Korrosionsschutz Caratteristica di un ciclo di verniciatura o di un prodotto verniciante di migliorare la resistenza alla corrosione di un supporto metallico.
PROVA DI URTO	Essais au choc Impact testing Schlagtiefungstesten Prova di deformazione rapida mediante l'urto di una sfera metallica calibrata, lasciata cadere da un'altezza determinata sul supporto metallico preverniciato.

PULIZIA	Nettoyage Cleaning Reinigen Operazione che precede il pretrattamento, e che ha lo scopo di eliminare dal supporto metallico tutte le sostanze a esso estranee.
PUNTO DI INFIAMMABILITÀ	Point d'éclair Flash point Flammpunkt La più bassa temperatura alla quale una sostanza sviluppa vapori infiammabili.
QUADRETTATURA	Essai de quadrillage Cross hatch test Gitterschnittprüfung Prova di valutazione della adesione di un prodotto verniciante al supporto.
RAFFREDDAMENTO AD ACQUA	Refrodissement par eau Water cooling/Quenching Wasserkühlung Tunnel successivo alla fase di raffreddamento ad aria del nastro uscito dal forno, all'interno del quale viene polverizzata l'acqua di raffreddamento per ridurre ulteriormente la temperatura. É seguito da un dispositivo per eliminare l'umidità residua prima della successiva operazione.
RECUPERO DI ENERGIA	Recuperation d'energie Energy recovery Energierückgewinung Operazione che consente, con idonee apparecchiature postcombustori e scambiatori, di recuperare l'energia dei solventi evaporati bruciandoli durante la fase di essiccazione dei prodotti vernicianti.
RESIDUO SECCO IN PESO % IN VOLUME %	Extrait sec en poids % - en volume % Solid content by weight % - by volume % Festkörper in gewicht % - in volumen % Quantità di solido dopo l'evaporazione dei solventi.
RESINA	Résine Resin Harz Sostanza organica di origine naturale o sintetica, usata come componente di base del veicolo di un prodotto verniciante.

RESISTENZA AGLI AGENTI ATMOSFERICI	Résistance aux agents atmospheriques Outdoor resistance Wetterbeständigkeit Proprietà di un rivestimento di resistere, senza alterazioni visibili, all'azione degli agenti atmosferici.
RESISTENZA AGLI AGENTI CHIMICI	Résistance aux agents chimiques Chemical resistance Beständigkeit gegen chemische Beanspruchungen Proprietà di un rivestimento a mantenere inalterate le sue caratteristiche quando sia sottoposto in determinate condizioni all'azione di agenti chimici.
RESISTENZA AI CICLI TERMICI	Résistance aux chocs thermiques Thermal shock resistance Temperaturbeständigkeit Proprietà di un rivestimento di mantenere inalterate le sue caratteristiche meccaniche dopo essere stato sottoposto alternativamente a cicli di variazione delle temperature per un tempo prestabilito.
RESISTENZA ALL'ABRASIONE	Résistance a l'abrasion Abrasion resistance Abriebfestigkeit Proprietà di un rivestimento a opporre resistenza all'usura meccanica.
RESISTENZA AI RAGGI ULTRAVIOLETTI	Résistance aux ultraviolets UV stability UV beständigkeit Proprietà di un rivestimento a mantenere inalterate le proprie caratteristiche estetiche dopo esposizione in condizioni predeterminate ai raggi ultravioletti.
RESISTENZA ALLA LUCE	Résistance à la lumière Light stability Lichtbeständigkeit Proprietà di un rivestimento a mantenere inalterate le proprie caratteristiche estetiche dopo esposizione per un tempo prestabilito alla luce solare.
RESISTENZA AL GRAFFIO	Résistance a la rayure Scratch resistance/mar resistance Kratzfestigkeit Prova empirica per controllare la durezza superficiale di un rivestimento.

RETICOLAZIONE

Réticulation
Crosslinking/Curing
Vernetzung

Complesso di fenomeni chimici che, con l'azione della temperatura, porta alla polimerizzazione del legante del prodotto verniciante.

RETTIFICA DEI CILINDRI

Rectification des rouleaux
Roll grinding
Rollenschleifung

Operazione eseguita sui cilindri della testa verniciante con idonea apparecchiatura per ristabilire la perfetta omogeneità e planarità della superficie.

RIAVVOLGIMENTO

Reenroulement
Recoiling
Aufwickeln

Operazione eseguita alla fine della linea di verniciatura ove il nastro viene riavvolto sull'aspo avvolgitore.

RICOTTURA

Recuit
Annealing
Aushärten

Trattamento termico cui vengono sottoposti i nastri metallici al fine di conferire loro determinate caratteristiche (oppure operazione che consiste nel ripassare in linea un nastro preverniciato ove il prodotto verniciante applicato non risulti perfettamente polimerizzato).

RISCIACQUO

Rinçage
Rinsing
Spülen

Operazione dopo ogni fase del pretrattamento del nastro.

RITOCCO

Rétouche
Touch-up
Retuschieren

Operazione eventualmente eseguita sul nastro preverniciato per ripristinare la continuità del film protettivo parzialmente asportato durante il montaggio o altre lavorazioni meccaniche.

RIVESTIMENTO

Revêtement
Coating
Beschichtung

Strato di materiale, prodotto verniciante o pellicola, applicato sul supporto metallico.

RIVESTIMENTO PER RETRO	Envers de bande Back coat Rückseitenlackierung Prodotto verniciante applicato sul retro del nastro.
RIVESTIMENTO A FINIRE	Couche de finition Topcoat Deckschicht Mano a finire di un ciclo di verniciatura.
RIVESTIMENTO DI BASE	Couche de fond/couche intermediarie Basecoat Basisschicht Mano di fondo di un ciclo di verniciatura.
RIVESTIMENTO DI CONVERSIONE	Couche de conversione Conversion coating Umwandlungsschischt/Vorbehandlungsschicht Rivestimento del supporto ottenuto per trattamento chimico; viene eseguito sul supporto metallico prima dell'applicazione della prima mano. È un'interazione con il metallo che viene modificato superficialmente.
RIVESTIMENTO DEL RULLO	Revêtment de rouleau Roll coverings Walzenbezug Materiale di riporto che ricopre esternamente il rullo.
RIVESTITORE	Prelaquer Coil-Coater Beschichter Termine che identifica il produttore di metallo preverniciato
RULLI DI TRAZIONE	Rouleaux de traction Traction rolls/Bridle Zugrollen/Bridle Dispositivo composto da due o più rulli destinato ad allentare o a trattenere il nastro nella linea di verniciatura in continuo; quando è composto da due rulli, viene chiamato "blocco a esse".
RULLO APPLICATORE	Rouleau applicateur Painting roll Lackierwalze È il rullo che in una testa verniciante applica sul nastro in movimento la vernice o altri prodotti chimici.

RULLO DI RIMANDO

Rouleau de transfert
Transfer roll
Übertragungswalze

Rullo generalmente in acciaio che può essere situato fra il rullo pescante e il rullo applicatore, e che trasferisce i prodotti vernicianti o altri prodotti chimici al rullo applicatore.

RULLO DOSATORE

Rouleau doseur
Metering roll
Dosierungswalze

In una testa verniciante a tre rulli, è quello che serve a controllare lo spessore della vernice.

RULLO LIVELLATORE

Rouleau egalisateur
Levelling roll/Doctor roll
Egalisier-Walze

Rullo ausiliario che permette una distribuzione omogenea della vernice.

RULLO PESCANTE

Rouleau
Pick up roll
Schöpfrolle

Rullo che parzialmente immerso nella vernice presente nella vaschetta (detta anche calamaio) la trasferisce sugli altri rulli

RULLO SPREMITORE

Rouleau essoreur
Squeeze roll
Abquetschwalze

Insieme di due rulli paralleli situati rispettivamente sulla parte superiore e inferiore del nastro e pressati contro lo stesso da un mezzo meccanico o idraulico; generalmente questi rulli sono ricoperti con neoprene, quindi il liquido trascinato dal nastro viene eliminato dalla pressione esercitata dai rulli. Solitamente vengono utilizzati nelle vasche di pretrattamento o dopo il raffreddamento ad acqua per eliminare il prodotto eccedente o l'acqua dalla superficie del nastro.

RULLO TENDITORE

Rouler tendeur
Tension roll
Bandzugregelwalze

Rullo di rinvio mobile. Permette di compensare l'inerzia della barra di distribuzione di un accumulatore quando intervengono delle variazioni di velocità. Permette inoltre la regolazione della tensione del nastro attraverso un albero a camme o un apparecchio elettrico.

ROTOLO	Bobine Coil Band Nastro metallico di diversa lunghezza avvolto su se stesso.
SALTI DI VERNICIATURA	Brantage Chattering Rattermathe Irregolarità nell'applicazione del prodotto verniciante, che può causare la mancanza totale o parziale del rivestimento dal supporto; può essere provocato da diversi fattori: - contatto difettoso fra il rullo applicatore e il nastro; - vernice che non arriva in quantità sufficiente al rullo; - inadeguato rapporto di velocità fra il rullo applicatore e il nastro; - particolare proprietà reologica di una vernice.
SBARCATURA DI VERNICE	Bavure de rives Picking/Blocking Lackabrisse Termine utilizzato per identificare il difetto relativo al debordamento sulla faccia inferiore della vernice applicata su quella superiore.
SCIABOLATURA	Sabre Camber Säbel Deviazione del bordo del nastro in rapporto a una retta; consiste nella distanza massima tra l'arco costituito dal bordo concavo del nastro e la corda tra due punti dati, massima srotolando a piatto il laminato.
SCIE	Draineés Trash marks Spuren Linee continue longitudinali o leggermente oblique, provocate da una piccola impurità situata tra il rullo applicatore e il nastro.
SCHIVATURA	Retrait Cissing/Crawling/Cratering/Fish eye Blanke Stellen Difetto rilevabile quando un prodotto verniciante si ritira da zone più o meno estese lasciando scoperto il supporto o il prodotto verniciante sottostante.

SFARINAMENTO	Farinage Chalking Kreidung/Abkreiden Fenomeno di deterioramento superficiale di un rivestimento protettivo esposto agli agenti atmosferici; è causato da una progressiva disgregazione del legante e conseguente rilascio del pigmento.
SGRASSAGGIO	Dégraissage Degreasing Entfettung Operazione che fa parte del ciclo di pretrattamento e che ha lo scopo di asportare eventuali tracce di olio, grasso od ossidi presenti sul supporto.
SOLVENTE	Solvant Solvent Lösemittel Sostanza volatile allo stato liquido capace di portare in soluzione la resina componente il legante; con questo termine viene anche identificato il liquido utilizzato per il lavaggio dei rulli delle teste vernicianti.
SOTTOCOTTURA	Underbaking Unterbrennen Difetto dovuto a temperatura di cottura troppo bassa oppure a insufficiente permanenza in forno del nastro; può alterare le caratteristiche estetiche e fisiche del rivestimento.
SOVRACOTTURA	Surcuisson Overbaking Überbrennen Difetto dovuto a eccessiva temperatura di cottura oppure a eccessiva permanenza in forno del nastro; può alterare le caratteristiche estetiche e fisiche del rivestimento.
SPESSORE	Epaisseur Thickness Dicke Valore normalmente riferito al supporto metallico oppure al rivestimento protettivo.
SPESSORE DELLA PELLICOLA SECCA	Epaisseur feuil sec Dry film thickness Filmschichtdicke Spessore del rivestimento applicato, dopo essicazione.

SPESSORE DELLA PELLICOLA UMIDA	Epaisseur feuil humide Wet film thickness Schichtdicke Spessore del rivestimento applicato prima dell'essiccazione.
SPIANATRICE A RULLI	Planeuse rouleaux Roll leveller Glättwalzensatz Dispositivo composto da una successione di rulli in acciaio destinati a spianare un nastro metallico.
STRATO DI FONDO	Couche de fond Filler coat/Primer/Sealer Grundschicht Prima mano di un ciclo di verniciatura che ha lo scopo di migliorare l'ancoraggio del prodotto di finitura, di aumentare il potere anticorrosivo del rivestimento oppure di aumentare lo spessore migliorando il potere riempitivo.
SUPPORTO	Support Substrate/Coil Trägerwerkstoff /Untergrund/Substrat Termine normalmente riferito al metallo base del laminato metallico preverniciato.
STRATO DI CONVERSIONE	Couche de conversion Conversion layer Vorbehandlungsschicht Fase del pretrattamento di un supporto metallico, che deposita sostanze inibitrici della corrosione.
STRATO	Couche Layer Schicht Termine riferito ad una singola operazione del ciclo di verniciatura.
SVOLGIMENTO	Deroulement Decoiling Abwickeln Operazione di svolgimento di un nastro metallico precedentemente avvolto in bobina.
TAGLIO	Decoupé Cutting/Shearing Schneiden Operazione eseguita su un nastro metallico per portarlo alla dimensione desiderata.

TAGLIO LONGITUDINALE

Refendange
Slitting
Langsschneiden

Operazione di taglio eseguita in continuo su un nastro preverniciato nel senso della lunghezza, per portarlo alla dimensione desiderata.

TERMOPLASTICO

Thermoplastique
Thermoplastic
Thermoplastisch

Proprietà di un prodotto verniciante di rammollire o rinvenire al raggiungimento di una determinata temperatura.

TERMOINDURENTE

Thermoducissable
Thermosetting
Wärmehärtend

Proprietà di un prodotto verniciante di indurire al raggiungimento di una determinata temperatura.

TESTA VERNICIANTE

Tête de vernisseruse
Painting head/coater
Beschichtungskopf

Questo termine definisce l'insieme del dispositivo di applicazione del prodotto verniciante su una faccia del nastro. Una testa verniciante a due rulli comprende il rullo pescante e il rullo applicatore, mentre una testa verniciante a tre rulli comprende, oltre al rullo pescante e al rullo applicatore, anche un rullo dosatore.

TITOLO

Concentration
Title
Titel

Termine che definisce generalmente la concentrazione (titolazione) di una delle soluzioni usate nel pretrattamento.

TONO CANGIANTE

Effet nacré
Colour Flop
Flop

Effetto cromatico di alcuni prodotti vernicianti che cambiano tonalità di colore secondo l'angolo d'incidenza della luce. Particolarmente notato con tinte metallizzate.

TRANCIATURA

Cisaillage
Shearing
Scheren

Operazione di taglio di lamiere metalliche preverniciate.

VASCHETTA

Encrier
Pan
Wanne

Contenitore nel quale viene immesso il prodotto verniciante e nel quale è parzialmente immerso il rullo pescante, oppure dove si raccoglie la vernice nel caso di applicazione a tre rulli.

VELOCITÀ DI LINEA

Vitesse di ligne
Line speed
Anlagengeschwindigkeit

Valore che identifica la velocità massima di produzione di una linea di verniciatura.

VERNICE

Laque
Paint
Farblack

Termine con il quale vengono definiti tutti i prodotti vernicianti, siano essi trasparenti che pigmentati.

VERNICE TRASPARENTE

Vernis
Clear coat
Klarlack

Prodotto verniciante non pigmentato usato per applicazione diretta su supporti metallici, in particolare su alluminio, oppure come mano di finitura su prodotti vernicianti pigmentati in precedenza applicati.

VERNICIATURA A RULLO

Vernissage au rouleau
Roller coating
Rollstreichen/Roll Lackieren

Sistema di applicazione di un prodotto verniciante su supporti piani per contatto con un cilindro rotante; tipico del sistema *coil coatlng*.

VISCOSIMETRO

Coupe viscosimetrique
Flow cup
Auslaufbecher

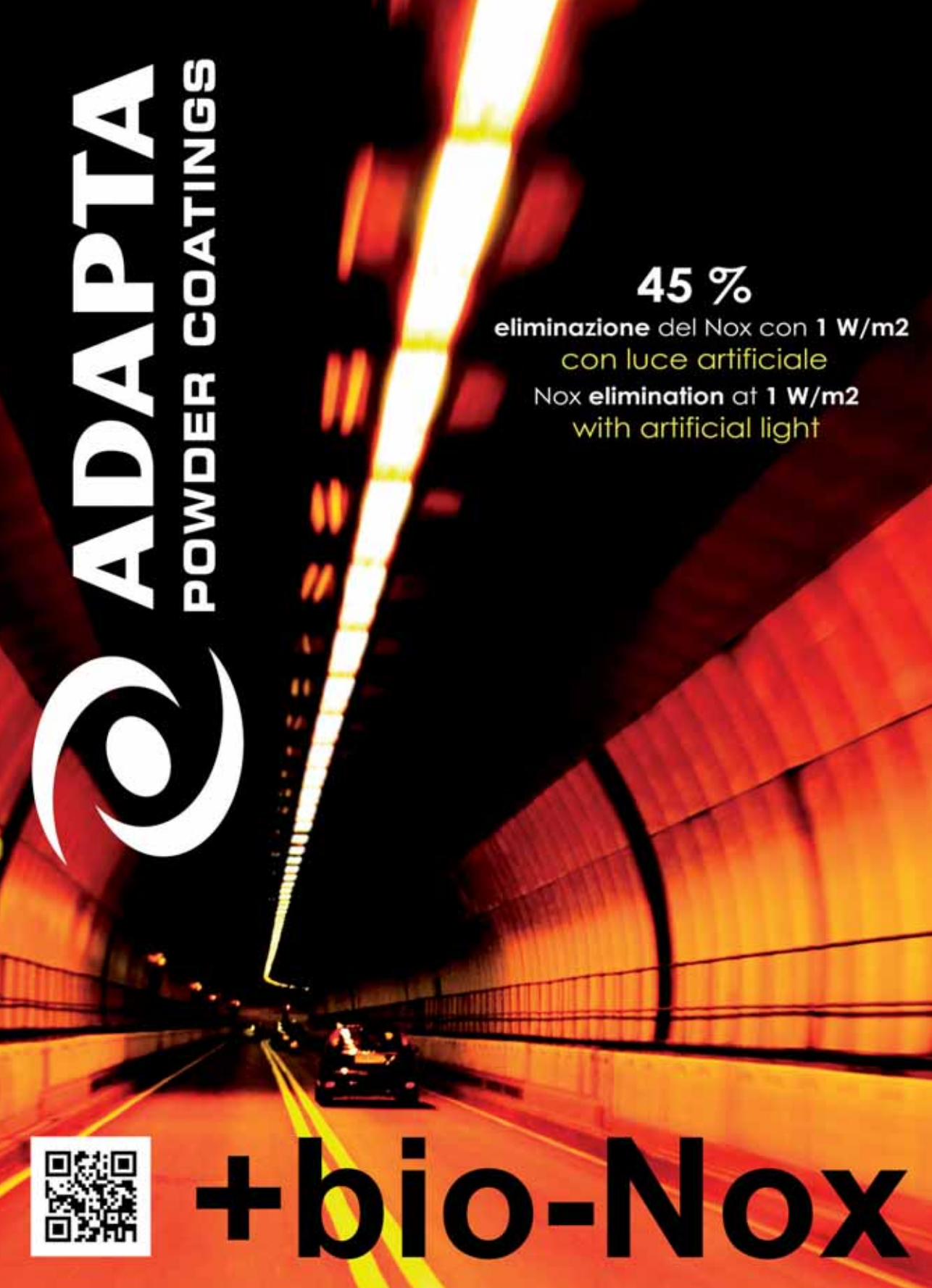
Recipiente cilindrico calibrato a fondo conico, utilizzato per misurare la viscosità dei prodotti vernicianti, esistono diversi disegni di tazza secondo norme nazionali (BS - DIN - FORD - ZAHN - I - SO - UNICHIM - ecc.) i cui risultati non sempre sono paragonabili fra di loro.

ZINCATURA

Galvanisation
Galvanising
Verzinkung

Processo di rivestimento del nastro in acciaio per migliorarne la resistenza alla corrosione.

ZINCATURA A CALDO	Galvanisation a chaud Hop dip galvanising Feuerverzinkung Processo di deposizione dello zinco sul nastro metallico ottenuto per immersione a caldo.
ZINCATURA ELETTROLITICA	Electrozingue Electrolytic galvanising Elektrolitische Verzinkung Processo di deposizione dello zinco sul nastro metallico ottenuto per elettrodeposizione.


ADAPTA
POWDER COATINGS
45 %
eliminazione del Nox con 1 W/m2
con luce artificiale
Nox elimination at 1 W/m2
with artificial light
+bio-Nox

E il vincitore è...

AkzoNobel ha cementato la sua posizione di leader nella sostenibilità globale dopo essersi classificata al primo posto nel Chemical Supersector del prestigioso Dow Jones Sustainability World Indexes (DJSI). La posizione rivela che AkzoNobel ha raggiunto il punteggio totale di 93, migliorando il secondo posto dell'anno scorso.

Responsible Care®
OUR COMMITMENT TO SUSTAINABILITY

Dow Jones Sustainability Indexes
Winner 2012/13

Per ulteriori informazioni sulle nostre nuove tecnologie sostenibili contattateci allo:

Coil.CentralEurope@akzonobel.com
www.akzonobel.com/coilcoatings

AkzoNobel
Coil Coatings

Cosa significa per i nostri clienti?

Risparmio di energia

Cool Chemistry è un rivestimento riflettente da utilizzare per tetti in metallo o rivestimenti. Il risultato è un materiale da costruzione sostenibile che aiuta ad abbassare costi e ad aumentare l'efficenza energetica.

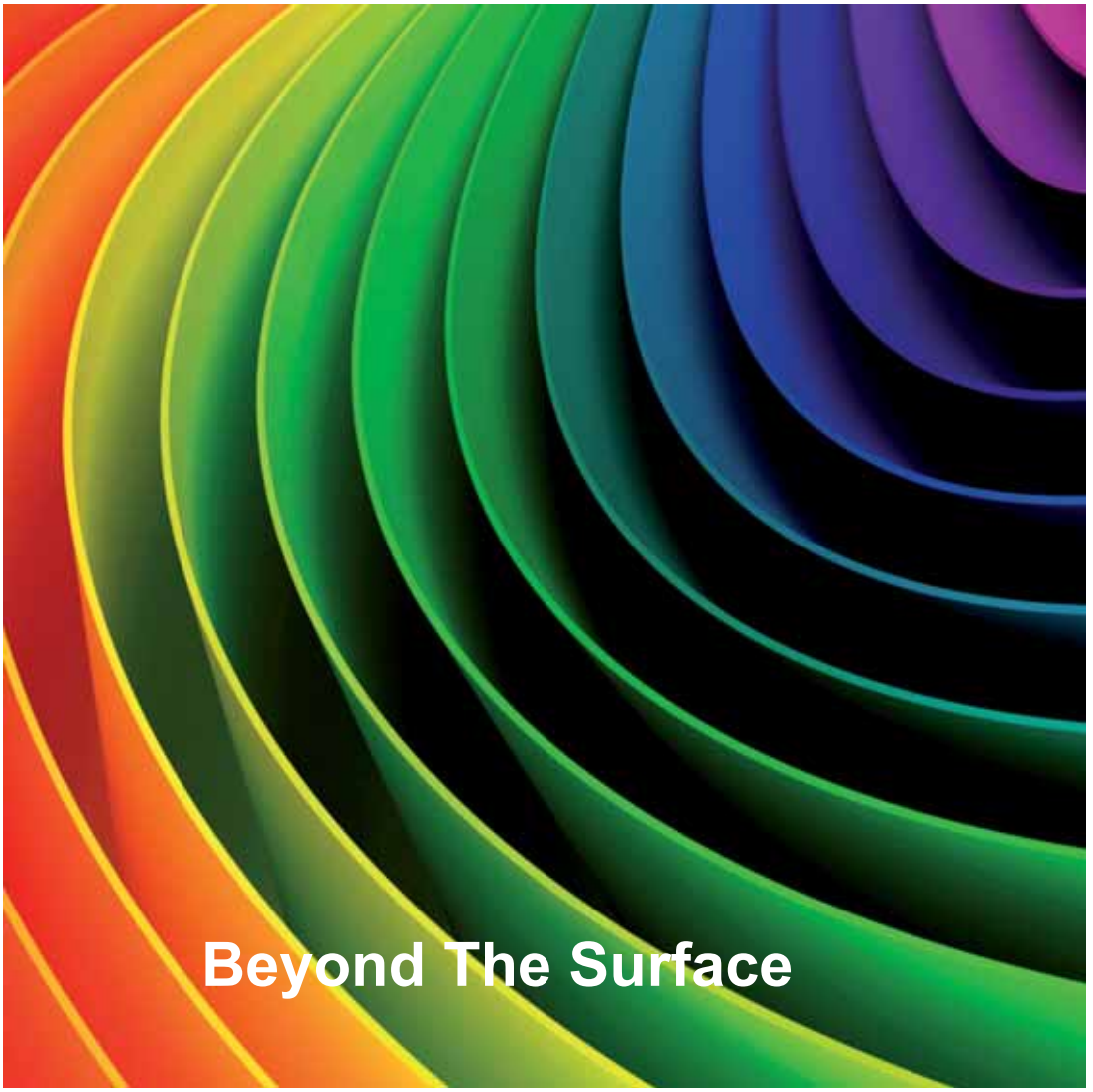
Anticipando Norme in materia ambientale

Abbiamo eliminato l'uso di pigmenti contenenti piombo da tutte le nostre formulazioni, nel tentativo di anticipare le normative ambientali.

Maggiore utilizzo di bio-solventi

Aumentiamo di nostra iniziativa o tramite partnership con i clienti, la quota di formulazioni di vernici contenenti bio-solventi.

Beckers



www.beckers-group.com

BENASEDO
Coating Resins

A complete range of innovative Resins with active Technical Support

N. BENASEDO SpA
Via Asiago, 332 - 21042 Caronno Pertusella (VA) Italy
Tel. +39 02 963.99.211 r.a - Fax +39 02 965.67.28
www.benasedo.it - info@benasedo.it

new

INNOVATION ON COIL COATING APPLICATION

High-performance solutions to safeguard the future.
For you and your children.

Cleaner surface treatment technologies for coil coating. Benefit from added sustainability, efficiency and economy.

Only one global company dedicated entirely to surface treatment technologies can offer you the services you require. With our years of experience we understand your business and have the power to deliver. Expect more from Chemetall: innovative technologies, environmentally-sound processes, comprehensive technical support, a global network and dedicated people – inspired for your success.

Chemetall
expect more

www.chemetall.com · surfacetreatment@chemetall.com

IL MIGLIOR TRATTAMENTO DI SUPERFICI METALLICHE, CON UN OCCHIO ATTENTO ALLA NATURA.

UNA SERIE COMPLETA DI PRODOTTI PER IL PRETRATTAMENTO DEI COILS DA SOTTOPORRE A VERNICIATURA.

PROCESSI TRADIZIONALI E NUOVI FORMULATI NANOTECNOLOGICI AD ALTA EFFICIENZA E BASSO IMPATTO AMBIENTALE.

UNA SERIE DI TECNOLOGIE PER LA RIGENERAZIONE DELLE SOLUZIONI E PER IL RECUPERO DI MATERIE PRIME SECONDE VOLTE A RIDURRE GLI SPRECHI.

VIA GALLIANI 62_CASALE LITTA_VA_ITALY
T+39.0332.945212_INFO@CONDOROIL.IT

WWW.CONDOROIL.IT

CONDOROILCHEMICAL
THE SUPPORTABLE CHEMICAL FOR INDUSTRY

Globus

TECHNOLOGY & ENGINEERING

LINEE DI VERNICIATURA

+39-011-54.53.02 info@globus-eng.com www.globus-eng.com

Affidati alla Sostenibilità con Henkel

Henkel offre soluzioni di pretrattamento innovative per aiutare i propri clienti a migliorare le performances dei loro processi. Fra i vari prodotti ad alto livello di sostenibilità si evidenziano:

- Rivestimenti organici protettivi Granocoat
- Passivanti al Cr trivalente o totalmente esenti da Cr
- Trattamenti compatibili con le normative RoHS

L'affidabilità, l'esperienza e la qualità del supporto tecnico sono le ulteriori motivazioni che portano alla scelta di Henkel come Partner Sostenibile Ideale

Henkel Excellence is our Passion

Henkel Italia S.p.A. - Adhesive Technologies Via Carlo Amoretti, 78 - 20157 Milano (MI) - Tel.: +39 02.35792.1 - www.henkel.com

ISVA EXCELLENCE IN COIL COATINGS.

Since 1968 an independent Technology and a complete product range of Coil Coatings for steel, aluminium, stainless steel and magnetic steel supports. Recognized by the market as "zero head-ache" supplier.

Circonvallazione Esterna, 9 - 10043 Orbassano (TO) Italy - +39 011 9034260 - isva@isvavernici.it - www.isvavernici.it

ISVA

COIL AND INDUSTRIAL COATINGS

all the colours of steel

Nel polo produttivo di Ravenna, grazie a 2 impianti dedicati Marcegaglia processa la propria gamma di prodotti piani in acciaio preverniciato con oltre 25 sistemi standard di rivestimenti organici.

Dalla prima trasformazione, nell'ambito della propria filiera produttiva controllata, Marcegaglia ricava la gamma di semilavorati e prodotti finiti in acciaio più ampia al mondo.

MARCEGAGLIA coil division
46040 Gazoldo Ippoliti, Mantova - Italy
phone +39 . 0376 685 471
coils@marcegaglia.com

MARCEGAGLIA Ravenna
via Baiona, 141 - 48123 Ravenna - Italy
phone +39 . 0544 516 611

MARCEGAGLIA

www.marcegaglia.com

NOVARESINE FOR COILS

Novaresine offre specifiche competenze nel mondo delle resine per coating, con applicazioni di elevata qualità per l'industria coil coating. Novaresine offre un'ampia gamma di diverse resine con formulazioni a base acqua e solvente, nonché realizza prodotti su specifiche del cliente. La nostra missione è migliorare la cooperazione con i clienti per progettare nuove soluzioni. Focalizzata sulle esigenze del cliente, Novaresine è impegnata a sviluppare soluzioni sostenibili. Ci piace lavorare insieme ai nostri clienti, perché se loro possono aggiungere più valore ai loro prodotti e avere più successo, lo avremo anche noi.

Novaresine offers expertise in the coating resins, with applications and valuable premium quality for the coil coating industry. Novaresine offers a wide portfolio diverse resins based on water-borne and solvent-borne formulations as well as offers taylor made products. Our mission is enhance the customer partnerships to design new solutions. Focused on the customer needs, Novaresine is committed to develop sustainable solutions. We like working together with our customers because if they can add more value to their products and be more successful, we'll be too.

NOVA resine

Alkyds - Thixo alkyds - Urethane modified alkyds - Epoxyester
Acrilic modified water borne alkyds - Polyester - UV

Novaresine S.r.l.
Via Confine 23 - 37017 Colà di Lazise (Vr) - IT
T. +39 045 6445511 - F. +39 045 6450135
info@novaresine.com - www.novaresine.com

Idee brillanti con l'alluminio

ADITYA BIRLA
NOVELIS

Tradizione e innovazione al servizio dell´architettura sostenibile

Novelis Italia S.p.A.
tel +39 02 614 541
fax +39 02 614 54208
info.bresso@novelis.com
www.novelis.com

WE TREAT YOU BETTER.

LE TECNOLOGIE INNOVATIVE DEL GRUPPO QUAKER NEL PRE-TRATTAMENTO DEI METALLI

Il processo di pretrattamento dei metalli è in continua evoluzione. Avete bisogno di soluzioni che soddisfino le domande provenienti dal mercato industriale: efficienza, risparmio e prima di tutto, sicurezza e rispetto dell'ambiente. Avete bisogno di soluzioni affidabili e adattabili alle vostre specifiche esigenze e non a quelle di qualcun altro. È per questo che avete bisogno di Quaker. Le nostre tecnologie innovative eco-friendly, che non utilizzano metalli pesanti, possono essere adattate per le vostre esigenze, così da garantire un'eccellente protezione dalla corrosione ed assicurare una ottima adesione della successiva vernice applicata. Perché nel cuore dell'industria del trattamento superficiale dei metalli, noi ci siamo.

È quello che c'è dentro che conta.

quakerchem.com
info@quakerchem.com

SALCHI METALCOAT

la solidità di un prodotto liquido

Since 1978 coil coating for building, industry, automotive and packaging.

Salchi
SALCHI METALCOAT

Salchi Metalcoat Srl Viale dell'Industria 3/A-3/B - 20875 Burago di Molgora (MB) ITALY
Ph. +39 039 6251824 Fax +39 039 6251829
E mail: info@salchirh.it - www.salchimetalcoat.com

Ideazione e cura del progetto
EOS Mktg&Communication Srl

Coordinamento stesura testi e revisione delle bozze
Alessia Venturi

Relazioni con le aziende
Alessia Venturi

Progetto grafico
Laser Grafica 90 Srl

Realizzazione copertina e impaginato grafico
Alessandra Losacco - Walter Martini

Si ringraziano gli Autori e le Società per la cortese collaborazione e per aver fornito i disegni e le fotografie dei loro archivi.

Le informazioni riportate nel Manuale vogliono solo fornire un'indicazione di massima e pertanto non costituiscono un riferimento ufficiale. Decliniamo ogni responsabilità circa eventuali imprecisioni o manomissioni che sono involontarie ed eventualmente dovute a una carenza della documentazione pervenutaci da Autori e Società.

A norma della legge sul diritto d'autore e del codice civile è vietata la riproduzione di questo libro, di parti di esso, di disegni e fotografie con qualsiasi mezzo, elettronico, meccanico, per mezzo di fotocopie, microfilm, registrazioni o altro. L'Editore perseguirà ogni violazione dei propri diritti esclusivi in sede giudiziaria.

IV Edizione febbraio 2013
Fotolito: Lasergrafica 90 Srl - Bovisio Masciago (MB)
Stampa: Aziende Grafiche Printing S.r.l. - Peschiera Borromeo (MI)

ecca

prepaintedmetal.eu

ecca

prepaintedmetal.eu