

## La coloratura degli acciai inossidabili



## Euro Inox

Euro Inox è l'associazione europea per lo sviluppo del mercato dell'acciaio inossidabile.

I soci di Euro Inox comprendono:

- Produttori europei di acciaio inossidabile
- Associazioni nazionali per lo sviluppo dell'acciaio inossidabile
- Associazioni per lo sviluppo dell'industria degli elementi di lega

Gli obiettivi primari di Euro Inox sono creare una sensibilità nei confronti delle proprietà uniche degli acciai inossidabili e promuoverne l'impiego sia per le applicazioni correnti che in nuovi mercati. Per raggiungere tali obiettivi, Euro Inox organizza convegni e seminari, pubblica guide sia in forma cartacea che elettronica per rendere più familiari questi materiali ad architetti, progettisti, tecnici, costruttori ed utilizzatori finali. Euro Inox sostiene inoltre la ricerca tecnica e commerciale.

ISBN 978-2-87997-365-4

978-2-87997-359-3	Versione inglese
978-2-87997-360-9	Versione ceca
978-2-87997-361-6	Versione olandese
978-2-87997-362-3	Versione finlandese
978-2-87997-363-0	Versione francese
978-2-87997-364-7	Versione tedesca
978-2-87997-366-1	Versione polacca
978-2-87997-367-8	Versione spagnola
978-2-87997-368-5	Versione svedese
978-2-87997-369-2	Versione turca

### Membri regolari

#### Acerinox

[www.acerinox.com](http://www.acerinox.com)

#### Aperam

[www.aperam.com](http://www.aperam.com)

#### Outokumpu

[www.outokumpu.com](http://www.outokumpu.com)

#### ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

[www.acciaiterni.it](http://www.acciaiterni.it)

#### ThyssenKrupp Nirosta

[www.nirosta.de](http://www.nirosta.de)

### Membri associati

#### Acroni

[www.acroni.si](http://www.acroni.si)

#### British Stainless Steel Association (BSSA)

[www.bssa.org.uk](http://www.bssa.org.uk)

#### Cedinox

[www.cedinox.es](http://www.cedinox.es)

#### Centro Inox

[www.centroinox.it](http://www.centroinox.it)

#### Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

[www.edelstahl-rostfrei.de](http://www.edelstahl-rostfrei.de)

#### International Chromium Development Association (ICDA)

[www.icdachromium.com](http://www.icdachromium.com)

#### International Molybdenum Association (IMOA)

[www.imoa.info](http://www.imoa.info)

#### Nickel Institute

[www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)

#### Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)

[www.turkpasder.com](http://www.turkpasder.com)

#### Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

[www.puds.pl](http://www.puds.pl)

#### SWISS INOX

[www.swissinox.ch](http://www.swissinox.ch)

La coloratura degli acciai inossidabili  
 Prima edizione 2011  
 (Collana Materiali ed applicazioni, Volume 16)  
 © Euro Inox 2011

#### **Editore**

Euro Inox  
 Diamant Building, Bd. A. Reyers 80  
 1030 Bruxelles, Belgio  
 Telefono +32 2 706 82 65  
 Fax +32 2 706 82 69  
 E-mail: info@euro-inox.org  
 Internet: www.euro-inox.org

#### **Autore**

Alenka Kosmač, Bruxelles (B)

#### **Ringraziamenti**

Euro Inox desidera ringraziare la Sig.ra Catherine Houska, TMR Pittsburgh, PA (USA), per il contributo fornito e per la rilettura critica delle bozze della pubblicazione.

#### **Fotografie in copertina**

Steel Color S.p.a., Pescarolo Ed Uniti (I) (a sinistra)  
 Inox-Color GmbH, Walldürn (D) (in basso, a destra)

#### **Clausola di esonero**

Euro Inox ha fatto ogni sforzo per assicurare che le informazioni presentate in questo documento siano tecnicamente corrette. Il lettore è avvisato tuttavia che la documentazione ivi contenuta è unicamente a scopo d'informazione generale. Euro Inox e i suoi membri declinano specificatamente qualsiasi imputabilità o responsabilità per perdite, danni o lesioni che dovessero derivare dall'applicazione delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

## **Indice**

1	Introduzione	2
2	Coloratura elettrochimica	3
2.1	Resistenza alla corrosione	6
2.2	Invecchiamento dovuto alla luce ed alle condizioni atmosferiche	8
2.3	Applicazioni degli acciai inossidabili colorati elettroliticamente	8
3	Annerimento superficiale	9
4	Rivestimenti PVD o coloratura plasma	10
5	Rivestimento a nastro (coil coating)	12
6	Verniciatura	14
7	Rivestimenti metallici	16
8	Pulitura degli acciai inossidabili colorati e verniciati	17
8.1	Pulitura iniziale	17
8.2	Pulitura periodica	17
8.3	Atti vandalici, incidenti e relativa pulitura	18
9	Specifiche per semilavorati in acciaio inossidabile colorato	19
10	Riferimenti	20

#### **Nota sui diritti d'autore**

Quest'opera è soggetta ai diritti d'autore. Euro Inox si riserva: tutti i diritti di traduzione in ogni linguaggio, ristampe successive, riutilizzo delle illustrazioni, interpretazione e trasmissione. Nessuna parte di questa pubblicazione può venir riprodotta, memorizzata o trasmessa in ogni forma, elettronica, meccanica, fotostatica o altro senza il preventivo consenso scritto da parte del detentore dei diritti d'autore: Euro Inox, Lussemburgo. Le violazioni potranno venir perseguite per vie legali, comprendendo sia il danno economico che il rimborso delle spese legali, ai sensi della legge sui diritti d'autore del Lussemburgo, e delle normative comunitarie.

# 1 Introduzione

Quando vengono utilizzati gli acciai inossidabili, non vi è ragione per limitare la scelta del colore all'argento. Di fatto, è disponibile un'ampia gamma di colori, sia di tipo opaco che lucido. La trama della finitura sottostante può restare visibile ed aumentarne ulteriormente la bellezza. Le eccellenti caratteristiche di resistenza alla corrosione fanno degli acciai inossidabili colorati una scelta ottimale e sostenibile per applicazioni esigenti [1].

Gli acciai inossidabili sono una famiglia di materiali con un insieme di proprietà unico. Protetti superficialmente da un film di passività, formato dalla reazione tra il cromo e l'ossigeno atmosferico, gli acciai inossidabili non richiedono ulteriore protezione superficiale contro la corrosione, a condizione che il tipo prescelto sia adatto alle condizioni ambientali. Se la superficie originale è danneggiata da scalfitture accidentali o viene sottoposta deliberatamente ad abrasione durante la finitura, il film si rigenera immediatamente in presenza di ossigeno. Come spiegato in questa pubblicazione, lo strato protettivo può essere modificato con processi chimici per produrre colori metallici. Lo strato può inoltre essere indurito con elettrolisi.



*L'aumento dello spessore controllato del film di passività genera effetti d'interferenza della luce, che sono percepiti come colori.*

## 2 Coloratura elettrochimica

È risaputo da tempo che la superficie degli acciai inossidabili può essere colorata con trattamenti in soluzioni calde contenenti acido cromico e solforico oppure in soluzioni calde alcaline contenenti agenti ossidanti. Numerosi tentativi sono stati condotti per commercializzare il processo ma il film colorato che si ottiene in questo modo risulta troppo tenero o poroso per conferire adeguata resistenza all'usura ed all'abrasione [2].

La svolta iniziale nella coloratura degli acciai inossidabile si verificò nel 1972, con un metodo di coloratura conosciuto come Inco-process, che prevede la deposizione anodica di ossido di cromo elettrolitico.

In seguito, sono state sviluppate numerose varianti di questo processo, compresa l'immersione del materiale in una soluzione calda di acido cromico – solforico seguita da un trattamento d'indurimento catodico in una seconda soluzione acida. Tale processo non comporta l'applicazione di strati ulteriori contenenti pigmenti o altri agenti coloranti che possano alterare le proprietà dell'acciaio inossidabile. Il processo di coloratura aumenta chimicamente lo spessore dello strato ossido di cromo che conferisce all'acciaio inossidabile la propria resistenza alla corrosione. I colori sono generati per interferenza durante il passaggio delle onde luminose attraverso lo strato passivato trasparente [3].

Gli acciai inossidabili austenitici sono particolarmente adatti a questo processo di coloratura elettrochimica o per interferenza. Il tempo d'immersione dell'acciaio nella soluzione acida determina lo spessore del film



superficiale, la lunghezza d'onda d'interferenza (o filtrazione) e l'effetto di un intenso colore riflesso – simile all'interferenza tipica dell'arcobaleno del sapone o dell'olio su una superficie. Lo specifico spettro di effetti colorati che attraversano il film (bronzo, dorato, rosso, violetto, blu e verde) corrisponde ad un incremento dello spessore del film da  $0.02 \mu\text{m}$  a  $0.36 \mu\text{m}$ . Gli acciai inossidabili ferritici possono essere colorati con questo processo solo grigio scuro.

*Nei punti più frequentati dai turisti, a Vienna, si possono trovare chioschi decorati con acciai inossidabili colorati.*

*L'acciaio inossidabile dorato conferisce un aspetto lussuoso ai saloni. Foto: Steel Color, Pescarolo Ed Uniti (1)*



*Il colore apparente cambia in funzione dell'angolo della luce.*



Essendo privo di colore, lo strato di ossido di cromo non è sensibile ad invecchiamento per opera della luce ultravioletta e, poiché il processo di coloratura non prevede pigmenti, si può procedere con la fabbricazione dopo il trattamento senza rompere il film. Durante la piegatura, ad esempio, il film passivato si assottiglia in corrispondenza della parte esterna, riducendo lievemente lo spessore della colorazione [4]. Il colore può essere applicato uniformemente o con volute variazioni per ottenere un effetto arcobaleno. Si ottengono così leggere variazioni del colore e, per superfici estese, è importante realizzare dei campioni rappresentativi dello spettro di colori. Dato che il colore dipende dal modo in cui la luce è riflessa attraverso lo strato passivato trasparente, l'angolo con cui si osserva la superficie può modificare il colore percepito. Per la stessa ragione, la curvatura o la formatura dei pannelli può pure cambiare il colore apparente dell'acciaio inossidabile. Ciò va considera-

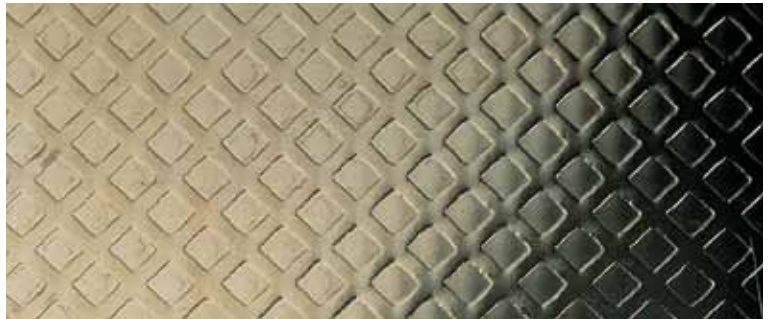
to durante la progettazione. La sfumatura di colori che si ottiene curvando pannelli di grandi dimensioni può rappresentare un elemento architettonico [1].

Se si desidera un colore molto uniforme su una superficie estesa e ricurva, è possibile usare piccoli pannelli piatti per comporre tale superficie ed ottenere un aspetto uniforme.

Dato che il film passivato è trasparente, la finitura del substrato sottostante influenza l'aspetto finale. Ad esempio, una finitura opaca genera un colore tenue ed opaco, mentre una finitura a specchio produce un aspetto brillante. A differenza delle superfici verniciate, il colore non tende a svanire con l'esposizione alla luce solare, con il tempo. Tuttavia, se la superficie è danneggiata da graffiature, durante la fabbricazione, o corrosa, non può essere riparata [4].

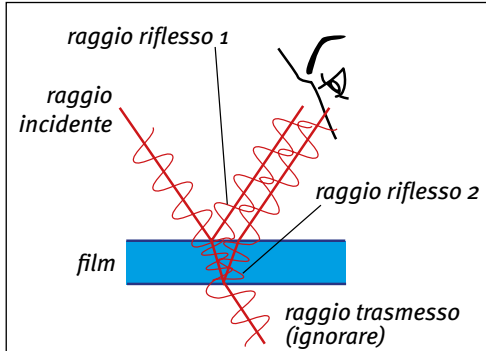
La colorazione può anche essere rimossa da abrasioni, quindi non dovrebbe essere applicata se vi sono rischi di danneggiamento accidentale o volontario, come in aree molto trafficate o in presenza di abrasivi trasportati dal vento [2, 5]. Il decapaggio, gli attacchi acidi e l'elettrolucidatura rimuovono la colorazione dalla superficie.

Gli acciai inossidabili colorati con questo processo non possono essere saldati senza distruggerne la superficie. A causa del danneggiamento termico, la saldatura e la brasatura dovrebbero essere evitate o eseguite su parti non in vista. Con opportune leghe brasanti e flussanti, è possibile impiegare alcune procedure di brasatura dolce su superfici colorate. L'incollaggio è utilizzabile



senza limitazioni, se le temperature di polimerizzazione non sono eccessive. Sono applicabili i collegamenti meccanici con viti, rivetti o per bloccaggio [3].

*La superficie originale ed il suo grado di riflettività non sono influenzati dalla coloratura elettrolitica.*



**Il principio dell'interferenza luminosa**

I raggi 1 e 2 interferiscono

La lunghezza d'onda all'interno del film è minore:

$$l' = l / n$$

$n$  = indice di rifrazione del film

Il raggio 1 subisce una variazione di fase di 180 gradi



*Interferenza in una bolla di sapone*



*L'iridescenza delle piume di pavone è dovuta alla luce riflessa da superfici complesse a più livelli.*

Fonte: <http://www.mwit.ac.th/>

**2.1 Resistenza alla corrosione**

La resistenza alla corrosione delle superfici colorate dipende dal tipo di acciaio inossidabile. Il processo aumenta la resistenza dello strato passivato, per cui gli acciai inossidabili colorati presentano una resistenza alla vaiolatura inizialmente superiore rispetto a superfici non colorate. Alcune ricerche hanno dimostrato, tuttavia, che questo lieve miglioramento non influenza significativamente il comportamento a lungo termine [6]. Se un tipo di acciaio inossidabile è soggetto a corrosione, in determinate condizioni ambientali, ciò si verifica egualmente per una superficie colorata. A differenza delle superfici non colorate, in cui una contaminazione superficiale si può rimuovere senza alterare l'aspetto, una corrosione anche lieve di una superficie colorata può provocare un cambiamento permanente del colore. L'acciaio inossidabile da colorare dovrebbe essere scelto quindi in modo da evitare corrosione nell'ambiente in cui opererà [3].

E' disponibile un'ampia letteratura circa gli acciai inossidabili adatti ad applicazioni architettoniche [7, 8].

Come indicato nella Tabella 1, un'esposizione ad alimenti comuni o a prodotti chimici per costruzioni, breve o moderata, non influenza l'aspetto di acciai inossidabili colorati elettrochimicamente.

Ogni corrosione superficiale rimuove definitivamente la colorazione dalla superficie, per cui occorre porre grande attenzione nella scelta dell'analisi chimica dell'acciaio inossidabile che deve garantire resistenza alla corrosione.



**Tabella 1: Resistenza alla corrosione per vari agenti chimici dell'acciaio 1.4301/304 [2]**

Agente	Conc. (%)	Temp. (°C)	Tempo (h)	Colore		
				Verde	Ambra	Nero
Acqua di cemento	-	50 100	50 10	∅ □	∅ □	∅ □
Carbonato di sodio	5	50 100	50 10	∅	∅	∅
Soda caustica	5	50 100	50 10	∅	∅	∅
Detergente (neutro)	5	50 100	50 10	∅	∅	∅
Acetone	100	TA	200	∅	∅	∅
Solvente per vernici	-	TA	200	∅	∅	∅
Tricloroetilene	-	TA	200	∅	∅	∅
Salsa di soia	-	100	10	∅	∅	∅

∅ Nessun cambio di colore   □ Leggero cambio di colore

*Le superfici degli acciai inossidabili colorati elettroliticamente sono eccezionalmente resistenti agli UV.  
Foto: Rimex Metals, Enfield (GB)*



*Nel Tempio Reiyuuka Shakaden, in Giappone, l'acciaio inossidabile colorato elettroliticamente ha avuto un ottimo comportamento dal 1975.*

*Foto: Nickel Institute, Toronto (CAN)*



## 2.2 Invecchiamento dovuto alla luce ed alle condizioni atmosferiche

Non avendo pigmenti che possano scolorirsi o svanire, gli acciai inossidabili colorati hanno una durata notevole, se esposti a condizioni ambientali. La colorazione non sbiadisce, anche se esposta alla luce del sole o agli agenti atmosferici. E' stato appurato che non vi sono cambiamenti di colore in pannelli colorati per tetti elettroliticamente anche dopo oltre 30 anni [1].



*L'acciaio inossidabile colorato evidenzia la geometria tridimensionale dell'edificio della Banca di San Marino. Foto: Steel Color, Pescara Ed Uniti (I)*

*La facciata del Brand Loyalty Building in Eindhoven (NL) fu costruita con la tecnica dell'aggraffatura impiegata per le coperture di tetti. Foto: Rimex Metals, Enfield (GB)*



La superficie colorata, inoltre, non presenta cricche o sfogliature, resistendo all'invecchiamento [3].

## 2.3 Applicazioni degli acciai inossidabili colorati elettroliticamente

Un'attrattiva particolare degli acciai inossidabili colorati è che sembrano cambiare colore in differenti condizioni ed angoli d'illuminamento, tanto in luce artificiale che naturale. È importante assicurare un corretto allineamento tra i vari pannelli impiegati per realizzazioni a pannelli multipli. Applicazioni di lamine e pannelli colorati sono rivestimenti architettonici per esterni (facciate, colonne, coperture, etc.), rivestimenti per interni in aree non troppo trafficate, segnaletica, insegne di negozi e sculture.

Gli acciai inossidabili colorati non possono essere riparati se graffiati e sono quindi consigliabili per quelle applicazioni in cui le graffiature e le abrasioni sino relativamente improbabili [9].

### 3 Annerimento superficiale

La superficie degli acciai inossidabili può essere annerita con semplicità per immersione in bagni di sali di dicromato di sodio. Questa procedura, relativamente semplice da preparare e da eseguire, è molto diffusa nell'industria automobilistica per annerire parti di acciaio inossidabile (come ad esempio i tergicristalli) e presso i costruttori di pannelli solari di acciaio inossidabile.



Il processo, applicabile ad ogni tipo di acciaio inossidabile, si basa sulla formazione di un film di ossido nero, molto sottile e liscio, sulla superficie dell'acciaio. Il film è normalmente nero opaco ma può essere reso brillante con l'impiego di oli e cere. Esso non manifesta tendenza ad invecchiare o scolorirsi in servizio. È inoltre duttile, non produce scaglie o distacchi ed è resistente al calore, sino alle normali temperature di ossidazione di un acciaio inossidabile. Un acciaio inossidabile annerito può essere deformato con moderazione senza procurare danni ed il film possiede buona resistenza all'abrasione. Esso può essere rimosso in caso di corrosione ed abrasioni particolarmente severe.

I bagni di sale operano a temperature di circa 400 °C e la fase d'immersione (che varia tra 5 e 30 minuti) è seguita da un lavaggio con acqua. I pannelli solari raggiungono un grado di annerimento ottimale in 5 minuti mentre le parti per l'industria automobilistica richiedono circa 30 minuti per acquisire un colore nero più profondo [16]. Il processo è impiegato anche per piccole parti architettoniche e maniglie per le quali si desidera un annerimento più resistente alle graffiature di quello ottenuto con coloratura elettrochimica.



*Le piastre assorbenti di pannelli solari per acqua calda possono essere realizzate con acciaio inossidabile annerito. Foto: Energie Solaire, Sierre (CH)*



*L'acciaio inossidabile annerito è molto utilizzato per i tergicristalli e parti decorative di motociclette. Foto: Steel Color, Pescarolo Ed Uniti (I)*

## 4 Rivestimenti PVD o coloratura plasma



*I rivestimenti PVD rendono le superfici dure e resistenti alle graffiature.*

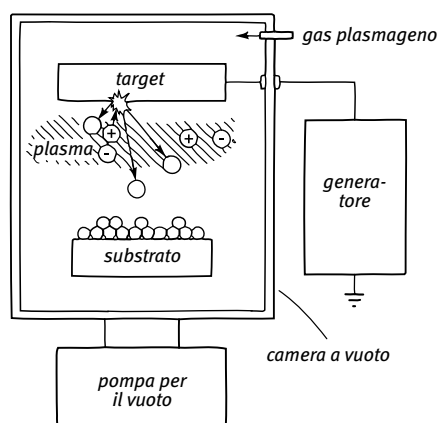
Poiché i rivestimenti per deposizione fisica da fase vapore (PVD) consentono di ottenere una vasta gamma di colori, sono una scelta molto comune per effetti estetici in applicazioni come grandi pannelli metallici, rubinetti, accessori per porte, cornici per porte a vetri e prodotti di consumo. I rivestimenti PVD sono inoltre molto usati anche per applicazioni industriali e di largo consumo. Le superfici hanno resistenza all'usura e all'attrito e durezza molto migliori ed il rivestimento conferisce inoltre una colorazione intensa, uniforme e duratura. A differenza del processo elettrochimico, il colore superficiale non cambia con l'angolo di osservazione. Esso è anche molto più resistente alla graffiatura.

La deposizione fisica da fase vapore (PVD) è l'espressione usata in genere per indicare una famiglia di processi con cui si depositano pellicole sottili sulle superfici (come ad esempio fogli metallici, utensili da taglio, supporti, bulloneria, vetro, wafer semiconduttori ed anche imballaggi per prodotti di consumo). Il materiale per il rivestimento viene vaporizzato, quindi depositato sulla

superficie del substrato. Per fondere il materiale per il rivestimento può essere impiegata un'ampia gamma di metodi come l'arco catodico ad alta potenza, il laser, vapore ad alta pressione ed il bombardamento con plasma (sputtering). Queste particelle di vapore si muovono quindi in una camera a vuoto saturata con gas inerte, tipicamente argon, per depositarsi sul substrato. Il termine PVD fu usato per la prima volta nel 1966 ma Michael Faraday usò questo processo per realizzare rivestimenti nel lontano 1838.

La Figura 1 mostra uno schema del processo per sputtering. Nella sua versione più semplice, il processo si svolge in un gas inerte (nobile) a bassa pressione (0,1-10 Pa). Lo sputtering inizia quando si produce una scarica elettrica e l'argon si ionizza. La scarica elettrica a bassa pressione è nota come scarica a luminescenza ed il gas ionizzato come plasma.

Gli ioni argon colpiscono il target solido – ossia la sorgente del materiale che costituisce il rivestimento, da non confondersi con il substrato, che è l'elemento da rivestire. Il materiale è quindi accelerato dalla superficie del target per conversione di quantità di moto in energia. Lo sputtering è la tecnica migliore per depositare film sottili. La deposizione può avvenire in modo controllato, l'adesione è buona e qualità, struttura ed uniformità dei depositi sono eccellenti [10].



**Figura 1:** Schema del processo per sputtering

I colori e le composizioni con riporti ceramici superficiali che si possono ottenere con questo processo includono l'oro, il rosa-dorato, il bronzo, il blu, il nero ed il rosso-vino. Dato che il rivestimento è molto sottile (in genere,  $0,3 \mu\text{m}$ ) è visibile la trama della finitura sottostante. Non è rara la finitura delle superfici mediante maschere e procedimenti di attacco, lucidatura ed incisione, prima di rivestire la superficie. Benché il processo sia stato utilizzato per applicazioni impegnative come accessori per porte, è importante notare che il colore può essere danneggiato se attaccato aggressivamente. Tali danni non sono riparabili [1].



I rivestimenti PVD hanno il vantaggio che il film (se spesso a sufficienza) è praticamente privo di pori e molto compatto. La penetrazione di umidità e gas sino al substrato è quindi molto ridotta, se non eliminata [10]. Tuttavia, se l'acciaio inossidabile deve essere piegato o formato durante la fabbricazione, è importante che durante i test di accettazione del materiale sia prevista una prova di piegamento.

Un piegamento severo di un piccolo campione metallico è sufficiente a verificare se vi siano problemi con l'adesione superficiale. Se si verificano problemi con il processo, il rivestimento può delaminare durante il piegamento o l'urto. Ciò non dovrebbe accadere con un fornitore di elevata qualità.

Se è prevista la saldatura, essa deve essere eseguita prima dell'applicazione del rivestimento ceramico [1].

Fogli decorativi metallici con rivestimenti PVD sono spesso usati per ascensori e coperture di colonne in cui è previsto passaggio di persone [11].



*Mediante sputtering si ottengono anche superfici ceramiche, eccezionalmente resistenti all'usura.  
Foto: Inox-Color, Walldürn (D)*

*I rivestimenti PVD sono disponibili in vari colori.  
Foto: Hans Hollein Atelier, Vienna (A)*



## 5 Rivestimento a nastro (coil coating)

Il rivestimento a nastro è un processo consolidato per la coloratura in linea di nastri di acciaio inossidabile, eseguito in genere da produttori di acciaio o da aziende specializzate. Esso consente un'ampia gamma di colori e permette di applicare vernici chiare (superfici anti impronte digitali).

Prima del rivestimento, l'acciaio inossidabile è pulito chimicamente e risciacquato. Il substrato di acciaio può essere sia austenitico che ferritico ed i rivestimenti possono essere ottimizzati a seconda delle specifiche funzioni e delle condizioni ambientali previste. In una linea di rivestimento in continuo sono applicati con rulli alla superficie dell'acciaio inossidabile allo stato di coil prima un primer, poi un rivestimento di finitura. La superficie preparata riceve un primo rivestimento, il quale è polimerizzato in un forno a conduzione prima dell'applicazione del rivestimento di finitura. Sono disponibili vari rivestimenti per diverse applicazioni, ambienti o condizioni di servizio. I nastri rivestiti possono essere impiegati con successo in condizioni di servizio severe come



*Una bella finitura rossa su acciaio inossidabile alla stazione della Metropolitana in Piazza Carlo, Maiachini a Milano. Foto: Centro Inox, Milano (I)*

gallerie stradali ad alta intensità di traffico, che sono spesso poco ventilate e caratterizzate da alte umidità e concentrazione di gas di scarico dei motori delle auto.

Le colorazioni applicate non aumentano la resistenza alla corrosione dell'acciaio inossidabile, così come il materiale del substrato. La resistenza alla corrosione intrinseca dell'acciaio inossidabile è spesso sfruttata a fondo, specialmente quella della superficie non rivestita, dalla parte opposta, in caso di graffi e danni alla vernice e sui bordi. A differenza dei materiali tradizionali (ad esempio, gli acciai galvanizzati) gli acciai inossidabili rivestiti in nastro sono immuni da forme di blistering e delaminazione ai bordi di taglio [12]. Se viene applicata una verniciatura, non è per la protezione nei confronti della corrosione ma per ragioni estetiche o per le proprietà anti riflesso o anti impronte digitali.



*Agli acciai inossidabili possono essere applicati rivestimenti lucidi o opachi. Foto: Replasa, Astrain, Navarra (E)*



*Nei rivestimenti per gallerie resistenti alla corrosione, si usano acciai inossidabili anti riflesso.*

*Foto: ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni, Terni (I)*

I materiali rivestiti a nastro non sono saldabili, ma il loro collegamento mediante incollaggio da ottimi risultati [13]. Quando i bordi dei fogli non sono verniciati, le procedure di saldatura sono simili a quelle in uso per acciai inossidabili non verniciati. Altrimenti, occorre seguire alcune semplici regole [12]:

- la saldatura laser e plasma può essere impiegata senza particolari precauzioni. Non è necessario lasciare i bordi non verniciati.
- La rimozione meccanica della vernice nella zona da saldare è raccomandata nel caso di saldatura a resistenza (a punti).

I rivestimenti sono disponibili in un'ampia gamma di colori ed impiegati in applicazioni come gli elettrodomestici, l'arredamento, pannelli architettonici, decorativi, celle frigorifere, climatizzazione, porte metalliche ed illuminazione [14, 15]. Un accurato controllo dei parametri di processo durante la produzione industriale consente di ottenere esattamente le colorazioni desiderate. I fornitori hanno in genere a magazzino le colorazioni più richieste, ma ogni colore è di fatto disponibile a condizione di ordinarne una quantità minima.

*Gli acciai inossidabili coil coated possono essere piegati, per esempio su elementi di facciate.*

*Foto: Centro Inox, Milano (I)*



## 6 Verniciatura



*Questo ponte in acciaio inossidabile a Venezia è stato verniciato di nero per integrarsi con l'ambiente storico.*

*Foto: IMOA, Londra (GB)*

La verniciatura degli acciai inossidabili è simile a quella di altri metalli, tranne il caso in cui sia fatta per ragioni estetiche o per la resistenza alla corrosione. Nel caso di verniciatura di parti nuove, occorre considerare che il substrato dell'acciaio inossidabile sia molto più resistente ai fattori ambientali della vernice. I responsabili del processo dovrebbero quindi tenere in considerazione cosa accadrà dopo l'eventuale cedimento del rivestimento. In alcuni casi si opta per una nuova verniciatura mentre in altri il proprietario decide di rimuovere la vernice restante ed esporre l'acciaio inossidabile non rivestito.

La causa principale di cedimento della vernice è la mancanza di adesione, che comporta il rischio di sfogliamento e la possibilità

di corrosione, a causa dell'inadeguata preparazione superficiale, in caso di pulitura e pre-trattamento insufficienti della superficie. Prima della verniciatura occorre fare attenzione ad assicurare che la superficie sia priva di sali, inquinanti, oli, terra, polvere, prodotti corrosivi ed altri particolati. La superficie deve essere abbastanza rugosa per consentire un'adeguata aderenza e l'acciaio inossidabile richiede inoltre che, dato che il film di passivazione può impedire la corretta adesione, debba essere rimosso prima della verniciatura. Le superfici degli acciai inossidabili sono dure e lisce, specialmente quando siano laminate a caldo o quando hanno una specifica finitura superficiale. Quando è richiesta una certa rugosità superficiale, si usano il decapaggio, l'attacco acido, la sabbiatura o la spazzolatura.

*La colorazione rende più visibile il corrimano per le persone con disabilità visive.*  
*Foto: Rimex Metals, Enfield (GB)*





Un opportuno primer per metalli (primer mordenzante) e sistema di verniciatura devono essere applicati appena possibile dopo l'irrugosimento della superficie, prima che il film di passività riprenda a formarsi.

Vengono utilizzati diversi tipi di abrasivo. La pallinatura incrementa la rugosità superficiale ma deve essere considerata solo per spessori elevati, come ad esempio componenti strutturali e lamiere, che non si distorcano durante l'urto. La scelta ottimale per eseguirla sono particelle non ferrose pulite, dure, di dimensioni relativamente ridotte, condotte da flussi d'aria privi di oli di compressore. Talvolta sono impiegate anche particelle di vetro. Sarebbe possibile evitare le distorsioni anche su spessori sottili impiegando un supporto, ma si tratta di procedure da impiegare solo in caso di ditte di comprovata esperienza.

Le ditte che effettuano la verniciatura sono le più qualificate per suggerire i tipi di vernice e le procedure tanto per il primer che per la finitura. Un primer per metalli (primer mordenzante) adatto ad acciai inossidabili può essere impiegato per rimuovere il film di passività su una finitura sufficientemente rugosa. Finiture ottenute con laminazione a caldo, finiture 2B e 2D e più rugose come ad esempio le 2G o 2J (N. 4) sono state verniciate con successo. Il film passivato, tuttavia, deve comunque essere rimosso. La pulizia è un elemento chiave per la verniciatura degli acciai inossidabili. La superficie deve essere pulita ed è opportuno inoltre verniciare solo in un ambiente pulito e privo di polveri. È consigliabile applicare strati sottili e osservare un tempo di essiccazione prolungato tra gli strati [16].

*La verniciatura è spesso opportuna per migliorare la visibilità.  
Foto: Centro Inox, Milano (I)*



## 7 Rivestimenti metallici

Usati principalmente per coperture e per scarichi pluviali, i rivestimenti metallici sono impiegati anche per pannelli per esterni [17].

Gli acciai inossidabili rivestiti con stagno assumono invecchiando una tonalità grigia – grigia scura o possono essere acquistati pre-invecchiati. Essi possono essere danneggiati da graffiature o abrasioni, senza tuttavia compromettere la resistenza alla corrosione del substrato. La colorazione finale dipende dalle condizioni di servizio. A differenza dell'acciaio al carbonio, i rivestimenti metallici su acciaio inossidabile non sono applicati per migliorare la resistenza alla corrosione.

Uno strato di stagno aumenta molto la verniciabilità. Nel caso di tetti e scarichi pluviali, ci possono essere contesti architettonici in cui è richiesta la durabilità di un acciaio inossidabile, ma una finitura metallica può risultare antiestetica – ad esempio, per specifiche tipologie di edificio. In questi casi, gli acciai inossidabili rivestiti con stagno possono essere verniciati, senza una preparazione superficiale preliminare, impiegando primer e vernici raccomandati dai produttori [17, 18]. Questo è un sistema di verniciatura in campo più semplice rispetto alla verniciatura degli acciai inossidabili non rivestiti, poiché non occorre rimuovere il film di passività dell'acciaio.

*Gli acciai inossidabili rivestiti con stagno sono stati impiegati per decenni per tetti e pluviali. Foto: Aperam, Lussemburgo (L)*



*Il processo galvanico può anche essere usato per applicare un sottile strato di rame sugli acciai inossidabili. Foto: Roofinox, Schaan (FIN)*



## 8 Pulitura degli acciai inossidabili colorati e verniciati

Sebbene il substrato abbia la robustezza tipica dell'acciaio inossidabile, la colorazione appare più delicata. Metodi di pulitura abrasivi impiegati talvolta per acciai inossidabili non rivestiti non sono adatti per acciai inossidabili colorati o verniciati.

È possibile fare solo osservazioni generali circa la manutenzione e la pulitura degli acciai inossidabili verniciati. Occorre avere specifiche informazioni dai fornitori dei prodotti o da aziende specializzate con esperienza nella pulitura di superfici colorate elettrochimicamente. Alcuni produttori raccomandano di usare detergenti leggeri e soluzioni sgrassanti impiegate per il lavaggio dei motori. Le aziende che effettuano verniciatura spesso propongono pulitori di propria produzione per i propri sistemi di verniciatura.

Dato che un acciaio inossidabile colorato dipende da uno strato di ossido spessorato, da uno strato PVD o di ossido nero, deve essere posta molta attenzione nella pulitura per evitare di danneggiare la superficie. La "riparazione" può avvenire solo mediante la sostituzione del pannello [19].

### 8.1 Pulitura iniziale

Si suppone che la superficie sia stata protetta durante la consegna, lo stoccaggio in cantiere e la costruzione.

È diffuso l'impiego di pellicole adesive rimovibili per proteggere le superfici colorate e verniciate. In questi casi è essenziale non eccedere con la durata massima raccomandata della pellicola prima della sua rimozione. Altrimenti, possono esservi pro-



*La pulitura mostra l'assenza di corrosione, malgrado le condizioni particolarmente sfavorevoli presenti all'interno di questa galleria. Foto: Centro Inox, Milano (1)*

blemi nella rimozione dell'adesivo. Se resta dell'adesivo sulle superfici che deve essere rimosso, è necessario assumere informazioni sia dal produttore della pellicola che da quello dell'acciaio inossidabile oppure da una ditta specializzata nella pulitura [19]. Gli adesivi base acqua possono in genere essere rimossi senza danneggiare le superfici verniciate ma alcuni adesivi richiedono l'uso di solventi che possono danneggiare la vernice.

### 8.2 Pulitura periodica

Si può adottare le procedure per la pulitura periodica degli acciai inossidabili non rivestiti, con particolare cura nel non danneggiare le superfici. Ciò è particolarmente importante nel caso di acciai inossidabili colorati molto sporchi. Ad esempio, il lavaggio con getti d'acqua ad alta pressione può danneggiare la superficie colorata. È preferibile impiegare acqua con detergenti a bassa pressione. Se lo sporco persiste sulle superfici, è possibile provare a passare delicatamente un panno morbido oppure una spazzola di plastica. In generale, è meglio chiedere assistenza al produttore dell'acciaio inossidabile colorato o ad una ditta specializzata nella pulitura [19].

### 8.3 Atti vandalici, incidenti e relativa pulitura

Per quanto esistano tecniche per rimuovere segni di vernice e d'inchiostro dagli acciai inossidabili colorati e verniciati, la rimozione di questo tipo di graffiti dovrebbe essere affidata a ditte specializzate nella pulitura, altrimenti le superfici potrebbero danneggiarsi irreparabilmente.

Le graffiature su acciai inossidabili verniciati hanno lo stesso effetto visivo rispetto agli acciai al carbonio verniciati, con il vantaggio che il segno del graffio non viene allargato dalla corrosione. Se sia possibile riverniciare o meno l'area graffiata e ripristinare la superficie di acciai inossidabili verniciati dipende dalla possibilità di riprodurre lo stesso colore e dal tipo di vernice. In caso di acciai inossidabili colorati elettroliticamente, la riparazione sul posto è possibile solo sostituendo il pannello.

Gli spruzzi di malta e di cemento dovrebbero essere rimossi immediatamente, dato che la loro alcalinità può sbiadire il colore delle superfici colorate. Se non si nota im-

mediatamente il cemento o la malta, molto di questi materiali può separarsi dalla superficie una volta seccatosi e la restante parte può essere rimossa con getti a bassa pressione e spazzole con setole morbide, avendo cura di non provocare abrasioni sulla superficie. Una volta rimossi gli spruzzi, i pannelli devono essere esaminati per accertare la presenza di aloni dovuti alle sostanze alcaline. Nel caso essi siano presenti, sarà probabilmente necessario sostituire i pannelli. Per acciai inossidabili verniciati, si può prendere in considerazione la rimozione e la riverniciatura dell'area interessata.

È ovviamente importante evitare di graffiare la superficie, per cui spazzole metalliche o prodotti abrasivi non devono essere impiegati. In linea di principio, quindi, anche le particelle ferrose dovrebbero essere rimosse con un panno morbido, prima che inizino ad arrugginarsi.

La pulitura su larga scala dovrebbe essere effettuata da una ditta specializzata [19], in funzione delle indicazioni del fornitore della finitura.

*Pulitori adatti per acciai inossidabili possono essere impiegati anche per acciai inossidabili colorati elettroliticamente.*



## 9 Specifiche per semilavorati in acciaio inossidabile colorato

La tabella 6 della norma EN 10088 – 2 [20] prevede la designazione 2L (finitura speciale) per prodotti piani colorati. Questo limita i semilavorati di partenza ai soli laminati a freddo. Solo un lato deve garantire la tonalità di colore concordata e la qualità superficiale. La norma non indica colorazioni specifiche. Il colore deve essere concordato tra il committente ed il fornitore.

In genere, il produttore mette a disposizione una serie di campioni di ridotte dimensioni per agevolare la scelta del processo di finitura superficiale [9]. Successivamente è possibile realizzare campioni di dimensioni maggiori per illustrare le tipologie di colore che si possono ottenere per i mock-up del progetto, i quali dovrebbero essere osservati nelle condizioni d'illuminamento previste. Essi dovrebbero rappresentare il riferimento visivo per il progetto, con l'approvazione del fornitore e del committente.



*I campioni dovrebbero essere osservati nelle condizioni d'illuminamento reali, dove è localizzato l'edificio.  
Foto: Inox-Color, Walldürn (D)*



## 10 Riferimenti

- [1] Houska, C., “Coloured stainless offers a rainbow of possibilities”, Part 1, *Architectural Metal Newsletter*, Vol. 12, No. 1, 2005
- [2] Yoshino, M., *Application of INCO coloured stainless steel in Japan*, Nickel Development Institute, Technical series, No. 13005, 1992
- [3] Wiener, M., “Coloring Stainless Steel”, *Products Finishing*, July, 1991, pp.68-70
- [4] Cochrane, D., *Guida alle finiture superficiali degli acciai inossidabili*, Euro Inox, Serie “Edilizia”, Vol. 1, 2002, [http://www.euro-inox.org/pdf/build/Finishes02\\_IT.pdf](http://www.euro-inox.org/pdf/build/Finishes02_IT.pdf)
- [5] Rabelo Junqueira, R. M., de Oliveira Loureiro, C. R., Spangler Andrade, M., Lopes Buone, V. T., *Materials Research*, Vol. 11, No. 4, pp. 421-426
- [6] Kikuti, E., Conrado, R., Bocchi, N., Biaggio, S. R., Rocha-Filho, R. C., *Journal of the Brazilian Chemical Society*, Vol. 15, No. 4, pp. 472-480
- [7] Houska, C., *Stainless Steels in architecture, building and construction*, Nickel Development Institute, Publication No. 11024, 2001
- [8] *Which Stainless Steel Should be Specified for Exterior Applications*, IMOA, [http://www.imoa.info/\\_files/stainless\\_steel\\_selection\\_sw.html](http://www.imoa.info/_files/stainless_steel_selection_sw.html)
- [9] *Specifying coloured stainless steel finishes and their applications*, BSSA, <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=187>
- [10] *Metals Handbook, Ninth Edition: Volume 13 – Corrosion*, ASM International, pp. 456-458
- [11] <http://www.metalresources.net/pdfs/DecorativeSheetMetalFinishes.pdf>
- [12] *Vernest – Coloured Stainless Steel Flat Products*, ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni, <http://www.acciaiterni.com/db/eng/docPubblicazioni/VERNEST.pdf>
- [13] Inossidabile 161, Centro Inox, 2005, [http://www.centroinox.it/sites/default/files/rivista/inoss\\_161.pdf](http://www.centroinox.it/sites/default/files/rivista/inoss_161.pdf)
- [14] <http://www.replasa.es/index.php?id=122&L=9>
- [15] *Vivinox – Painted Stainless Steel Flat Products*, ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni, <http://www.acciaiterni.com/db/eng/docPubblicazioni/VIVINOX.pdf>
- [16] *ASM Specialty Handbook, Stainless Steels*, ed. J.R. Davis, ASM International, 1996
- [17] Houska, C., “Colored Stainless Possibilities”, *Architectural Metal Newsletter*, Vol. 11, No. 4, 2005
- [18] *Special Finishes for Stainless Steel*, SSINA, [http://www.ssina.com/publications/spe\\_fin.html](http://www.ssina.com/publications/spe_fin.html)
- [19] *Stainless steel in architecture, building and construction, Guidelines for maintenance and cleaning*, Nickel Development Institute, Reference book, No. 11014, 1994
- [20] EN 10088-2:2005 *Acciai inossidabili - Condizioni tecniche di fornitura delle lamiere e dei nastri per impieghi generali*



ISBN 978-2-87997-365-4