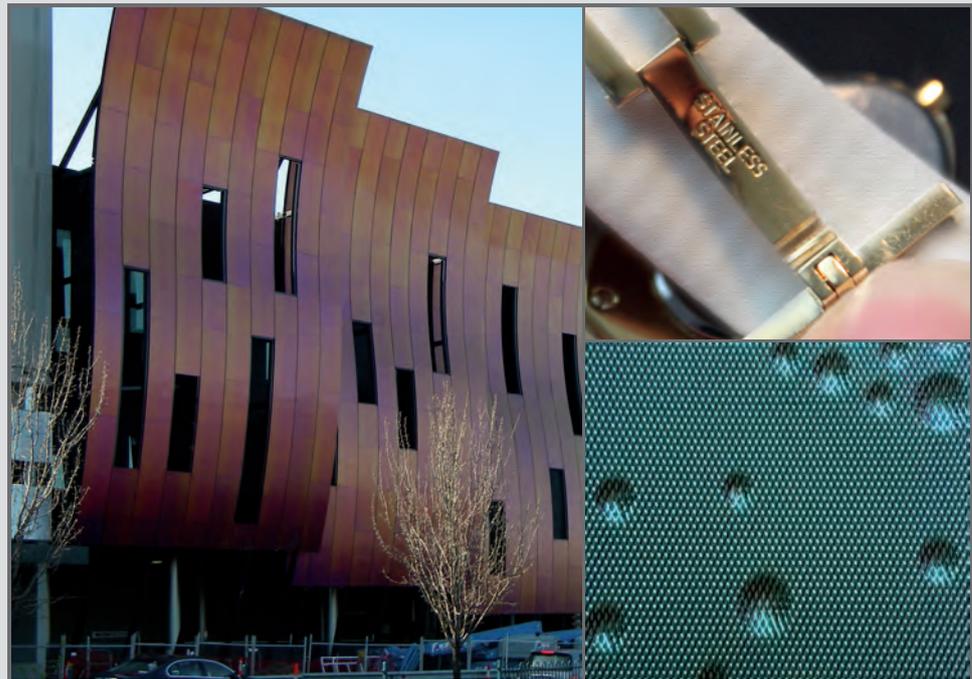




Merkblatt 976

Farbiger nichtrostender Stahl



euroinox
The European
Stainless Steel
Development Association



Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

Euro Inox

Euro Inox ist die europäische Marktförderungsorganisation für nichtrostende Stähle (auch als Edelstahl Rostfrei oder Inox-Stähle bezeichnet).

Die Mitglieder von Euro Inox umfassen

- europäische Produzenten nichtrostender Stähle,
- nationale Marktförderungsorganisationen für nichtrostende Stähle sowie
- Marktförderungsorganisationen der Legierungsmittelindustrie.

Ziel von Euro Inox ist es, bestehende Anwendungen für nichtrostende Stähle zu fördern und neue Anwendungen anzuregen. Planern und Anwendern sollen praxisnahe Informationen über die Eigenschaften der nichtrostenden Stähle und ihre sachgerechte Verarbeitung zugänglich gemacht werden. Zu diesem Zweck

- gibt Euro Inox Publikationen in gedruckter und elektronischer Form heraus,
- veranstaltet Tagungen und Seminare und
- initiiert oder unterstützt Vorhaben in den Bereichen anwendungstechnische Forschung sowie Marktforschung.

ISBN 978-2-87997-364-7

978-2-87997-359-3	Englische Fassung
978-2-87997-360-9	Tschechische Fassung
978-2-87997-361-6	Niederländische Fassung
978-2-87997-362-3	Finnische Fassung
978-2-87997-363-0	Französische Fassung
978-2-87997-365-4	Italienische Fassung
978-2-87997-366-1	Polnische Fassung
978-2-87997-367-8	Spanische Fassung
978-2-87997-368-5	Schwedische Fassung
978-2-87997-369-2	Türkische Fassung

Vollmitglieder:

Acerinox
www.acerinox.com

Aperam
www.aperam.com

Outokumpu
www.outokumpu.com

ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni
www.acciaiterni.it

ThyssenKrupp Nirosta
www.nirosta.de

Assoziierte Mitglieder:

Acroni
www.acroni.si

British Stainless Steel Association (BSSA)
www.bssa.org.uk

Cedinox
www.cedinox.es

Centro Inox
www.centroinox.it

ConstruirAcier
www.construiracier.fr

Industeel
www.industeel.info

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei
www.edelstahl-rostfrei.de

International Chromium Development Association (ICDA)
www.icdacr.com

International Molybdenum Association (IMOA)
www.imoa.info

Nickel Institute
www.nickelinstitute.org

Stowarzyszenie Stal Nierdzewna
www.stalenierdzewne.pl

Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)
www.puds.pl

SWISS INOX
www.swissinox.ch

Impressum

Farbiger nichtrostender Stahl
 Erste Auflage 2011
 (Reihe Werkstoff und Anwendungen, Band 16)
 © Euro Inox 2011

Herausgeber

Euro Inox
 Diamant Building
 Bd. Aug. Reyers 80
 1030 Brüssel, Belgien
 Tel. +32 2 706 82 67
 Fax: +32 2 706 82 69
 E-Mail: info@euro-inox.org
 Internet: www.euro-inox.org

Autor

Alenka Kosmač, Brüssel (B)
 Euro Inox dankt Catherine Houska, TMR, Pittsburgh,
 PA (USA), für ihre Hinweise zum Manuskript.

Titelfotos

Fremdfotos: Steel Color, Pescarolo Ed Uniti (I), links;
 Inox-Color, Walldürn (D), rechts

Haftungsausschluss

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen vermitteln Orientierungshilfen. Gewährleistungs- und Schadenersatzansprüche gegenüber Euro Inox, dessen Mitgliedern, Mitarbeitern und Beratern sowie anderen Projektbeteiligten können hieraus nicht abgeleitet werden.

Inhalt

1	Einleitung	2
2	Elektrochemisches Färben	3
2.1	Korrosionsbeständigkeit	6
2.2	Alterung durch Licht- und Witterungseinflüsse	8
2.3	Anwendungen für elektrolytisch gefärbte Edelstähle	8
3	Schwärzen	9
4	PVD (Sputtering)	10
5	Bandbeschichten	12
6	Anstreichen und Lackieren	14
7	Metallische Überzüge	16
8	Reinigung	17
8.1	Übergabereinigung	17
8.2	Unterhaltsreinigung	17
8.3	Wiederherstellungsreinigung und Reparatur	18
9	Ausschreibung	19
10	Literatur	20

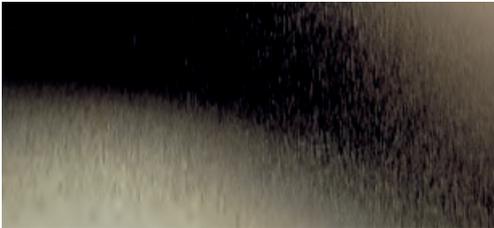
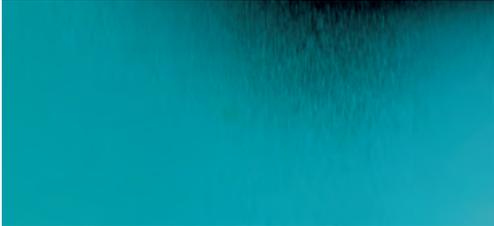
Urheberrechtlicher Hinweis

Vervielfältigungen jedweder Art sind, auch auszugsweise, sind nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Herausgebers gestattet.

1 Einleitung

Die Entscheidung für nichtrostenden Stahl bedeutet keineswegs eine Festlegung auf silbrig-graue Oberflächen; vielmehr gibt es eine Reihe von Möglichkeiten, nichtrostenden Stahl durchscheinend oder deckend zu färben. Dabei kann die ursprüngliche Oberflächenstruktur erhalten bleiben und zum optischen Gesamteindruck beitragen. Die für den Grundwerkstoff charakteristische Korrosionsbeständigkeit macht farbigen nichtrostenden Stahl zu einer vorteilhaften Lösung für eine Reihe anspruchsvoller Anwendungen [1].

Die nichtrostenden Stähle bilden eine Werkstoff-Familie mit einem einzigartigen Eigenschaftsprofil. Geschützt durch eine Passivschicht, die sich durch chemische Reaktion des im Stahl enthaltenen Chroms mit Sauerstoff aus der Atmosphäre bildet, erfordert nichtrostender Stahl keine zusätzlichen Beschichtungen oder Überzüge. Voraussetzung für seine Korrosionsbeständigkeit ist, dass eine der Korrosionsbeanspruchung entsprechende Sorte zur Anwendung kommt. Wird die Passivschicht durch Beschädigung oder Bearbeitung abgetragen, bildet sie sich in Gegenwart von Sauerstoff spontan neu. Wie in der vorliegenden Broschüre dargestellt, lässt sich die natürlich Passivschicht durch geeignete chemische Verfahren so verändern, dass Farbeffekte entstehen. Durch einen weiteren Verfahrensschritt lässt sich die Oberfläche zusätzlich härten.



Der gezielte Aufbau der Passivschicht bis hin zu definierten Dicken erzeugt Lichtinterferenzen, welche die behandelten Oberflächen farbig erscheinen lassen.

2 Elektrochemisches Färben

Bereits seit langem ist bekannt, dass sich nichtrostender Stahl in einer heißen, Chrom- und Schwefelsäure enthaltenden Lösung oder in einer heißen alkalischen Lösung mit Oxidationsmitteln färben lässt. Der kommerziellen Nutzung des Verfahrens gingen viele Versuche voraus, denn zunächst erwiesen sich die erzielten Schichten als zu weich und porös und waren nicht ausreichend verschleißbeständig [2].

Der Durchbruch gelang schließlich 1972 mit dem als Inco-Prozess bekannten Verfahren, das auf der gesamtstromlosen Abscheidung von Chromoxid beruht.

Seither wurden verschiedene herstellereigenspezifische Verfahrensvarianten für das Färben nichtrostender Stähle entwickelt. Bei ihnen wird der Werkstoff in eine heiße Chromschwefelsäure-Lösung eingetaucht. Ein kathodischer Härtingsprozess in einem weiteren Säurebad schließt die Behandlung ab. Dabei werden keine zusätzlichen pigmentierten oder anderweitig färbenden Schichten aufgetragen, welche die Oberflächeneigenschaften des nichtrostenden Stahls nachteilig beeinflussen könnten. Vielmehr baut das Verfahren die natürliche chromoxidhaltige Passivschicht, die dem nichtrostenden Stahl seine Korrosionsbeständigkeit verleiht, auf chemischem Wege zu größerer Dicke auf. Die Farbwirkung entsteht durch Interferenz des Lichtes in der Passivschicht [3].

Für das elektrochemische, auf Interferenz beruhende Färben sind austenitische nichtrostende Stähle besonders geeignet. Die Dauer der Säurebehandlung entscheidet darüber, wie groß die Dickenzunahme der Passivschicht ist. Sie bestimmt damit auch, welche Frequenzanteile des Lichtes durch

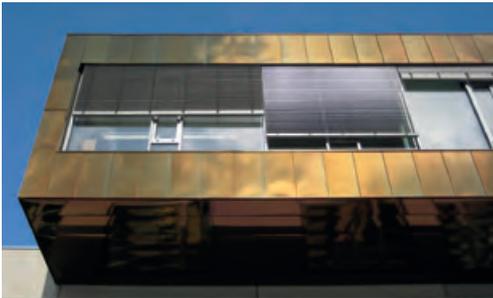


Verkaufsstände, die mit elektrolytisch gefärbtem Edelstahlblech bekleidet sind, finden sich im Zentrum von Wien.

die oben beschriebene Interferenz verstärkt bzw. ausgelöscht werden, d.h. welcher Farbeindruck entsteht. Es handelt sich um denselben Effekt, der auch bei dünnen Ölfilmen oder bei Seifenblasen Regenbogenfarben entstehen lässt. In dem Maße, in dem sich die Schichtdicke im Bereich zwischen $0,02 \mu\text{m}$ und $0,36 \mu\text{m}$ aufbaut, durchlaufen die entstehenden Farben eine Skala von Bronze über Gold, Rot, Purpur, Blau bis hin zu Grün. Ferritische nichtrostende Stähle lassen sich anthrazitgrau färben.

*Goldfarbiger nichtrostender Stahl verleiht Eingangsbereichen eine luxuriöse Anmutung.
Foto: Steel Color,
Pescarolo Ed Uniti (1)*

Die Farbwirkung hängt von den Beleuchtungsverhältnissen sowie vom Blickwinkel ab.



Da die Chromoxidschicht selbst vollständig farblos ist, bleicht sie auch unter dem Einfluss von ultravioletter Strahlung nicht aus. Weil es sich nicht um eine nachträglich aufgebrachte Decklage handelt, lassen sich auch Umformungen durchführen, ohne dass die Schicht reißt. Beim Abkanten zum Beispiel wird sie allenfalls gestreckt, so dass die Farbtiefe lokal leicht zurückgeht [4].

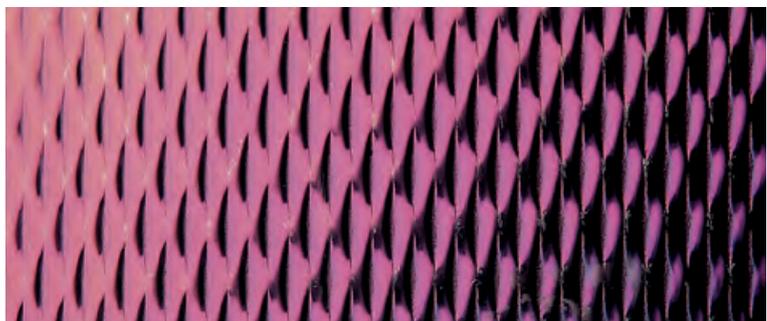
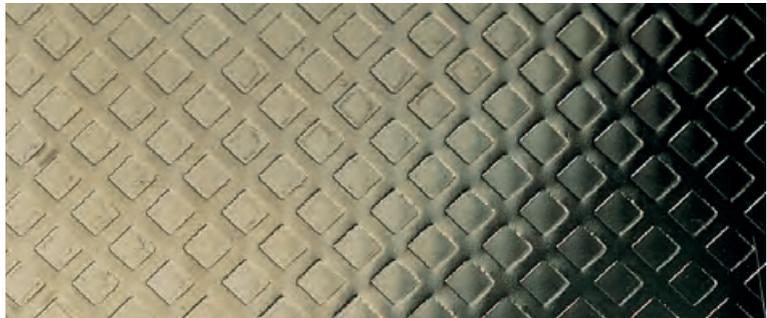
Die Färbung kann gleichmäßig erfolgen, jedoch auch mit bewusst eingebrachten Variationen, so dass Regenbogeneffekte erzielt werden. Da auf großen Flächen leichte Farbabweichungen nicht auszuschließen sind, sollte stets anhand von Mustern festgelegt werden, wie groß die Variationsbandbreite sein darf. Da die Farbe vom Weg abhängt, den das Licht durch die transparente Passivschicht durchläuft, kann sich bei wechselndem Betrachtungswinkel auch die Farbwirkung verändern. Aus diesem Grund changieren gebogene oder anderweitig umgeformte Bereiche häufig. Dieser Effekt ist bei der Planung zu

berücksichtigen. Er kann auch bewusst als Gestaltungselement eingesetzt werden [1].

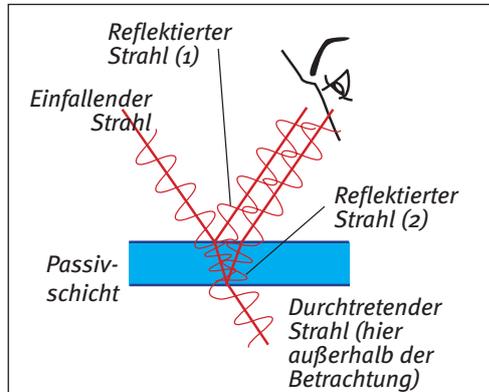
Wenn über große Flächen ein Höchstmaß an Gleichmäßigkeit erzielt werden soll, empfiehlt sich eine Segmentierung in kleinere Elemente, die mit größerer Ergebniskonstanz gefärbt werden können.

Da die Passivschicht transparent ist, hat die Oberfläche des Grundwerkstoffs einen maßgeblichen Einfluss auf das Resultat. Eine matte Ausgangsoberfläche führt auch zu einer matten, gedämpften Farbwirkung, während spiegelpolierter Edelstahl brillante, leuchtende Farben ergibt. Im Unterschied zu Lackschichten ist die Farbe gegen intensive Sonnenstrahlung dauerhaft beständig und bleicht nicht aus. Allerdings sind Beschädigungen, die auf Bearbeitung, Vandalismus oder Korrosion zurückgehen, nicht zu beheben [4].

Die Schicht kann durch reibende Beanspruchung abgetragen werden. Elektrochemisch gefärbter nichtrostender Stahl sollte also nicht an Standorten zum Einsatz kommen, die besonders beschädigungsanfällig sind oder Sandstürmen ausgesetzt sind [2, 5]. Beizen, Ätzen und Elektropolieren zerstören die Farbe. Elektrochemisch gefärbte Stähle lassen sich nicht schweißen, ohne die Farbschicht zu zerstören. Da Wärmeinfluss die Schicht verändern kann, sollten Schweiß- und Lötstellen konstruktiv vermieden oder in nicht sichtbare Bereiche gelegt werden. Gefärbte nichtrostende Stähle lassen sich in gewissem Umfang löten, sofern spezielle Flussmittel eingesetzt werden. Klebeverbindungen sind unkritisch, sofern sie nicht hohe Aushärtungstemperaturen erfordern. Schraub-, Niet- und Klemmverbindungen sind uneingeschränkt geeignet [3].



Die Struktur der Ausgangsoberfläche und ihr Glanzgrad bleiben beim elektrochemischen Färben unverändert.



Das Prinzip der Interferenz

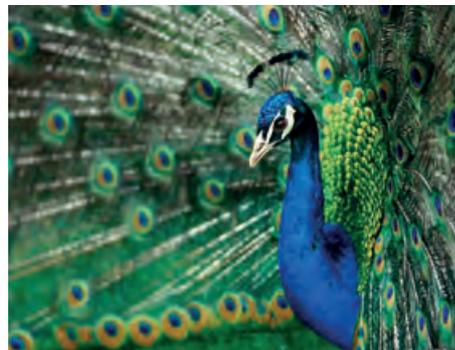
die Strahlen 1 und 2 überlagern sich

Die Wellenlänge l nimmt innerhalb der Passivschicht nach der Formel $l' = l / n$ ab, wobei n den Brechungsindex der Passivschicht bezeichnet.

Strahl 1 wird um 180° phasenverschoben



Lichtinterferenz bei einer Seifenblase



Die irisierenden Farben von Pfauenfedern gehen auf die Reflexionswirkung komplex zusammengesetzter Oberflächen zurück.

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

2.1 Korrosionsbeständigkeit

Die Korrosionsbeständigkeit von gefärbtem nichtrostendem Stahl hängt von der Auswahl der Stahlsorte ab. Der elektrochemische Färbeprozess baut zwar die Passivschicht auf und verbessert dadurch die anfängliche Lochkorrosionsbeständigkeit im Vergleich zu dem ungefärbten Grundwerkstoff geringfügig; allerdings ergeben Langzeituntersuchungen, dass die Korrosionsbeständigkeit auf Dauer hierdurch nicht maßgeblich beeinflusst wird [6]. Entspricht der unbehandelte Werkstoff nicht den Korrosionsbeanspruchungen, gilt das auch für den gefärbten. Während sich leichte Korrosionserscheinungen von ungefärbtem nichtrostendem Stahl häufig ohne Beeinträchtigung der Oberfläche entfernen lassen, gehen bei gefärbtem bereits leichte Korrosionsschäden mit einer dauerhaften Farbveränderung einher. Mit den Korrosionsspuren wird auch die Farbe entfernt. Deshalb sollte nichtrostender Stahl, der gefärbt werden soll, hinsichtlich seiner Korrosionsbeständigkeit stets auf der sicheren Seite liegen [3]. Die für bauliche Anwendungen geltenden Auswahlkriterien sind in der Literatur dokumentiert [7, 8].

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, verändert nach den vorliegenden Erfahrungen kurzzeitiger, vorübergehender Kontakt mit bestimmten Nahrungsmitteln oder am Bau vorkommenden Chemikalien gefärbte Edelstahloberflächen nicht.

Korrosionserscheinungen an der Oberfläche beeinträchtigen die Farbe im betroffenen Bereich irreversibel. Daher muss stets eine Legierung ausgewählt werden, die unter den jeweiligen Bedingungen dauerhafte Korrosionsbeständigkeit erwarten lässt.

Tabelle 1: Chemische Beständigkeit des Stahls EN 1.4301 (AISI 304) gegenüber verschiedenen chemischen Substanzen

Substanz	Konz. (%)	Temp. (°C)	Dauer (h)	Farbe		
				grün	bernsteinfarben	schwarz
Zementwasser	-	50 100	50 10	∅ □	∅ □	∅ □
Natriumkarbonat	5	50 100	50 10	∅	∅	∅
Ätznatron	5	50 100	50 10	∅	∅	∅
Neutralreiniger	5	50 100	50 10	∅	∅	∅
Azeton	100	RT	200	∅	∅	∅
Lackverdünner	-	RT	200	∅	∅	∅
Trichloräthylen	-	RT	200	∅	∅	∅
Soyasauce	-	100	10	∅	∅	∅

∅ Keine Farbveränderung □ Leichte Farbveränderung



*Elektrolytische gefärbte Oberflächen von nichtrostendem Stahl sind äußerst UV-beständig.
Foto: Rimex Metals, Enfield (GB)*

Beim Reiyuuka-Shakaden-Tempel in Japan beweist elektrolytisch gefärbter nichtrostender Stahl seit 1975 seine Langzeit-Beständigkeit. Foto: Nickel Institute, Toronto (CDN)



2.2 Alterung durch Licht- und Witterungseinflüsse

Da die Färbung ohne Farbstoffe erfolgt, die ausbleichen können, erweisen sich gefärbte nichtrostende Stähle in Außenanwendungen als äußerst langlebig. Sonnenlicht oder andere Witterungseinflüsse beeinträchtigen die Farbe nicht. Es liegen Erfahrungen mit Dächern aus gefärbtem nichtrostendem Stahl vor, die selbst nach 30 Jahren noch keine Farbverände-



Gefärbter nichtrostender Stahl unterstreicht die markante dreidimensionale Fassadengeometrie des Gebäudes der Banca San Marino. Foto: Steel Color, Pescarolo Ed Uniti (I)

Die Fassade des Brand Loyalty Building in Eindhoven (NL) wurde in Stehfalztechnik ausgeführt, einem Verfahren, das ansonsten bei Metalldächern zum Einsatz kommt. Foto: Rimex Metals, Enfield (UK)



rungen zeigen [1]. Die farbige Oberfläche kann auch nicht reißen oder abblättern [3].

2.3 Anwendungen für elektrolytisch gefärbte Edelstähle

Die besondere Anziehungskraft gefärbten nichtrostenden Stahls geht auf die Tatsache zurück, dass sich die Farbwirkung in Abhängigkeit von Art und Einfallswinkel des Lichtes verändert. Bei Flächen, die sich aus mehreren Tafeln zusammensetzen, müssen diese besonders gleichmäßig sein. Typische Beispiele sind Außenflächen wie Fassaden, Säulenbekleidungen und Bedachungen oder Innenanwendungen wie Beschilderungen, Ladenausstattungen und Kunstwerke.

Da die Färbung auf nichtrostendem Stahl nicht reparabel ist, sollte die Anwendung Bereichen vorbehalten bleiben, die nicht besonders beschädigungsgefährdet oder verschleißbeansprucht sind [9].

3 Schwärzen

Nichtrostende Stähle lassen sich durch Eintauchen in geschmolzenes Natriumdichromat schwarz färben. Diese vergleichsweise einfache Färbetechnik wird in erheblichem Umfang in der Automobilzulieferindustrie eingesetzt, um z.B. Scheibenwischerarme zu schwärzen, oder für die Herstellung von Solarkollektoren.

Das Verfahren ergibt auf allen Arten nichtrostenden Stahls eine äußerst dünne, glatte schwarze Oxidschicht. Die Oberfläche ist normalerweise mattschwarz, kann aber durch Anwendung von Ölen und Wachsen auch ein glänzendes Aussehen erhalten. Die Oberflächenschicht ist farb- und alterungsbeständig, platzt oder blättert auch bei der Umformung nicht ab und ist bis zur Anlaufftemperatur des nichtrostenden Stahls hitzebeständig. Auch geschwärmte Oberflächen folgen in gewissen Grenzen Formänderungen des Bleches und weisen eine gute Verschleißbeständigkeit auf. Geschwärmte Oberflächen lassen sich innerhalb gewisser Grenzen umformen und weisen eine gute Verschleißbeständigkeit auf. Lediglich Korrosion oder starke reibende Beanspruchung können sie abtragen.

Das Salzbad hat eine Temperatur von rund 400 °C; die Behandlung dauert zwischen 5 und 30 Minuten und wird durch Spülen mit Wasser abgeschlossen. Für Sonnenpaneele ist eine Eintauchdauer von 5 Minuten typisch, während Auto-Schmuckteile, für die ein tiefes Mattschwarz erzielt werden soll, rund 30 Minuten erfordern [16]. Dieses Verfahren kommt auch für kleinformatische Architekturbauteile und Griffe von Küchenutensilien zum Einsatz, bei denen eine höhere Verschleißbeständigkeit erzielt werden soll, als sie durch das elektrochemische Verfahren möglich ist.



Absorber von Sonnenkollektoren können auch aus geschwärmtem nichtrostendem Stahl bestehen. Fotos: Energie Solaire SA, Sierre (CH)



Geschwärmter nichtrostender Stahl findet sich bei Auto-Scheibenwischern sowie an Schmuckteilen von Motorrädern. Foto: Steel Color, Pescarolo Ed Uniti (I), rechts

4 PVD-Beschichtungen



PVD-Beschichtungen ergeben Oberflächen von hoher Kratzfestigkeit.

Die physikalische Gasphasenabscheidung, zumeist als PVD- (*physical vapour deposition*-) Verfahren bezeichnet, wird verbreitet für dekorative Teile wie Wandpaneele, Wasserhähne, Türgriffe, metallische Glasrahmen sowie hochwertige Konsumgüter angewandt, denn sie ermöglicht es, eine umfassende Palette von Farben zu erzielen. Für industrielle Anwendungen kommt sie ebenso zum Einsatz wie bei Konsumgütern. PVD-Beschichtungen erhöhen die Verschleißbeständigkeit, Gleitfähigkeit und Härte der behandelten Oberflächen erheblich. Gleichzeitig entstehen gleichmäßige, reproduzierbare und dauerhafte Farben. Im Unterschied zu elektrochemisch erzeugten Farben ist der Farbeindruck vom Betrachtungswinkel unabhängig. Zudem sind die Oberflächen deutlich kratzfester. Das PVD-Verfahren ist besonders umweltfreundlich, da es weder Lösungsmittel erfordert noch entsorgungsbedürftige Reststoffe erzeugt. „PVD“ ist der Oberbegriff für eine Familie von Verfahren, durch die Dünnschichten auf Oberflächen aufgebracht werden, z.B. auf Bleche, Schneidwerkzeuge, Befestigungselemente, Glas, Halbleiterchips und sogar Verpackungen von Verbrauchsgütern.

Der Schichtwerkstoff wird verdampft und anschließend an die Oberfläche eines Substrats angelagert. Um den Beschichtungswerkstoff der Oberflächenschicht aufzuschmelzen, werden verschiedene Verfahren eingesetzt: Energiereiche Kathodenstrahlen, Laserstrahlen, Dampfhochdruck sowie Plasmaentladung (*sputtering*). Dabei durchqueren dampfförmige Partikel eine mit Inertgas (zumeist Argon) gefüllte Vakuumkammer, um sich auf dem Trägermaterial abzusetzen. Der Begriff „PVD“ wurde erstmals 1966 benutzt, allerdings brachte bereits Michael Faraday 1838 erstmals Schichten nach einem solchen Verfahren auf andere Werkstoffe auf.

Abbildung 1 zeigt den Sputtering-Prozess schematisch. Im einfachsten Fall läuft der Prozess in einer inerten (Edel-)Gasatmosphäre unter geringem Druck (0,1–10 Pa) ab. Das Sputtering setzt ein, wenn eine elektrische Entladung ausgelöst wird und das Edelgas ionisiert. Der bei niedrigem Druck ablaufende Entladungsprozess wird als Glimmentladung bezeichnet und das ionisierte Gas als Plasma.

Die Argon-Ionen treffen auf das „Target“. Dieser Begriff bezeichnet den festen Stoff, aus dem die Beschichtung gebildet wird. Das Target ist nicht zu verwechseln mit dem zu beschichtenden Werkstoff, d.h. dem Substrat. Das Beschichtungsmaterial wird durch spontanen Energieaustausch aus dem Target herausgerissen. PVD gilt als eine besonders geeignete Technik, dünne Oberflächenschichten zu erzeugen. Die Beschichtung lässt sich ergebnissicher steuern und führt zu einer guten Haftung. Qualität, Struktur und Gleichmäßigkeit der Schichten sind ausgezeichnet [10].

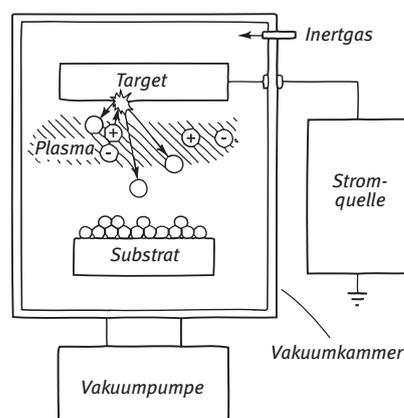


Abb. 1: Schematische Darstellung des Sputtering-Verfahrens

Die farbigen Oberflächen sind keramischer Natur und lassen sich in folgenden Tönen erzeugen: Gold, Rose, Kupfer, Bronze, Schwarz, Blau sowie Weinrot. Da die Beschichtungen äußerst dünn sind (zumeist rund $0,3 \mu\text{m}$), bleibt die ursprüngliche Oberflächenstruktur sichtbar. Daher ist es durchaus üblich, die Oberfläche vor dem PVD-Beschichten durch Schleifen, Ätzen oder Gravieren mit Mustern zu versehen. Auch wenn das Verfahren für verschleißbeanspruchte Teile wie z.B. Türgriffe eingesetzt wird, bleibt dennoch anzumerken, dass die Farbschichten unter extremen Bedingungen



durchaus beschädigt werden können und dann nicht mehr reparabel sind [1]. PVD-Beschichtungen zeichnen sich weiterhin dadurch aus, dass die Oberflächenschichten – ausreichende Dicke vorausgesetzt – praktisch porenfrei und äußerst dicht sind. Gase und Feuchtigkeit können sie kaum oder gar nicht durchdringen [10]. Soll PVD-beschichteter nichtrostender Stahl im Zuge der weiteren Verarbeitung noch umgeformt werden, empfiehlt es sich, vor Annahme der Lieferung Biegetests durchzu-

führen und zu prüfen, ob die Oberflächenschicht ausreichend fest haftet. Im Falle von Fehlern bei der PVD-Beschichtung kann sich die Schicht bei weiterer Umformung oder bei Stoßbeanspruchung ablösen. Allerdings ist diese Erscheinung bei qualifizierten Lieferanten selten.

Bei geschweißten Teilen müssen die Schweißarbeiten vor dem Beschichten ausgeführt werden [1].

Dekorative Bleche finden sich verbreitet in Aufzugskabinen oder als Säulenbekleidungen in Bereichen mit starkem Publikumsverkehr [11].



Das Sputtering-Verfahren kann Oberflächen erzeugen, die keramischer Natur und daher besonders verschleißbeständig sind. Foto: Inox-Color, Walldürn (D)

PVD-Beschichtungen gibt es in verschiedenen Farben.

Fotos: Hans Hollein Atelier, Wien (A)



5 Bandbeschichten

Das Bandbeschichten ist ein Standardverfahren für das kontinuierliche Lackieren von Bändern. Es wird zumeist von Stahlherstellern selbst oder von speziellen Beschichtern vorgenommen. Mit diesem Verfahren lassen sich alle erdenklichen Farben auftragen, ebenso Klarlacke (z.B. um die Empfindlichkeit gegen Fingerabdrücke zu vermindern). Vor dem Beschichten werden die Bänder auf chemischem Wege gereinigt und gespült. Als Substrat kommen sowohl austenitische als auch ferritische nichtrostende Stähle zum Einsatz. Die Beschichtung selbst richtet sich nach den zu erwartenden Einsatzbedingungen. Die Grundierung sowie die anschließende Deckschicht werden in der Bandbeschichtungsanlage durch Walzen auf das abgecoilte Band aufgebracht. Die vorbehandelte Oberfläche wird zunächst mit einer ersten Schicht versehen, die in einem Konvektionsofen aushärtet, bevor abschließend die zweite Schicht aufgetragen wird. Für unterschiedliche Anwendungen, Umgebungen oder Beanspruchungen sind jeweils geeignete Beschichtungen verfügbar. Bandbeschichteter nichtrostender Stahl kommt auch in aggressiver Atmosphäre, z.B.



Ein ausdrucksstarkes Rot wurde für die Edelstahl-Deckenpaneele der Mailänder U-Bahn-Station Piazzale Carlo Maciachini ausgewählt. Foto: Centro Inox, Mailand (I)

in Straßentunneln, zum Einsatz, die häufig nur schwach belüftet sind und entsprechend hohe Luftfeuchtigkeit und starke Konzentrationen korrosiver Autoabgase aufweisen. Der Farbauftrag erhöht die Korrosionsbeständigkeit des Grundwerkstoffes nicht weiter. Häufig wird aber gerade auf der unbeschichteten Rückseite die besondere Korrosionsbeständigkeit des nichtrostenden Stahls benötigt. Auch an den Kanten sowie bei Beschädigungen tritt keine Korrosion auf. Anders als andere beschichtete Bleche, z.B. aus bandverzinktem und -beschichtetem Stahl, besteht auch an Schnitkanten keine Neigung zur Ablösung der Farbschicht [12]. Farbige Beschichtungen dienen also nicht dem Korrosionsschutz, sondern sie werden angewandt, um bestimmte optische Wirkungen zu erzielen, unerwünschte Reflexe zu vermeiden oder die Fingerabdruckempfindlichkeit zu vermindern.



Nichtrostender Stahl ist sowohl mit klaren als auch mit deckenden Beschichtungen verfügbar. Foto: Replasa, Astrain, Navarra (E)



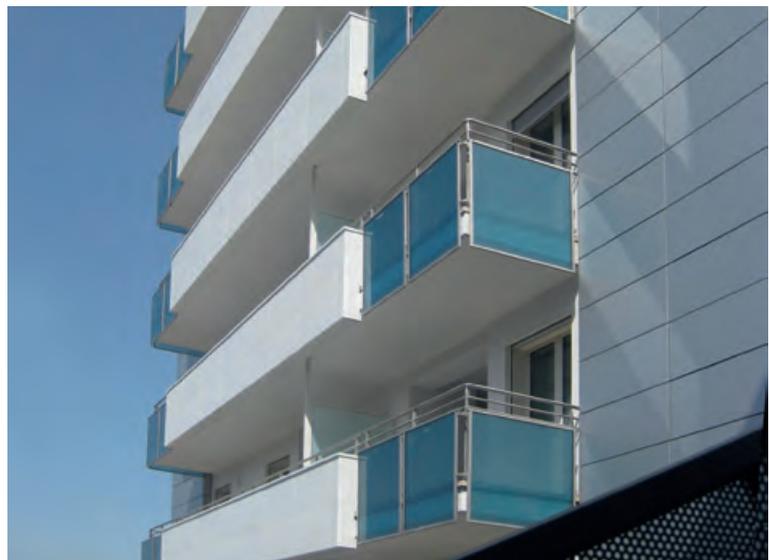
Die Wandbekleidung dieser Tunnelröhre muss hohen Korrosionsbelastungen widerstehen und soll gleichzeitig Blendwirkungen vermeiden. Foto: ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni, Terni (I)

Bandbeschichtetes Blech ist nicht schweißbar, während das Kleben eine günstige Verbindungstechnik darstellt [13]. Bleche mit unbeschichteten Randbereichen lassen sich schweißen wie andere nichtrostende Stahlbleche auch. Ansonsten sind einige einfache Regeln zu befolgen [12]:

- Laserschweißungen lassen sich ohne besondere Vorkehrungen vornehmen; unbeschichtete Randbereiche sind dabei nicht erforderlich.
- Bei Widerstands-Punktschweißungen

ist die Beschichtung mechanisch im Bereich der Schweißung zu entfernen. Beschichtungen gibt es in einer Vielzahl von Farben. Die Anwendungsbereiche sind vielfältig und umfassen u.a. Haushaltsgeräte, Möbel, Wand- und Deckenbekleidungen, Kühlräume, Klimageräte, Türen oder Leuchten [14, 15]. Bei diesem industriellen Verfahren wird durch strikte Prozesskontrolle eine hohe Gleichmäßigkeit erzielt. Die gängigsten Farben sind ab Lager erhältlich; Sonderfarben lassen sich coilweise auf Bestellung liefern.

Bandbeschichteter nichtrostender Stahl lässt sich abkanten und z.B. zu Fassadenelementen umformen. Foto: Centro Inox, Mailand (I)



6 Anstreichen und Lackieren



Diese Fußgängerbrücke aus nichtrostendem Stahl in Venedig wurde schwarz lackiert, um sie dem historischen städtebaulichen Umfeld anzupassen. Fotos: IMO, London (UK)

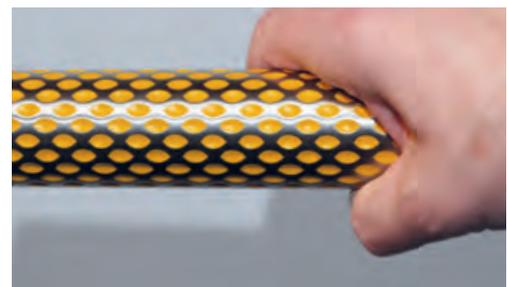


Beim Anstreichen bzw. Lackieren unterscheidet sich nichtrostender Stahl nur wenig von anderen metallischen Werkstoffen – mit dem Unterschied, dass der Farbauftrag ästhetischen Zwecken dient und nicht dem Korrosionsschutz. Beim Erstanstrich ist zu bedenken, dass der Grundwerkstoff gegen Umwelteinflüsse weitaus beständiger ist als die Beschichtung. Planer sollten daher vorausschauend überlegen, wie verfahren werden soll, wenn die Farbschicht das Ende ihrer Lebensdauer erreicht hat. Eine Möglichkeit ist die Neulackierung; die schadhaftete Lackschicht kann aber auch entfernt und der nichtrostende Stahl metallisch blank belassen werden.

Die häufigste Schadensursache liegt in mangelnder Haftung infolge unzureichender Untergrundvorbereitung, die zum Abblättern der Farbschicht und möglicherweise sogar Korrosion führt. Solche Schäden sind möglich, wenn die Oberflächen nicht gereinigt und in geeigneter Weise vorbe-

handelt werden. Wie bei allen Anstrichen, müssen die Oberflächen frei von Salz, Verschmutzungen, Fett, Erde, Korrosion und anderen Partikeln sein. Außerdem muss die Oberfläche rau genug sein, um eine gute Haftung zu ermöglichen. Darüber erfordert nichtrostender Stahl noch einen zusätzlichen Vorbereitungsschritt: wird die Passivschicht nicht kurz vor dem Anstrich entfernt, kann sie einer ausreichenden Haftung der Farbschicht im Wege stehen. Die Oberflächen von nichtrostendem Stahl sind hart und glatt, insbesondere auf kaltgewalztem Material. Die Aufrauung kann durch Beizen, Ätzen, Strahlen oder Bürsten erfolgen. Eine geeignete depassivierende Grundierung sollte dann so schnell wie möglich aufgebracht werden, so dass der Passivschicht keine Zeit bleibt, sich wieder umfassend neu zu bilden.

Farbe macht es Sehbehinderten leichter, Handläufe zu erkennen. Foto: Rimex Metals, Enfield (GB)



Beim Strahlen wird zwischen verschiedenen Verfahren unterschieden. Das Strahlen erhöht die Oberflächenrauigkeit, eignet sich jedoch nur für vergleichsweise dickwandige Bauteile, die sich nicht leicht verziehen. Das Strahlgut muss feinkörnig, hart und vor allem eisenfrei sein. Der Luftstrom darf nicht mit Kompressoröl verunreinigt sein. Häufig werden Glasperlen eingesetzt. Bei dünnem Blech lässt sich Verzug häufig dadurch vermeiden, dass beidseitig gestrahlt wird, allerdings erfordert dieses Verfahren viel Erfahrung.

Die Lackhersteller erteilen Empfehlungen, welche Grundierungen und welche Lacke für nichtrostenden Stahl zu empfehlen sind. Eine edelstahlgeeignete Ätzgrundierung

kann auf bereits aufgerauten Flächen eingesetzt werden, um die Passivschicht zu entfernen. Gute Erfahrungen wurden mit werksseitigen Standardoberflächen wie 2B oder 2D sowie warmgewalzten oder gröber geschliffenen Oberflächen wie 2G oder 2J berichtet; in jedem Fall muss jedoch die Passivschicht entfernt werden.

Sauberkeit ist beim Lackieren von nichtrostendem Stahl unabdingbar. Die Oberflächen dürfen keine Fremdstoffe aufweisen und auch das Arbeitsumfeld sollte sauber und staubfrei sein. Die Lackschichten sind dünn aufzutragen. Zwischen den Anstrichen sollte ausreichend Zeit für ein vollständiges Aushärten bestehen [16].

*Auffällige farbige Lackierungen von nichtrostendem Stahl können auch dazu dienen, die Sichtbarkeit zu verbessern und die Sicherheit zu erhöhen.
Fotos: Centro Inox,
Mailand (I)*



7 Metallische Überzüge

Nichtrostende Stähle mit metallischen Überzügen finden vor allem für Bedachung und Dachentwässerung Verwendung, werden aber auch für Fassadenbekleidungen eingesetzt.

Nichtrostender Stahl mit Zinn- (Sn-) Überzug verwittert dekorativ und bildet dabei eine ungleichmäßige, mittel- bis dunkelgraue Patina. Er ist auch vorbewittert erhältlich. Eine Beschädigung des metallischen Überzugs hat keinen Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit des Grund-

werkstoffs. Die Zinnschicht hat sich auch als guter Haftgrund für Anstriche erweisen und macht eine Oberflächen-Vorbehandlung überflüssig. Für den Anstrich stehen besondere Grundierungen und Lacke zur Verfügung [17, 18]. Im Vergleich zu Anstrichen auf blankem nichtrostendem Stahl sind Lackierungen von zinnüberzogenen Blechen weniger aufwändig, weil auf die Entfernung der Passivschicht verzichtet werden kann.

Nichtrostender Stahl mit Zinnüberzug hat bereits seit Jahrzehnten einen festen Platz unter den Baumetallen für Bedachung und Dachentwässerung. Foto: Aperam, Luxemburg (L)



Durch galvanische Verfahren lassen sich auch dünne Kupferüberzüge auf nichtrostenden Stahl aufbringen. Foto: Roofinox, Schaan (FL)



8 Reinigung

Während der Grundwerkstoff die für nichtrostenden Stahl typische Korrosionsbeständigkeit aufweist, ist das Farbsystem möglicherweise beschädigungsanfälliger. Reinigungsmittel mit leicht abrasiv wirkenden Komponenten, wie sie z.T. auf ungefärbtem nichtrostendem Stahl angewandt werden können, sind für gefärbte oder lackierte Edelstahloberflächen ungeeignet.

In der vorliegenden Publikation können nur einige grundsätzliche Hinweise gegeben werden, im Einzelfall gelten die Reinigungshinweise der Hersteller oder es sollten Reinigungsfirmen in Anspruch genommen werden, die Erfahrungen in der Reinigung gefärbter bzw. lackierter Edelstahloberflächen nachweisen können. Zuweilen werden milde Reinigungs- und Entfettungsmittel, wie sie auch für Autolacke verwendet werden, empfohlen. Einige Hersteller von Lacksystemen bieten auch eigene, speziell auf ihre Produkte abgestimmte Reinigungsmittel an.

Bei elektrolytisch gefärbten Oberflächen, bei denen die Farbempfindung auf eine Verdickung der Passivschicht zurückgeht, sowie bei PVD-beschichteten, mit Metallüberzügen versehenen oder geschwärzten Oberflächen müssen Beschädigungen unbedingt vermieden werden, da die einzige „Reparaturmöglichkeit“ in einem Austausch der betreffenden Bauteile besteht.

8.1 Übergabereinigung

Üblicherweise werden die Oberflächen bei Lieferung, Lagerung auf der Baustelle und Montage geschützt. Meistens dient hierzu eine selbsthaftende, abziehbare Folie. Allerdings sind nicht alle Folien alterungsbe-



Nach der Reinigung zeigt sich, dass die Tunnelwände trotz der sehr aggressiven Atmosphäre frei von Korrosionerscheinungen sind. Foto: Centro Inox, Mailand (!)

ständig und sollten deshalb nicht übermäßig lange auf der Oberfläche verbleiben. Bei Außenanwendungen sind außerdem spezielle, UV-resistente Folien zu benutzen. Ansonsten kann die Folie beim Abziehen reißen oder Klebstoffreste auf der Oberfläche hinterlassen. Bevor solche Reste entfernt werden, sollten sowohl die Empfehlungen des Folienherstellers als auch jene des Blechherstellers eingeholt werden [19].

8.2 Unterhaltsreinigung

Allgemein gelten für farbige Oberflächen dieselben Pflegehinweise wie für unbehandelten nichtrostenden Stahl, wobei jedoch besonders darauf zu achten ist, die Oberflächen nicht zu beschädigen. Das gilt besonders bei starken Verschmutzungen. Eine Hochdruckreinigung kann z.B. empfindliche Oberflächen verkratzen. Besser ist es, die Verschmutzungen mit einem schwachen Wasserstrahl leicht abzuspülen. Bleiben dann immer noch Anhaftungen zurück, sollten sie mit einem weichen Tuch oder einer weichen Bürste vorsichtig gelöst werden. Grundsätzlich empfiehlt es sich, Empfehlungen der Hersteller oder erfahrener Reinigungsfirmen einzuholen [19].

8.3 Wiederherstellungsreinigung und Reparatur

Zwar bestehen Möglichkeiten, Farben und Markierungen von gefärbten und beschichteten nichtrostenden Stählen zu entfernen, allerdings sollte diese Aufgabe darauf spezialisierten Reinigungsunternehmen überlassen werden, da ansonsten bleibende Schäden an der Farbschicht entstehen können.

Mutwillige Verkratzungen auf beschichtetem nichtrostendem Stahl sehen zunächst genauso aus wie solche auf beschichtetem unlegiertem Stahl, allerdings entsteht keine Korrosion, die den Lack, ausgehend von der Schadstelle, weiter unterwandern würde. Nachlackieren ist je nach Lacksystem möglich, erfordert jedoch eine genaue Abstimmung der Farbe. Bei elektrochemisch gefärbten Oberflächen lassen sich Schäden nur durch Austausch beheben.

Zement- und Mörtelspritzer sollten umgehend entfernt werden, da sie stark alkalisch sind und die Farbe verändern können.

Unentdeckte Verschmutzungen fallen häufig nach dem Trocknen von selbst ab; dann noch verbleibende Reste können mit einem sanften Wasserstrahl und ggf. weichen Bürsten entfernt werden. Stets ist darauf zu achten, dass die Oberfläche nicht abgetragen wird. Nach dem Entfernen der Spritzer sollte untersucht werden, ob die stark alkalischen Verschmutzungen nicht bereits Flecken hinterlassen haben. In diesem Fall hilft nur der Austausch. Organisch beschichtete Flächen lassen sich ggf. nachlackieren.

Grundsätzlich gilt es, jede kratzende Beanspruchung der Oberfläche zu vermeiden. Bürsten mit Metallborsten oder scheuernde Reinigungsmittel sind daher grundsätzlich ungeeignet. Fremdeisen sollte mit einem weichen Tuch vorsichtig entfernt werden, bevor es zu korrodieren beginnt.

Großflächige Grundreinigungen sollten von erfahrenen Reinigungsunternehmen ausgeführt werden und sich nach den Empfehlungen der Hersteller richten.

Reinigungsmittel, die sich für ungefärbten nichtrostenden Stahl eignen, sind in der Regel auch für elektrochemisch gefärbten unbedenklich.



9 Ausschreibung farbiger Edelstahloberflächen

Farbiger nichtrostender Stahl fällt gemäß Tabelle 6 der europäischen Norm EN 10088-2 [2] unter die Bezeichnung 2L „Sonderoberflächen“ [20]. Hierbei wird von kaltgewalzten Ausgangsoberflächen ausgegangen. Die vereinbarte Farbe und Oberflächenausführung gelten nur für eine Seite. Zu den Farben selbst trifft die Norm keine Aussage; sie sind zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer frei zu vereinbaren.



Muster sollten möglichst am Standort des Objektes unter authentischen Lichtbedingungen beurteilt werden. Foto: Inox-Color, Walldürn (D)



10 Literatur

- [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., *Edelstahl Rostfrei: Oberflächen im Bauwesen*, Euro Inox, Reihe Bauwesen, Band 1, 2006, http://www.euro-inox.org/pdf/build/Finishes02_DE.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 *Stainless steels – Part 2: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for general purposes*



Informationsstelle Edelstahl Rostfrei
Postfach 10 22 05
40013 Düsseldorf
Internet: www.edelstahl-rostfrei.de