

Coloration des aciers inoxydables



Euro Inox

Euro Inox est l'association européenne pour le développement de l'acier inoxydable.

Ses membres sont :

- les producteurs européens d'acier inoxydable,
- les associations nationales de promotion de l'acier inoxydable,
- les associations de promotion des producteurs d'éléments d'alliage.

L'objectif d'Euro Inox est de promouvoir les utilisations existantes de l'acier inoxydable et de susciter de nouvelles applications en mettant à disposition des concepteurs et des utilisateurs des informations pratiques sur les propriétés des aciers inoxydables ainsi que les éléments nécessaires pour assurer une mise en œuvre dans les règles de l'art. A cet effet :

- Euro Inox édite des supports imprimés ou électroniques,
- organise des conférences et des séminaires,
- initie et soutient des projets dans les domaines de la recherche appliquée et des études de marché.

ISBN 978-2-87997-363-0

978-2-87997-359-3	version anglaise
978-2-87997-360-9	version tchèque
978-2-87997-361-6	version néerlandaise
978-2-87997-362-3	version finlandaise
978-2-87997-364-7	version allemande
978-2-87997-365-4	version italienne
978-2-87997-366-1	version polonaise
978-2-87997-367-8	version espagnole
978-2-87997-368-5	version suédoise
978-2-87997-369-2	version turque

Membres titulaires

Acerinox

www.acerinox.com

Aperam

www.aperam.com

Outokumpu

www.outokumpu.com

ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

www.acciaiterni.it

ThyssenKrupp Nirosta

www.nirosta.de

Membres associés

Acroni

www.acroni.si

British Stainless Steel Association (BSSA)

www.bssa.org.uk

Cedinox

www.cedinox.es

Centro Inox

www.centroinox.it

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

www.edelstahl-rostfrei.de

International Chromium Development Association (ICDA)

www.icdachromium.com

International Molybdenum Association (IMOA)

www.imoa.info

Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)

www.turkpasder.com

Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

www.puds.pl

Swiss Inox

www.swissinox.ch

Coloration des aciers inoxydables
 Première édition 2011
 (Série Matériaux et Applications, Volume 16)
 © Euro Inox 2011

Editeur

Euro Inox
 Diamant Building, Bd. A. Reyers 80
 1030 Bruxelles, Belgique
 Tél. : +32 2 706 82 67
 Fax : +32 2 706 82 69
 E-mail : info@euro-inox.org
 Internet : www.euro-inox.org

Auteur

Alenka Kosmač, Bruxelles (B)

Traduction

Chantal Pradines, Trampot (F)

Remerciements

Euro Inox tient à remercier Mme Catherine Houska, TMR Pittsburgh, PA (USA), pour sa contribution et sa lecture critique de la maquette de la publication.

Photos de couverture

Steel Color S.p.a., Pescarolo Ed Uniti (I) (gauche)
 Inox-Color GmbH, Walldürn (D) (bas droite)

Limite de responsabilité

Euro Inox a fait de son mieux pour que les informations présentées dans ce document soient techniquement correctes. Cependant, le lecteur est avisé que son contenu n'a qu'un but d'information générale. Euro Inox et ses membres rejettent expressément toute responsabilité en cas de perte, dommage ou blessure résultant de l'utilisation des informations contenues dans cette publication.

Sommaire

1	Introduction	2
2	Coloration électrochimique	3
2.1	Résistance à la corrosion	6
2.2	Vieillessement à la lumière et vieillissement climatique	8
2.3	Applications des aciers inoxydables électrocolorés	8
3	Brunissage	9
4	Dépôt physique en phase vapeur (PVD)	10
5	Prélaquage en continu	12
6	Peinture	14
7	Galvanoplastie	16
8	Nettoyage des aciers inoxydables colorés	17
8.1	Nettoyage initial	17
8.2	Nettoyage courant	17
8.3	Vandalisme, accidents et nettoyage de réfection	18
9	Spécification des produits en acier inoxydable colorés	19
10	Bibliographie	20

Mention de copyright

Ce travail est soumis à droits d'auteur. Euro Inox se réserve tous les droits de traduction, de réimpression, de réutilisation, d'illustrations, de présentation orale et de radio- ou télédiffusion. La publication ne saurait, même partiellement, être reproduite, archivée dans une base de données ou diffusée, sous quelque forme que ce soit – audio, électronique, par photocopie ou autre – sans l'accord écrit préalable du propriétaire des droits d'auteur, Euro Inox. La violation de ces droits tombe sous le coup de la loi luxembourgeoise sur les droits d'auteur et des réglementations applicables dans l'Union européenne. Elle fera l'objet d'une procédure judiciaire, exposant le contrevenant au paiement de dommages et intérêts ainsi qu'au remboursement des frais judiciaires correspondants.

1 Introduction

Quand un prescripteur opte pour l'acier inoxydable, rien ne l'oblige à se limiter à la couleur de base, l'argent : il dispose en effet d'une large palette de teintes, opaques ou translucides. La texture de la finition du métal de base peut demeurer perceptible et ajouter encore à l'attrait esthétique du produit. Grâce aux propriétés supérieures de l'acier inoxydable en matière de résistance à la corrosion, l'inox coloré constitue enfin un matériau durable de choix pour des applications exigeantes [1].

Les aciers inoxydables constituent une famille de matériaux aux propriétés uniques. Protégés par un film passif superficiel formé par réaction entre le chrome de l'acier et l'oxygène de l'air, les aciers inoxydables n'exigent aucune protection anticorrosion additionnelle dès lors que le type d'acier choisi est adapté à l'environnement considéré. Si la surface d'origine vient à être endommagée (rayures accidentelles ou érosion inhérente au traitement de finition), le film s'autorépare aussitôt en présence d'oxygène. Comme l'explique la présente publication, cette couche protectrice peut être modifiée par des processus chimiques donnant naissance à des couleurs, tout en gardant un aspect métallique. Elle peut également être durcie par électrolyse.



L'épaissement contrôlé de la couche passive produit des effets d'interférence lumineuse, qui sont perçus comme des couleurs.

2 Coloration électrochimique

On sait depuis longtemps que les surfaces en acier inoxydable peuvent être colorées par traitement dans un mélange d'acide chromique et d'acide sulfurique ou dans une solution alcaline contenant des agents oxydants. Ces procédés ont fait l'objet de nombreuses tentatives de commercialisation, mais le film coloré obtenu de la sorte s'est avéré trop fragile et poreux pour assurer une résistance adéquate à l'usure et à l'abrasion [2].

La percée des procédés de coloration par interférences lumineuses s'est produite en 1972, avec un procédé connu sous le nom d'INCO. Il consistait à déposer une couche d'oxyde de chrome par oxydation anodique.

Plusieurs procédés sous licence, variantes de ce dernier, ont été développés depuis lors. Ils impliquent l'immersion du matériau dans une solution sulfo-chromique à température modérée, suivie d'un traitement de durcissement (fixation) cathodique dans une autre solution acide. Le procédé ne consiste pas à appliquer une couche de matière supplémentaire qui contiendrait des pigments ou autres agents colorants – risquant d'altérer les propriétés de l'acier inoxydable. Il agit simplement sur la couche passive d'oxyde de chrome – qui donne à l'acier inoxydable sa résistance à la corrosion – en l'épaississant par réaction chimique. Cette couche, transparente, provoque l'interférence des ondes lumineuses et l'apparition des couleurs [3].

Les aciers inoxydables austénitiques sont particulièrement bien adaptés à ce procédé. Le temps d'immersion de l'acier dans la



solution acide détermine l'épaisseur du film superficiel, l'interférence lumineuse et donc l'effet intense de coloration, semblable à l'effet d'irisation à la surface d'une bulle de savon ou d'un film d'huile. La gamme des couleurs (bronze, or, rouge, violet, bleu et vert) correspond à une augmentation de l'épaisseur du film passif de $0,02 \mu\text{m}$ à $0,36 \mu\text{m}$. Les aciers inoxydables ferritiques ne permettent, quant à eux, qu'une coloration en gris foncé.

Des kiosques habillés d'acier inoxydable coloré agrémentent les sites touristiques clés de la ville de Vienne.

*L'or de l'acier inoxydable donne une touche de luxe à ce hall d'entrée.
Photo : Steel Color,
Pescarolo Ed Uniti (1)*



La couleur perçue change selon l'angle et l'éclairage.



La couche d'oxyde de chrome étant incolore, la coloration obtenue ne risque pas de « passer » sous l'effet du rayonnement ultraviolet. Du fait de l'absence de pigments, la fabrication peut intervenir après le traitement, sans risque de faïençage : lors du pliage, par exemple, le film inerte s'amincira au niveau du pli, faisant simplement perdre un peu de profondeur à la couleur [4]. La coloration pourra être appliquée de manière uniforme ou être délibérément modulée pour obtenir un effet arc-en-ciel. De légères variations de teinte étant inévitables, il est important, pour des surfaces de grandes dimensions, de réaliser des échantillons illustrant les variations extrêmes. On notera que l'angle sous lequel la surface est observée peut modifier la couleur perçue puisque celle-ci dépend de la manière dont la lumière est réfléchi au travers de la couche passive transparente. Pour la même raison, le cintrage ou le pliage des panneaux modifiera également la perception. Cette particularité devra être prise en considération

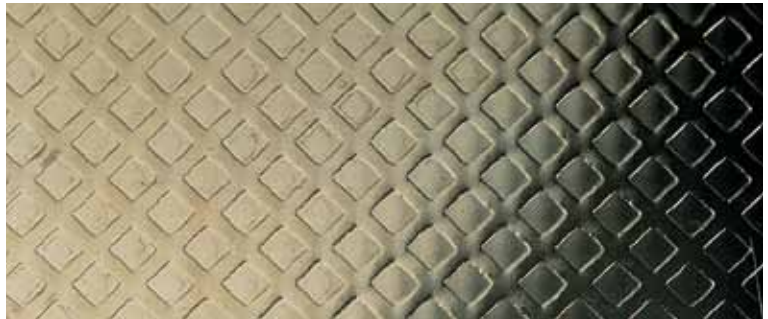
lors de la conception, la variation de teinte obtenue en cintrant des panneaux de grandes dimensions pouvant d'ailleurs être employée de manière délibérée à des fins esthétiques [1]. Si, au contraire, l'impression recherchée pour une surface courbe de grandes dimensions est celle d'une uniformité parfaite, il faudra alors la découper en plus petites surfaces.



Compte tenu de la transparence de la couche passive superficielle, la finition du substrat aura une incidence sur l'aspect final. Une finition terne, par exemple, entraînera une couleur sourde et mate, tandis qu'un poli miroir donnera une couleur plus éclatante. A la différence des surfaces peintes, la couleur ne passe pas avec le temps lorsqu'elle est exposée à la lumière du soleil. En contrepartie, si la surface est endommagée (rayures, procédé de fabrication ou corrosion), la réparation ne sera pas possible [4].



L'aspect coloré peut disparaître par abrasion. Le procédé ne devra donc pas être employé lorsque la surface risque d'être endommagée accidentellement ou délibérément, dans les espaces fortement fréquentés, par exemple, ou lorsque l'air est chargé en particules abrasives [2, 5]. La coloration superficielle sera également éliminée par un décapage chimique, l'électropolissage ou la photogravure.

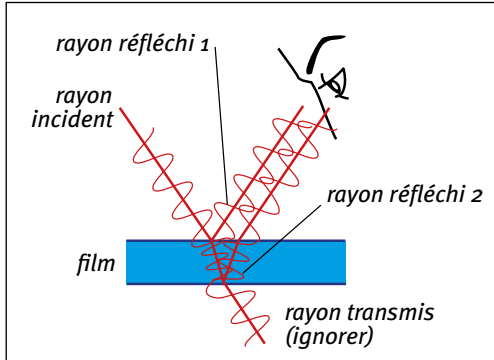


En raison de la destruction de la couche superficielle causée par la chaleur, le soudage et le brasage fort devront être évités ou limités aux parties masquées. Le brasage tendre pourra être pratiqué dans une certaine mesure et sous réserve d'utiliser des flux et des alliages d'apport spécifiques. Le collage, lui, est possible tant que les températures



de durcissement ne sont pas trop élevées. Vissage, rivetage et sertissage constituent quant à eux des modes d'assemblage adaptés, sans aucune restriction [3].

La coloration électrochimique ne modifie pas la surface d'origine ni son degré de réflexion.



Le principe de l'interférence lumineuse

Interférence des rayons 1 et 2

La longueur d'onde à l'intérieur du film est plus courte :

$$l' = l / n$$

n = indice de réfraction du film

Le rayon 1 subit un changement de phase de 180 degrés



Interférence lumineuse à la surface d'une bulle de savon



L'iridescence des plumes de paon est provoquée par la lumière réfléchi par une surface complexe constituée de microstructures périodiques.

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

2.1 Résistance à la corrosion

La résistance à la corrosion des surfaces colorées électrochimiquement dépend de la nuance d'acier inoxydable spécifiée. Le procédé renforçant la couche passive, l'acier coloré présentera une résistance initiale à la corrosion par piqûres supérieure à celle des surfaces nues. La recherche a cependant montré que cette légère amélioration est sans incidence significative sur les performances à long terme du produit [6]. Un type d'acier inoxydable susceptible de subir une corrosion dans un environnement donné, le sera également, même après coloration. A la différence des finitions sans coloration, pour lesquelles de légères taches de rouille peuvent généralement être retirées sans compromettre l'aspect, une corrosion, même légère, des surfaces colorées peut entraîner des altérations définitives de la couleur (sous forme de taches). L'élimination des produits de corrosion entraînera également l'élimination de la couleur. L'acier inoxydable que l'on veut colorer devra donc être choisi de manière à exclure toute corrosion dans l'environnement auquel il sera exposé [3]. On trouvera dans la littérature des recommandations quant au choix des aciers inoxydables appropriés pour les applications architecturales [7, 8].

Comme indiqué dans le Tableau 1, une exposition courte à modérée aux substances chimiques courantes intervenant dans la construction ou trouvées dans la nourriture ne modifiera pas l'aspect des aciers inoxydables colorés électrochimiquement.

Toute corrosion superficielle éliminant définitivement la couleur de la surface affectée, un grand soin devra être apporté au choix de la composition chimique de l'acier afin de garantir l'absence de corrosion.

Tableau 1 : Acier inoxydable EN 1.4301/304 coloré – Résistance à la corrosion sous l'action de diverses substances chimiques [2]

Substance	Conc. (%)	Temp. (°C)	Temps (h)	Couleur		
				Vert	Champagne	Noir
Laitance de ciment	-	50 100	50 10	∅ □	∅ □	∅ □
Carbonate de sodium	5	50 100	50 10	∅	∅	∅
Soude caustique	5	50 100	50 10	∅	∅	∅
Détergent (neutre)	5	50 100	50 10	∅	∅	∅
Acétone	100	RT*	200	∅	∅	∅
Diluant pour peinture	-	RT*	200	∅	∅	∅
Trichloréthylène	-	RT*	200	∅	∅	∅
Sauce de soja	-	100	10	∅	∅	∅

∅ Aucun changement de couleur □ Léger changement de couleur RT* Temp. ambiante



Les surfaces en acier inoxydable électrocolorées sont remarquablement résistantes aux UV.
Photo : Rimex Metals, Enfield (GB)

Au temple Reiyuuka Shakaden, au Japon, l'acier inoxydable coloré électrochimiquement a un comportement irréprochable depuis 1975 déjà.

Photo : Nickel Institute, Toronto (CA)



2.2 Vieillesse à la lumière et vieillissement climatique

Les procédés de coloration électrochimiques ne faisant intervenir aucun pigment ni agent colorant susceptible de se décolorer ou de « passer », la durabilité obtenue en termes d'exposition environnementale sera bonne. La couleur sera stable, même exposée à la lumière du soleil ou aux intempéries : on connaît des éléments de couver-

ture dont la couleur est restée inchangée, même au bout de 30 ans [1]. La surface colorée ne faïence pas et ne pèle pas. Elle résistera parfaitement au vieillissement [3].

2.3 Applications des inox électrocolorés

Les aciers inoxydables colorés électrochimiquement semblent changer de couleur selon les conditions d'éclairage et l'angle d'observation, en lumière artificielle comme en lumière naturelle. C'est là leur attrait particulier. Cela impose toutefois de s'assurer d'une bonne concordance entre tôles destinées à constituer un même ensemble. Les applications couvrent les habillages architectoniques extérieurs (façades, poteaux, couvertures etc.), les aménagements intérieurs – dans les espaces peu fréquentés –, la signalétique, l'agencement de magasins ainsi que la sculpture.



L'acier inoxydable coloré met en valeur la géométrie en 3D du bâtiment de la Banca S. Marino.

Photo : Steel Color, Pescarolo Ed Uniti (I)

Une fois rayé, l'acier inoxydable coloré ne peut être réparé. On le réservera donc de préférence aux applications pour lesquelles la probabilité de rayures et d'abrasion est relativement faible [9].

La façade du bâtiment de la société Brand Loyalty, à Eindhoven (NL), a été réalisée en employant la technique du joint de bout traditionnellement employée en couverture.
Photo : Rimex Metals, Enfield (GB)



3 Brunissage

Les surfaces en acier inoxydable peuvent être aisément noircies par immersion dans un bain de bichromate de sodium fondu. Cette pratique, qui est relativement simple à mettre en œuvre et à utiliser, est largement employée par l'industrie automobile – pour noircir des pièces en acier inoxydable telles que les essuie-glaces –, mais aussi par les fabricants de capteurs solaires thermiques.

Le procédé, applicable à tous types d'acier inoxydable, entraîne la formation d'un très mince film d'oxyde noir et lisse à la surface de l'acier. Le film est normalement mat mais peut être rendu brillant par l'application d'huiles ou de cires. Il n'est pas sujet au vieillissement et ne perd pas sa couleur en service. Il est ductile, ne s'écaille pas, ne se décolle pas et résiste à l'échauffement jusqu'à la température normale de corrosion sèche de l'acier inoxydable. Un acier inoxydable noirci (« bruni ») peut être modérément déformé sans dommage et le dépôt présente une bonne résistance à l'abrasion. Il peut néanmoins être éliminé par la corrosion ou une abrasion particulièrement intense.

L'immersion dans le bain de sels fondus à une température de l'ordre de 400 °C, pendant une durée qui varie de 5 à 30 minutes, est suivie d'un rinçage à l'eau. Cinq minutes suffisent pour un noircissage correct des panneaux solaires, tandis que les équipements automobiles ont besoin d'une demi-heure environ pour acquérir une couleur noire plus intense [16]. Le procédé a également été employé pour de petits composants architecturaux et des manches de



couverts pour lesquels on souhaite un noir résistant mieux aux rayures que ce qui peut être obtenu avec les procédés électrochimiques.



*Les absorbeurs des panneaux solaires pour la production d'eau chaude peuvent être réalisés en acier inoxydable noirci.
Photos : Energie Solaire, Sierre (CH)*



*L'acier inoxydable noirci est couramment employé pour les essuie-glaces et les pièces décoratives des motos.
Photo : Steel Color, Pescarolo Ed Uniti (I)*

4 Dépôt physique en phase vapeur (PVD)



Les revêtements PVD produisent des surfaces dures et résistantes aux rayures.

Les dépôts en phase vapeur (PVD) permettent une large palette de couleurs, ce qui en fait une option très prisée lorsqu'on recherche un effet esthétique pour des applications telles que la robinetterie, la quincaillerie de bâtiment, les cadres des portes vitrées ou des grands panneaux d'habillage. La technique est également largement employée pour des applications industrielles et grand public. Elle améliore considérablement la résistance à l'usure / au frottement, ainsi que la dureté. Elle fournit par ailleurs une couleur très régulière, uniforme et durable qui, à la différence du procédé électrochimique, ne change pas avec l'angle d'observation et résiste beaucoup mieux aux rayures.

Les techniques de dépôt physique en phase vapeur (PVD) désignent de manière générique une famille de procédés permettant de réaliser toutes sortes de dépôts de couches minces sur des surfaces telles que des tôles, des outils de coupe, de la boulonnerie, du verre, des wafers (semi-

conducteurs) et même des emballages de consommation courante. Le matériau du revêtement est vaporisé puis déposé sur le substrat. Plusieurs méthodes peuvent être employées pour évaporer le matériau – thermique, arcs cathodiques, faisceau laser ou plasma (pulvérisation cathodique). Les particules vaporisées traversent une chambre à vide remplie d'un gaz inerte, typiquement de l'argon, pour être déposées sur le substrat. Le terme PVD a été employé pour la première fois en 1966, mais Faraday avait utilisé le procédé pour déposer des revêtements dès 1838.

La Figure 1 montre un schéma du procédé de pulvérisation cathodique. Sous sa forme la plus simple, il est appliqué dans un gaz inerte (gaz rare) à basse pression (0,1-10 Pa). La pulvérisation commence avec la production d'une décharge électrique et l'ionisation de l'argon. La décharge à basse pression est connue sous le nom de décharge luminescente et le gaz ionisé est appelé plasma.

Les ions argon viennent bombarder la cible solide, qui constitue la source du matériau de revêtement – à ne pas confondre avec le substrat, qui est la pièce à revêtir. Le matériau du revêtement est délogé de la cible sous l'effet du transfert de quantité de mouvement. La pulvérisation cathodique constitue la meilleure technique pour le dépôt de couches minces : celui-ci peut être réalisé de façon contrôlée, l'adhérence est bonne et la qualité, la structure et l'homogénéité des revêtements sont excellentes [10].

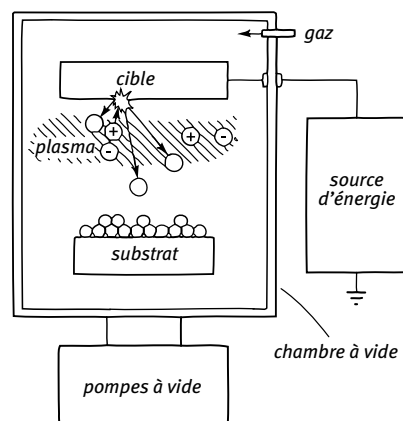


Figure 1 : Schéma du procédé de pulvérisation cathodique

La pulvérisation cathodique permet notamment d'obtenir les couleurs or, champagne, bronze, bleu, noir et bordeaux. Le revêtement étant très mince (typiquement $0,3 \mu\text{m}$), la texture de la finition sous-jacente reste visible. Il n'est d'ailleurs pas inhabituel de réaliser des motifs, par gravure à l'acide, gravure mécanique ou polissage, avant de réaliser le revêtement. Si le procédé a été employé pour des pièces fort sollicitées telles que les poignées de portes, il est important de noter qu'une agressivité excessive risque toutefois d'endommager le revêtement, et que ces dommages ne sont pas réparables [1].



Les revêtements PVD ont l'avantage que la structure du dépôt, si celui-ci est suffisamment épais, est globalement non poreuse et dense. La pénétration de l'humidité et des gaz jusqu'au substrat est donc considérablement réduite, voire éliminée [10]. Cependant, si l'acier inoxydable doit être plié ou formé en cours de fabrication, il est important que le produit fasse l'objet d'un essai de pliage à la réception du matériau.

Un pliage à faible rayon d'un petit morceau de métal suffit à déterminer si l'adhérence superficielle est suffisante. Un problème au niveau du traitement se traduira par un écaillage du revêtement au cours du pliage ou d'un choc. Ceci ne devrait normalement pas être le cas avec un fournisseur de qualité.

Si le soudage est nécessaire, il devra être réalisé avant l'application du revêtement [1].

Les tôles décoratives revêtues par PVD sont souvent employées pour l'habillage des ascenseurs ou des poteaux dans des zones de passage [11].



*Le dépôt en phase vapeur permet d'obtenir des revêtements de nature céramique et exceptionnellement résistants à l'usure.
Photo : Inox-Color, Walldürn (D)*

Les revêtements PVD sont disponibles dans une grande variété de coloris.

Photos : Hans Hollein Atelier, Vienne (A)



5 Prélaquage en continu

Le prélaquage en continu est un procédé intégré bien établi utilisé pour la coloration des bobines d'acier inoxydable. Il est habituellement appliqué par le producteur d'acier ou par des entreprises spécialisées. Il fournit une gamme étendue de couleurs et permet également d'appliquer des vernis (revêtements anti-empreintes). Le substrat peut être austénitique ou ferritique et les revêtements peuvent être optimisés pour répondre à des besoins et à des exigences spécifiques.

Avant le prélaquage, l'acier inoxydable subit un nettoyage chimique puis un rinçage. Sur la ligne de prélaquage en continu, on applique alors un primaire, dont la cuisson est effectuée dans un four à convection, avant l'application de la couche de finition. Les revêtements de finition disponibles diffèrent selon les applications et la nature de la sollicitation. L'inox prélaqué peut être employé avec succès dans des environnements particulièrement exigeants tels que les tunnels routiers très fréquentés, souvent mal venti-



Une finition rouge séduisante pour l'acier inoxydable de la station de métro Piazzale Carlo Maciachini à Milan. Photo : Centro Inox, Milan (I)

lés et caractérisés par une humidité élevée et une forte concentration en gaz polluants émis par les véhicules.

Les peintures appliquées n'augmentent pas la résistance à la corrosion du métal de base. La résistance à la corrosion intrinsèque de l'acier inoxydable est néanmoins exploitée, en particulier sur la face arrière non revêtue, en cas de rayures et de dommages à la peinture, ainsi que sur les chants. Contrairement aux matériaux traditionnels (acier galvanisé peint, par exemple), les inox prélaqués ne sont pas sujets au cloquage ni à l'écaillage au niveau des arêtes de coupe [12]. La peinture est appliquée non pour la protection anticorrosion, mais pour des raisons esthétiques ou pour ses propriétés anti-éblouissement ou anti-empreintes.



Les revêtements peuvent être transparents ou opaques.

Photo : Replasa, Astrain, Navarre (E)



*L'acier inoxydable prélaqué est employé en revêtement anticorrosion de tunnels, où il sert à éviter les phénomènes d'éblouissement.
Photo : ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni, Terni (I)*

L'acier inoxydable prélaqué ne se prête généralement pas au soudage, mais il peut parfaitement être collé [13]. Le soudage est possible lorsque les chants des tôles ne sont pas revêtus, la méthode étant alors semblable à celle utilisée pour l'acier inoxydable nu. Sinon, on appliquera quelques règles simples [12] :

- Le soudage laser et le soudage plasma pourront être réalisés sans préparation particulière des chants.
- Pour le soudage par résistance (par points), on recommandera le décapage mécanique de la peinture autour de la zone à souder.

Les revêtements sont disponibles dans une large palette de couleurs et sont employés dans des applications telles que les appareils ménagers, le mobilier, les panneaux architecturaux, les panneaux décoratifs, les chambres froides, la climatisation, les portes métalliques et l'éclairage [14, 15]. Du fait du contrôle très strict des paramètres du procédé, intégré au flux de production industrielle, il est possible d'assortir les couleurs avec une grande précision. Généralement, les fournisseurs ont les couleurs les plus populaires en stock, mais toutes les couleurs ou presque sont disponibles, sous réserve d'une commande en quantité suffisante.

*L'acier inoxydable prélaqué peut être plié – par exemple pour réaliser des éléments de façade.
Photo : Centro Inox, Milan (I)*



6 Peinture



Ce pont en acier inoxydable a été peint en noir pour mieux s'intégrer dans ce quartier historique de Venise.

Photos : IMOA, Londres (GB)

L'acier inoxydable est peint pour des raisons semblables à celles qui conduisent à peindre d'autres métaux, à la différence que dans le cas de l'inox, les raisons esthétiques l'emportent sur la protection anticorrosion. Lorsqu'on envisage de peindre de nouveaux objets, il convient de garder à l'esprit que le substrat en acier inoxydable est beaucoup plus durable que le revêtement. Les concepteurs doivent par conséquent s'intéresser à ce qui se produira lorsque la couche de peinture aura vieilli. Dans certains cas, on repeindra, dans d'autres, le client préférera éliminer la peinture restante et revenir à un acier inoxydable nu.

La cause majeure des problèmes de peinture est la perte d'adhérence, entraînant un décollage inesthétique, voire la corrosion. Elle s'explique par une préparation incorrecte de la surface, avec un nettoyage et un traitement inadaptés. Avant tout travail de peinture, on s'assurera par conséquent que la surface est exempte de sels, polluants, huiles, salissures, rouille, produits de corrosion et autres. Par ailleurs, la couche passive à la surface de l'acier inoxydable pouvant inhiber l'adhérence, il convient de la supprimer juste avant la mise en peinture. La surface devra également être suffisamment rugueuse pour permettre une bonne adhérence. L'acier inoxydable a une surface dure et lisse, en particulier quand il est laminé à froid ou a reçu une finition brillante. Lorsqu'un dépolissage de la surface

La couleur rend les mains-courantes en acier inoxydable plus faciles à détecter par les personnes déficientes visuelles.

Photo : Rimex Metals, Enfield (GB)



s'avèrera nécessaire, on aura recours au décapage chimique, au grenailage ou au brossage (avec une brosse métallique). On appliquera sans tarder – avant que le film passif ait eu le temps de se reformer – un primaire adapté (peinture primaire réactive – PPR), puis le système de peinture retenu.

Le grenailage, qui peut se faire à l'aide de différents types de microbilles, augmente la rugosité superficielle et s'applique de préférence aux produits relativement épais, tels que les composants structurels et les plaques, qui ne se déformeront pas sous l'impact. Il est effectué idéalement avec des abrasifs propres, durs, non ferreux, de dimensions relativement faibles, entraînés par un jet d'air entièrement exempt d'huile s'il provient d'un compresseur. On utilise quelquefois aussi des microbilles de verre. La déformation des matériaux de faible épaisseur pourra être évitée en s'appuyant

sur un support mais on réservera cela aux entreprises expérimentées.

Les producteurs de peintures sont les mieux qualifiés pour proposer des produits et des procédés, pour le primaire comme pour les couches de finition. Une peinture primaire réactive adaptée aux aciers inoxydables peut servir à éliminer la couche passive sur une finition qui est déjà suffisamment rugueuse. Les finitions brutes de laminage à chaud, les finitions 2B et 2D et les finitions rugueuses telles que 2G ou 2J ont été peintes avec succès. La couche passive doit néanmoins aussi être éliminée et la propreté reste un élément essentiel. Peindre dans une atmosphère propre et dépoussiérée relève par conséquent des bonnes pratiques. Il est recommandé, par ailleurs, d'appliquer des couches de faible épaisseur et de prévoir un temps de séchage suffisant entre les différentes couches [16].

La peinture est souvent la bienvenue pour améliorer la visibilité.

Photos : Centro Inox, Milan (I)



7 Galvanoplastie

Principalement utilisés en couverture et pour l'évacuation des eaux pluviales, les couches métalliques ont également été employées pour les panneaux de façade [17].

Exposés, les aciers inoxydables étamés prennent avec le temps une couleur grise moyenne à foncée, mais ils peuvent également être achetés pré-patinés. Ils peuvent être endommagés (rayures, abrasion) mais ceci n'affectera pas la résistance à la corrosion du substrat. La couleur finale dépendra des conditions atmosphériques. Contrairement aux revêtements sur acier au carbone, on notera que les couches métalliques sur

les aciers inoxydables ne sont pas appliqués pour améliorer la résistance à la corrosion.

Un dépôt d'étain améliore en fait considérablement l'aptitude à la mise en peinture. La durabilité de l'acier inoxydable peut être exigée pour les produits de couverture et d'évacuation des eaux pluviales, mais l'aspect habituel de l'inox peut ne pas convenir à l'environnement architectural – bâtiment classé, par exemple. Dans ce cas, il est possible de peindre l'acier inoxydable étamé, sans préparation de surface préalable, en utilisant les primaires et les peintures recommandés par le fabricant [17, 18]. Il est plus facile de peindre in situ un acier inoxydable étamé qu'un acier inoxydable nu : on s'affranchit en effet de la nécessité d'éliminer le film passif.

L'acier inoxydable étamé est employé avec succès depuis des décennies en couverture et pour l'évacuation des eaux pluviales.

Photo : Aperam, Luxembourg (L)

La galvanoplastie s'emploie également lorsqu'il s'agit de revêtir l'acier inoxydable d'une mince couche de cuivre.

Photo : Roofinox, Schaan (FL)



8 Nettoyage des aciers inoxydables colorés

Si le substrat possède la robustesse intrinsèque de l'acier inoxydable, le système de coloration est toujours plus sensible et les techniques abrasives utilisées parfois pour nettoyer l'acier inoxydable nu ne sont plus appropriées lorsque celui-ci est coloré.

Concernant l'entretien et le nettoyage de l'acier inoxydable prélaqué ou peint, on ne pourra faire que des remarques d'ordre général ; pour des conseils plus spécifiques, on s'adressera aux fournisseurs de systèmes de peinture ou à des entreprises de nettoyage compétentes, ayant l'expérience du nettoyage des surfaces électrocolorées. Certains producteurs recommandent l'emploi d'une solution détergente et dégraissante douce comme on en utilise pour le lavage des voitures. Les fabricants de peintures proposent souvent leurs propres produits de nettoyage, adaptés à leurs systèmes de peinture.

Lors du nettoyage de surfaces colorées autrement que par peinture ou prélaquage, on devra veiller très soigneusement à ne pas endommager les surfaces. La « réparation » signifie en effet alors le remplacement du panneau endommagé [19].

8.1 Nettoyage initial

On admet que la surface aura fait l'objet d'une protection adéquate pendant la livraison, le stockage sur site et la mise en œuvre.

Pour protéger les surfaces colorées, il est courant d'appliquer un film plastique adhésif pelable. Il est alors essentiel de ne pas dépasser la durée maximale recommandée avant le pelage, faute de quoi l'adhésif



Aucune trace de corrosion n'est apparue au nettoyage des piédroits du tunnel, en dépit des conditions de service très défavorables.

Photo : Centro Inox, Milan (I)

risque de rester collé sur l'inox. Dans ce cas, il faudra, pour l'éliminer, demander l'avis à la fois du fournisseur du film pelable et du fournisseur de l'acier inoxydable ou d'une entreprise de nettoyage spécialisée [19]. Les colles aqueuses peuvent généralement être retirées sans endommager les surfaces colorées mais certains adhésifs nécessitent l'emploi de solvants qui risquent au contraire d'attaquer la peinture.

8.2 Nettoyage courant

On adoptera le protocole proposé pour le nettoyage courant de l'inox nu, en veillant avec attention à ne pas endommager la surface. Ceci est particulièrement important lorsque l'acier inoxydable coloré est très sale. Le nettoyage au jet d'eau à haute pression, par exemple, risque de l'endommager. Il est préférable de laver au jet d'eau à basse pression, avec un détergent. Si les salissures demeurent, le fait de frotter doucement avec un chiffon doux ou une brosse synthétique douce permettra généralement de décoller les dépôts. De façon générale, on recommande de demander l'appui du producteur de l'acier ou d'une entreprise de nettoyage spécialisée [19].

8.3 Vandalisme, accidents et nettoyage de réfection

Quel que soit le procédé retenu pour colorer les aciers inoxydables, il existe des techniques pour enlever les marques de peinture et d'encre. On laissera toutefois le nettoyage des graffitis à des entreprises spécialisées, au risque, sinon, d'endommager la surface de manière irrévocable.

Les rayures des graffitis sur l'acier inoxydable peint ont le même effet visuel que sur l'acier au carbone peint, avec l'avantage que la rayure ne s'accroît pas sous l'effet de la corrosion. La possibilité de peindre la partie rayée et de réparer ainsi la surface dépendra de la possibilité de retrouver la couleur et du type de système de peinture considéré. Lorsque l'acier inoxydable est coloré électrochimiquement, la seule réparation possible consiste à remplacer le panneau endommagé.

Les taches de mortier et de ciment doivent être éliminées aussitôt par lavage, l'alcalinité étant susceptible de tacher la surface colorée. Si les taches ne sont pas repérées aussitôt,

une grande partie du matériau durci se détachera vraisemblablement du support, suffisamment lisse, et le reste pourra être enlevé en lavant au jet à basse pression et avec une brosse souple, en veillant à ne pas éroder la surface. Une fois le mortier ou le ciment enlevés, les panneaux devront être examinés pour repérer la présence éventuelle de taches liées à l'alcalinité du dépôt. Si les panneaux sont tachés, ils devront probablement être remplacés. Pour l'acier inoxydable peint, on pourra envisager de décaper et de repeindre la partie affectée.

Il est évidemment important d'éviter de rayer les surfaces colorées, quelles qu'elles soient. L'usage des brosses métalliques et des produits abrasifs doit par conséquent être proscrit. On retirera aussi de préférence les particules de fer avant qu'elles ne commencent à rouiller, en essuyant légèrement la surface avec un chiffon doux.

Un nettoyage de réfection à grande échelle devrait être confié à une entreprise de nettoyage spécialisée et compétente [19], avec les conseils de l'entreprise ayant réalisé le traitement de surface.

Normalement, les produits de nettoyage sans danger pour l'acier inoxydable nu peuvent également être appliqués sur l'acier inoxydable coloré électrochimiquement.



9 Spécification des produits en acier inoxydable colorés

Le Tableau 6 de l'EN 10088-2 [20] emploie la désignation 2L (finition spéciale) pour les produits plats colorés, ce qui limite le produit de départ aux produits laminés à froid. Une seule face doit satisfaire aux spécifications en matière de couleur et de qualité de surface. La norme ne stipule pas de couleurs spécifiques, qui sont à convenir entre le prescripteur et le fournisseur.

La pratique usuelle veut que les entreprises fournissant des tôles avec un traitement de surface produisent des échantillons maniables pour faciliter le choix d'une finition de surface [9]. Des échantillons de grande nature, illustrant la palette typique des teintes obtenues, pourront être fournis ultérieurement ; ils devront être observés dans toutes les conditions d'éclairage attendues. Ils pourront servir de référence visuelle pour le projet, après accord entre le prescripteur et le fournisseur.



Il convient d'observer les échantillons dans les conditions d'éclairage réelles régnant sur le site.

Photo : Inox-Color, Waldürn (D)



10 Bibliographie

- [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., *Guide des Finitions de Surface pour Acier Inoxydable*, Euro Inox, Série Bâtiment, Vol. 1, 2002, http://www.euro-inox.org/pdf/build/Finishes02_FR.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
- [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
- [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
- [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 *Aciers inoxydables – Partie 2 : Conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général*

ISBN 978-2-87997-363-0