

Coloreado del acero inoxidable



Euro Inox

Euro Inox es la asociación para el desarrollo del acero inoxidable en Europa.

Entre los miembros de Euro Inox se encuentran:

- productores europeos de acero inoxidable,
- asociaciones nacionales de desarrollo del acero inoxidable,
- asociaciones de productores para el desarrollo de los elementos de aleación.

Los principales objetivos de Euro Inox son la creación de una concienciación sobre las propiedades únicas del acero inoxidable y extender su uso en aplicaciones existentes y en nuevos mercados. Para alcanzar estos objetivos, Euro Inox organiza conferencias y seminarios, y ofrece publicaciones en forma impresa y electrónica para permitir a arquitectos, diseñadores, prescriptores, fabricantes y usuarios finales familiarizarse con el material. Euro Inox también apoya la investigación técnica y la de mercado.

ISBN 978-2-87997-367-8

978-2-87997-359-3	versión en inglés
978-2-87997-360-9	versión en checo
978-2-87997-361-6	versión en holandés
978-2-87997-362-3	versión en finlandés
978-2-87997-363-0	versión en francés
978-2-87997-364-7	versión en alemán
978-2-87997-365-4	versión en italiano
978-2-87997-366-1	versión en polaco
978-2-87997-368-5	versión en sueco
978-2-87997-369-2	versión en turco

Miembros

Acerinox
www.acerinox.com

Aperam
www.aperam.com

Outokumpu
www.outokumpu.com

ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni
www.acciaiterni.it

ThyssenKrupp Nirosa
www.nirosa.de

Miembros asociados

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 (IMOIA)
www.imoa.info

Nickel Institute
www.nickelinstitute.org

Stowarzyszenie Stal Nierdzewna
www.stalenierdzewne.pl

SWISS INOX
www.swissinox.ch

Coloreado del acero inoxidable
 Primera Edición 2011
 (Serie de Materiales y Aplicaciones Volumen 16)
 © Euro Inox 2012

Editor

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

Autora

Alenka Kosmač, Bruselas (BE)

Traducción

Cedinox, España

Agradecimientos

Euro Inox desea agradecer a Catherine Houska, TMR Pittsburgh, PA (US), su contribución y lectura crítica del borrador del documento.

Fotografías de portada

Steel Color S.p.a., Pescarolo Ed Uniti (IT) (izquierda)
 Inox-Color GmbH, Walldürn (DE) (inferior derecha)

Aviso legal

Euro Inox ha realizado un gran esfuerzo para asegurar que la información que se presenta en este documento sea técnicamente correcta. Sin embargo, se informa al lector de que el material aquí contenido sólo tiene propósito de información general. Euro Inox y sus miembros, renuncian de forma específica a cualquier obligación o responsabilidad por pérdidas, daños o lesiones, resultantes del uso de la información contenida en esta publicación.

Índice

1	Introducción	2
2	Coloreado electroquímico	3
2.1	Resistencia a la corrosión	6
2.2	Desgaste por la luz y las inclemencias meteorológicas	8
2.3	Aplicaciones de aceros inoxidables coloreados electrolíticamente	8
3	Ennegrecimiento de superficies	9
4	Recubrimientos PVD (Deposición en fase vapor) o color pulverizado	10
5	Recubrimiento de bobinas	12
6	Pintado	14
7	Recubrimientos metálicos	16
8	Limpieza de acero inoxidable coloreado y pintado	17
8.1	Limpieza inicial	17
8.2	Limpieza habitual	17
8.3	Vandalismo, accidentes y limpieza reparadora	18
9	Especificar productos de acero inoxidable coloreado	19
10	Referencias	20

Copyright

Este trabajo está sujeto a derechos de propiedad. Euro Inox se reserva todos los derechos sobre la traducción a cualquier idioma, la impresión, reutilización de las ilustraciones, textos y difusión.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en un sistema de recuperación o transmitida de ninguna forma o por medio alguno, ya sea electrónico, mecánico, a través de fotocopia, de grabación o de otro tipo, sin el consentimiento previo y por escrito del propietario de los derechos, Euro Inox. Cualquier violación estará sujeta a procedimientos legales y a responsabilidades por daños monetarios por la infracción, así como costes y gastos legales, y se aplicará la ley penal de derechos de la propiedad de Luxemburgo, y la regulación de la Unión Europea.

1 Introducción

Cuando se prescribe el acero inoxidable no hay por qué limitarlo al color plateado. Hay una amplia gama de colores, tanto opacos como traslúcidos. La textura del acabado subyacente puede permanecer visible y aumentar su atractivo estético. La mayor resistencia a la corrosión del acero inoxidable hace que coloreado, sea una elección excelente y sostenible para aplicaciones exigentes [1].

Los aceros inoxidables son una familia de materiales con propiedades únicas. Protegidos en la superficie por una capa pasiva, formada por la reacción entre el cromo del acero y el oxígeno de la atmósfera. Los aceros inoxidables no necesitan una protección superficial adicional contra la corrosión, siempre y cuando el tipo seleccionado sea el adecuado para el ambiente. Si la superficie original se ve dañada por arañazos accidentales o desgastada a propósito durante el proceso de acabado, la capa se auto-regenera inmediatamente en presencia de oxígeno. Tal como esta publicación explica, la capa protectora puede ser modificada por procesos químicos para conseguir colores metalizados. Del mismo modo, la capa también puede ser endurecida por electrolisis.



El aumento de espesor controlado de la capa pasiva produce efectos de interferencia luminosa, que son percibidos como colores.

2 Coloreado electroquímico

Desde hace mucho tiempo se sabe que las superficies de acero inoxidable pueden ser coloreadas por tratamiento con solución de ácido crómico y sulfúrico o solución alcalina a alta temperatura que contenga agentes oxidantes. Se llevaron a cabo muchos ensayos para comercializar los procesos, pero la capa de color obtenida era demasiado débil y porosa para proporcionar la resistencia adecuada a la abrasión y al desgaste [2].

El primer avance en colorear acero inoxidable se alcanzó en 1972, con un método de coloreado conocido como *Inco-process*, que está basado en la deposición anódica de óxido de cromo sin corriente eléctrica.

Desde entonces, han sido desarrolladas algunas variaciones en la patente de este proceso para colorear acero inoxidable, consistentes en la inmersión del material en una solución de ácido crómico-sulfúrico a alta temperatura y a continuación un tratamiento de endurecimiento catódico en otra solución ácida. No se aplica ninguna otra capa adicional que contenga pigmentos u otros agentes colorantes, que pudieran afectar a las propiedades del acero inoxidable. El proceso químico de coloreado aumenta el espesor de la capa pasiva de óxido de cromo que confiere al acero inoxidable su resistencia a la corrosión. Los colores son producidos por la interferencia que surge cuando las ondas luminosas pasan a través de la capa pasiva transparente [3].

El acero inoxidable austenítico es especialmente adecuado para este proceso de coloreado electroquímico o por interferencia. El tiempo de inmersión del acero en la solu-



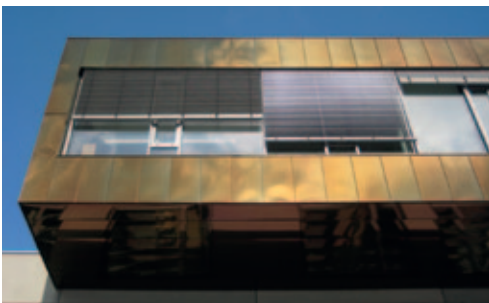
ción ácida determina el espesor de la capa superficial, la interferencia de la onda de la luz (o filtración) y el intenso efecto del color reflejado – similar al efecto tipo arco iris del jabón o del aceite encima de una superficie. La gama de efectos cromáticos por los que la capa pasa (bronce, oro, rojo, púrpura, azul y verde) se corresponde con un incremento en el espesor de $0,02 \mu\text{m}$ a $0,36 \mu\text{m}$. Los aceros inoxidables ferríticos solamente pueden ser coloreados en gris oscuro, siguiendo este proceso.

Quioscos revestidos de acero inoxidable coloreado en los puntos turísticos de Viena.

*El acero inoxidable dorado ofrece un toque de distinción al vestíbulo.
Fotografía: Steel Color,
Pescarolo Ed Uniti (IT)*



El color aparente cambia conforme al ángulo de la luz.



Al ser incolora, la capa de óxido de cromo no se deteriora por la luz ultravioleta y, ya que el proceso de coloreado no incluye pigmentos, la fabricación puede ser llevada a cabo después del tratamiento sin agrietarse. En el curvado, por ejemplo, la capa inerte disminuirá de espesor en el borde del curvado, reduciendo ligeramente la intensidad del color [4].

El color puede ser aplicado de forma uniforme o variarlo a propósito para conseguir el efecto arco iris. Existirán pequeñas variaciones de color y por ello, para grandes superficies es importante obtener muestras con la gama de colores, ya que el color depende de la manera en que la luz se refleja a través de la capa pasiva transparente, el ángulo desde donde se vea la superficie puede cambiar el color. Asimismo, al curvar o conformar los paneles de acero inoxidable, cambiará su color. Este hecho debe ser considerado en el diseño. La variación del color

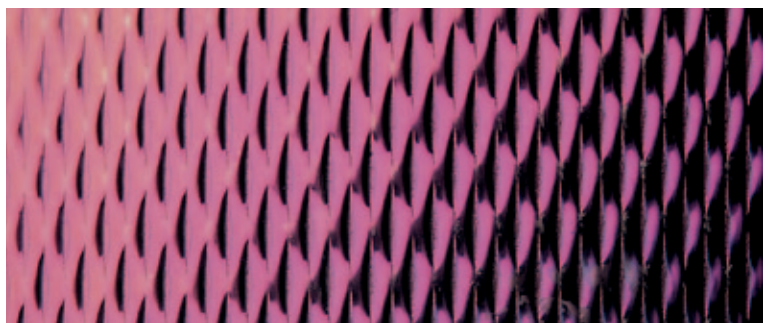
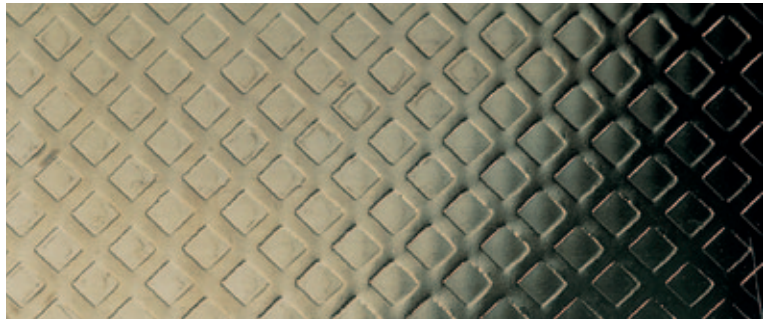
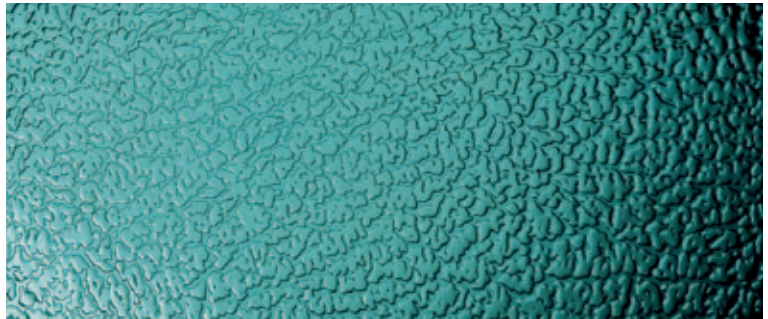
al curvar paneles de gran formato puede ser utilizado como elemento de diseño [1].

Si se requiere un color muy uniforme sobre una gran superficie curvada, entonces se utilizarán pequeños paneles planos para dividir la superficie y conseguir dicha apariencia.

Como la capa pasiva de la superficie es transparente, el acabado de sustrato subyacente influirá en la apariencia final. Por ejemplo, un acabado mate dará como resultado un color apagado, tenue, mientras que un pulido espejo dará una apariencia brillante y colorida. A diferencia de las superficies pintadas, el color no se deteriorará con el paso del tiempo ni con la exposición a la luz solar. Sin embargo, si se daña la superficie por algún proceso, arañazos o corrosión, no se puede reparar [4].

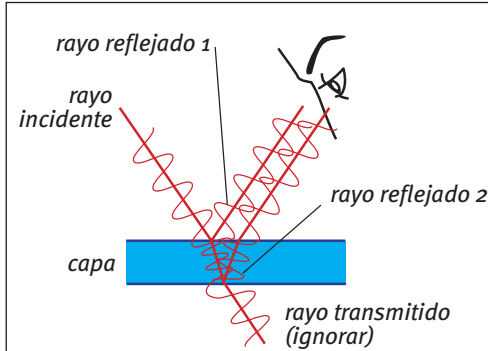
El color puede ser eliminado por abrasión, así que no debería aplicarse donde se pueda producir algún daño accidental o deliberado, como en una zona de tráfico intenso o donde haya abrasivos volátiles [2, 5]. El decapado, ataque al ácido y electropulido eliminarán la superficie coloreada.

El acero inoxidable coloreado por este proceso no puede soldarse sin dañar la superficie. Los desperfectos causados por el calor, la soldadura y la soldadura fuerte (“brazing”), se deben evitar o realizar en áreas fuera de la vista. Con materiales de aporte y fundentes especiales, se puede realizar algún tipo de soldeo en las superficies coloreadas. La unión mediante adhesivos puede ser aplicada sin ninguna restricción, siem-



pre y cuando la temperatura de curado no sea muy elevada. El atornillado, remachado y la sujeción mediante abrazaderas son métodos adecuados de fijación mecánica [3].

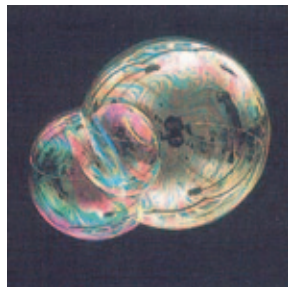
La superficie original y su grado de reflexión no se ven afectados por el coloreado electroquímico.



Principio de interferencia de la luz

Los rayos 1 y 2 interfieren
 La longitud de onda dentro de la capa es menor:
 $l' = l / n$
 $n =$ índice de refracción de la capa

El rayo 1 sufre un cambio de fase de 180°



La interferencia de la luz en la película de jabón.



La iridiscencia del plumaje del pavo real es provocada por la luz reflejada por una superficie de capas compleja.

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

2.1 Resistencia a la corrosión

La resistencia a la corrosión de una superficie coloreada depende de cada tipo de acero inoxidable. El proceso refuerza la capa pasiva, así que los aceros inoxidables coloreados electroquímicamente mostrarán una mayor resistencia inicial a la corrosión por picaduras que las superficies sin colorear. Las investigaciones han demostrado, sin embargo, que esta pequeña mejora no afecta significativamente a su rendimiento a largo plazo [6]. Si un tipo de inoxidable es probable que presente corrosión en un determinado ambiente, también ocurrirá con la superficie coloreada. A diferencia de los acabados sin colorear, donde las manchas suaves de óxido pueden ser eliminadas sin afectar gravemente su apariencia, incluso la corrosión ligera en las superficies coloreadas puede causar un cambio permanente de color. La eliminación del óxido también eliminará el color. El acero inoxidable que vaya a ser coloreado debe ser seleccionado para que no sufra corrosión donde vaya a ser utilizado [3]. Hay bibliografía disponible sobre consejos prácticos en el uso adecuado del acero inoxidable en aplicaciones arquitectónicas [7,8].

Como se muestra en la Tabla 1, una exposición entre corta y moderada a alimentos y a productos químicos para la construcción, no cambiará la apariencia de los aceros inoxidables coloreados electroquímicamente.

Cualquier corrosión en la superficie eliminará de forma definitiva el color del área afectada, así pues se debe prestar especial atención al seleccionar el tipo de acero inoxidable para que quede libre de corrosión.

Tabla 1: Resistencia a la corrosión a varios agentes químicos del tipo 1.4301/304 coloreado [2]

Agente	Conc. (%)	Temp. (°C)	Tiempo (h)	Color		
				Verde	Ámbar	Negro
Cemento Agua	-	50 100	50 10	∅ □	∅ □	∅ □
Carbonato sódico	5	50 100	50 10	∅	∅	∅
Sosa cáustica	5	50 100	50 10	∅	∅	∅
Detergente (neutro)	5	50 100	50 10	∅	∅	∅
Acetona	100	TA	200	∅	∅	∅
Disolvente de barniz	-	TA	200	∅	∅	∅
Tricloroetileno	-	TA	200	∅	∅	∅
Salsa de soja	-	100	10	∅	∅	∅

∅ No hay cambios en el color □ Ligero cambio de color

Las superficies de acero inoxidable coloreadas electroquímicamente son excepcionalmente resistentes a los rayos UV. Fotografía: Rimex Metals, Enfield (GB)



En el Templo Reiyuyuka Shakaden en Japón, el acero inoxidable electroquímicamente coloreado ha tenido un buen rendimiento desde 1975. Fotografía: Nickel Institute, Toronto (CA)



2.2 Desgaste por la luz y las inclemencias meteorológicas

Dado que no hay pigmentos o agentes colorantes que lo puedan modificar (blanquear o desteñir), el acero inoxidable coloreado tiene una larga vida en cuanto a exposición medioambiental. Está comprobado que no existe ningún cambio de color en paneles coloreados electroquímicamente en tejados, incluso después de 30 años [1]. Además, la superficie coloreada no se agrieta ni se desconcha y resistirá el paso del tiempo [3].



El acero inoxidable coloreado realza la geometría tridimensional del edificio de la Banca S. Marino. Fotografía: Steel Color, Pescarolo Ed Uniti (IT)

La fachada del edificio Brand Loyalty, en Eindhoven (NL), fue construida utilizando las técnicas tradicionales de plegado y sellado de juntas para tejados. Fotografía: Rimex Metals, Enfield (GB)



2.3 Aplicaciones de aceros inoxidables coloreados electroquímicamente

Un atractivo especial del acero inoxidable coloreado es que parece variar de color bajo diferentes ángulos y condiciones de iluminación, tanto con luz natural como artificial. Es importante asegurar que se hagan coincidir las chapas destinadas a crear paneles múltiple. Entre las aplicaciones de chapas y paneles coloreados se incluye el revestimiento arquitectónico exterior (fachadas, columnas, tejados, etc.), revestimiento interior en áreas de poco tráfico, señales, panelados en escaparates y esculturas.

El acero inoxidable coloreado no puede repararse si se raya, así que es más apropiado para aplicaciones donde la abrasión y los arañazos sean improbables [9].

3 Ennegrecimiento de superficies

Las superficies de acero inoxidable pueden ser fácilmente ennegrecidas por inmersión en un baño de sales fundidas de dicromato de sodio. Esta práctica, relativamente simple de llevar a cabo, es muy utilizada por la industria de la automoción para ennegrecer las partes de acero inoxidable (como los limpiaparabrisas) y por los fabricantes de paneles de colectores solares de acero inoxidable.

El proceso, aplicable a cualquier tipo de acero inoxidable, consiste en la formación de una capa muy delgada de óxido negro en la superficie del inoxidable. La capa es normalmente negro mate pero puede abrillantarse con aceites y ceras. Se comporta bien frente al envejecimiento y la pérdida de color durante su vida útil. Es dúctil, no se descascarilla y es resistente al calor, a temperaturas de servicio no elevadas. Un acero inoxidable ennegrecido puede ser deformado de forma moderada sin dañarse, manteniendo una capa con buena resistencia a la abrasión. Puede ser eliminada por corrosión y especialmente por abrasión severa.

Se aplica el baño de sal a 400°C aproximadamente, y al tiempo de inmersión, que varía de 5 a 30 minutos, le sigue un lavado con agua. Los paneles solares consiguen un ennegrecido óptimo en 5 minutos, sin embargo los embellecedores de los coches necesitan 30 minutos para conseguir un negro intenso [16]. El proceso se ha utilizado también en pequeños elementos arquitectónicos y mangos de cubertería donde, si se desea, se puede conseguir un color negro más resistente a los arañazos que el obtenido con el coloreado electroquímico.

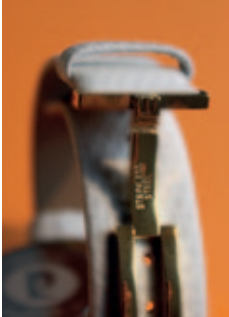


Los absorbedores de los paneles solares para agua caliente pueden realizarse a partir de acero inoxidable ennegrecido. Fotografías: Energie Solaire, Sierre (CH)

Las superficies ennegrecidas de acero inoxidable son muy utilizadas en los limpiaparabrisas y las partes decorativas de motocicletas. Fotografía: Steel Color, Pescarolo Ed Uniti (IT)



4 Recubrimientos PVD (por deposición en fase vapor) o pulverizado catódico del color



Los recubrimientos PVD crean superficies resistentes a los arañazos.

Debido a que los recubrimientos por deposición del material en fase vapor (PVD) brindan la posibilidad de obtener una amplia gama de colores, son una opción muy común para conseguir efectos estéticos en aplicaciones como grandes paneles metálicos, grifos, accesorios para puertas, marcos de puertas acristaladas y otros productos de consumo. Los recubrimientos por deposición de un material en fase vapor son muy utilizados tanto en aplicaciones industriales como en bienes de consumo. La superficie logra mejoras en sus propiedades de desgaste, fricción y dureza; y el recubrimiento también proporciona un color muy consistente, uniforme y duradero. Al contrario que el proceso electroquímico, el color de la superficie no cambiará con el ángulo de visión. Además, es también más resistente a los arañazos.

La deposición en fase vapor (PVD) es un término general utilizado para describir una serie de procesos por los que capas finas son depositadas en superficies (tales como chapas de metal, herramientas de corte, abrazaderas, cristal, placas semiconductoras e incluso embalajes convencionales).

El recubrimiento se pulveriza y deposita en el sustrato superficial. Se pueden utilizar muchos métodos para vaporizar el material de recubrimiento, como el arco catódico de alta potencia, láser, vapor a alta presión y bombardeo iónico en un plasma (pulverizado catódico). Estas partículas de vapor pasan a través de una cámara de vacío en presencia de gas inerte, normalmente argón, para ser depositadas en el sustrato. El término PVD fue utilizado por primera vez en 1966 pero Michael Faraday había empleado este proceso para recubrir, ya en 1838.

La figura 1 muestra un diagrama del proceso de pulverizado. En su forma más simple, el proceso tiene lugar en un gas inerte (noble) a baja presión (0,1-10Pa). El pulverizado comienza cuando se produce una descarga eléctrica y el argón se ioniza. A la descarga eléctrica a baja presión se la conoce como descarga luminiscente y al gas ionizado se le denomina plasma.

Los iones de argón impactan en el objetivo – que es el material de recubrimiento, no hay que confundirlo con el sustrato (objeto a ser recubierto). El material se desprende de la superficie objetivo por un intercambio de momento entre iones y átomos del material. El pulverizado es la mejor técnica de deposición de capas delgadas. La deposición se puede conseguir de un modo controlado, la adherencia es buena y la calidad, la estructura y la uniformidad de los depósitos son excelentes [10].

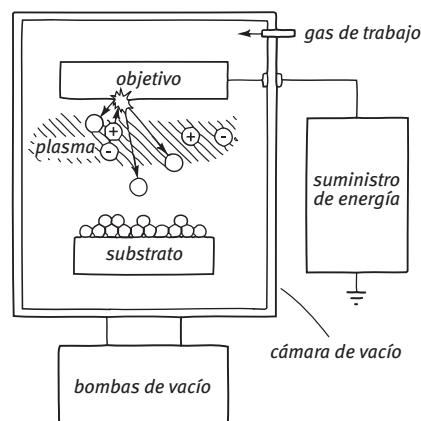


Figura 1: Diagrama de funcionamiento del proceso de pulverizado catódico

Los colores y composiciones de estratos cerámicos superficiales que pueden obtenerse utilizando este proceso incluyen, oro, oro-rosa, bronce, azul, negro y color vino. Debido a que el recubrimiento es muy delgado (normalmente $0,3\mu\text{m}$), la textura del acabado subyacente salta a la vista. No es raro que los suministradores de acabados apliquen patrones por ataques de ácidos, pulidos o grabados, antes de recubrir la superficie. Aunque se ha utilizado para aplicaciones resistentes, como en accesorios para puertas, es importante tener en cuenta que el color puede resultar dañado si se le ataca severamente. Este daño es irreparable [1].



Los recubrimientos PVD tienen la ventaja de que la capa (si es suficientemente gruesa) básicamente no es porosa y completamente compacta. La penetración de humedad y gases al sustrato es muy reducida, si no nula [10]. Sin embargo, si el acero inoxidable va a ser curvado o deformado, es importante someter al producto a un ensayo de curvado a la recepción del material.

Simplemente haciendo una curvatura cerrada en una pequeña pieza del metal determi-

nará si existe algún problema con la adherencia de la superficie. Si hay problemas en el proceso, el recubrimiento puede llegar a desprenderse durante el curvado o el impacto. Esto no debería ocurrir con un suministrador de alta calidad,

Si algún proceso de soldeo es necesario, éste debe realizarse antes de aplicar el recubrimiento cerámico [1].

Las láminas metálicas decorativas con una película PVD se utilizan a menudo en ascensores y revestimiento de columnas donde se espera tráfico de peatones [11].



El pulverizado catódico produce superficies cerámicas, que son excepcionalmente resistentes al desgaste. Fotografía: Inox-Color, Walldürn (DE)

Los recubrimientos PVD están disponibles en varios colores. Fotografías: Hans Hollein Atelier, Viena (AT)



5 Recubrimiento de bobinas

El recubrimiento de bobinas de acero inoxidable es un proceso en línea consolidado, normalmente llevado a cabo por un fabricante de acero inoxidable o por empresas especializadas. Se ofrece una amplia gama de colores y permite aplicar barnices transparentes (superficies antihuella).

Antes del recubrimiento, el acero inoxidable se limpia químicamente y se aclara con agua. El sustrato inoxidable puede ser tanto austenítico como ferrítico y los recubrimientos pueden optimizarse conforme a funciones específicas y el ambiente de servicio. La imprimación y el recubrimiento final se depositan sobre la superficie de la bobina de acero inoxidable mediante laminación por rodillos en una línea continua. La superficie preparada recibe una imprimación, que se cura mediante cocción en un horno eléctrico, antes de continuar con el recubrimiento final. Se dispone de diferentes recubrimientos para las distintas aplicaciones, ambientes o condiciones de servicio. El material recubierto puede emplearse con éxito en ambientes exigentes como túneles de carretera de mucho tráfico, por ejemplo,



Un acabado rojo y atractivo del acero inoxidable en la estación de metro de la Plaza Carlo Maciachini, Milán. Fotografía: Centro Inox, Milán (IT)

donde normalmente hay poca ventilación, elevada humedad y presencia de gases de escape de los vehículos.

Los colores aplicados no incrementan la resistencia a la corrosión del acero inoxidable como material base. La resistencia a la corrosión intrínseca del acero inoxidable es sin embargo, muy utilizada especialmente en el reverso no pintado, donde se producen arañazos, así como, daños a la pintura y en los bordes. Al contrario que otros materiales tradicionales (ej. acero galvanizado pintado), el acero inoxidable recubierto en bobina no presenta formación de burbujas y desprendimiento en los cortes (de los bordes) [12]. Si se pinta adicionalmente, no es por protección contra la corrosión, sino por razones estéticas, por evitar deslumbramiento o ser anti-huellas.



Tanto recubrimientos transparentes como opacos pueden aplicarse al acero inoxidable. Fotografía: Replasa, Astrain, Navarra (ES)



Para evitar deslumbramientos, se utiliza acero inoxidable recubierto en bobina, para los revestimientos resistentes a la corrosión en túneles. Fotografía: ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni (IT)

El material recubierto en bobina no se puede soldar, pero las uniones del material mediante adhesivo están obteniendo buenos resultados [13]. Cuando el borde de las chapas no esté pintado, el método de soldeo es similar al del acero inoxidable sin pintar. A parte de esto, se han de seguir algunas reglas [12]:

- La soldadura por láser y plasma puede llevarse a cabo sin precaución alguna. No es necesario dejar los bordes sin pintar.
- Se recomienda un lijado mecánico de la pintura alrededor de la zona a soldar cuando se utilice soldadura eléctrica (por puntos).

Los recubrimientos están disponibles en una amplia gama de colores y se utilizan en aplicaciones tales como electrodomésticos, mobiliario, paneles arquitectónicos, paneles decorativos, cámaras frigoríficas, aire acondicionado, puertas metálicas e iluminación [14, 15]. Con este proceso se puede igualar exactamente un color debido al estricto control de los parámetros en la producción industrial. Los suministradores normalmente tienen en stock los colores más comunes, pero se podría disponer de cualquier color con el pedido mínimo correspondiente.

El acero inoxidable recubierto en bobina puede doblarse, por ejemplo, en los elementos de fachada. Fotografía: Centro Inox, Milán (IT)



6 Pintado



Panorámica de un puente de acero inoxidable en Venecia pintado de negro para armonizar con el conjunto histórico. Fotografías: IMOA, Londres (GBR)

Pintar acero inoxidable es similar a pintar otros metales, excepto, que el objeto sea estético en lugar de por protección ante la corrosión. Cuando se plantea la pintura para nuevos proyectos, debe tenerse en cuenta que el sustrato del acero inoxidable es mucho más resistente a factores medioambientales que la pintura. Los prescriptores deben considerar qué ocurrirá si finalmente la pintura se desprende. Algunos elementos se repintan y en otros casos los propietarios deciden quitar la pintura y dejar al descubierto el acero inoxidable.

La principal causa del fallo en la pintura es la pérdida de adherencia, que conduce a un desconchado muy poco atractivo y posiblemente a la corrosión. Esto ocurre debido a la mala preparación de la superficie, cuando no se limpia ni se trata correctamente. Se debe tener cuidado antes de cualquier trabajo con pintura, y asegurarse que la su-

perficie esté libre de sales, contaminantes, aceite, tierra, óxido, productos corrosivos y otras partículas. La superficie debe estar lo suficientemente rugosa como para permitir una buena adherencia y el acero inoxidable tiene el requisito adicional de que debido a que la capa pasiva puede impedir dicha adherencia, ésta debe ser eliminada poco antes del pintado. Las superficies de acero inoxidable son duras y lisas, especialmente cuando están laminadas en frío o tienen un acabado liso especial. Cuando se necesite una superficie más rugosa, se realiza un decapado, un ataque ácido, un chorreado abrasivo o un cepillado. Tan pronto como sea posible debe ser aplicada la imprimación metálica y el adecuado método de pintado justo después de dejar la superficie rugosa y antes de que se forme la capa pasiva.

El color hace que las barandillas de acero inoxidable sean más visibles para personas con discapacidad visual. Fotografía: Rimex Metals, Enfield (GBR)



Se utilizan varios tipos de chorreado por abrasión. El granallado con bola aumenta la rugosidad de la superficie, sin embargo sólo debe aplicarse para las secciones más robustas, como componentes estructurales y chapas gruesas, ya que no se deformarán con los impactos de las bolas. El mejor funcionamiento se consigue con partículas limpias, duras y no férricas de un tamaño de grano relativamente pequeño, impulsadas por chorro de aire totalmente libre de aceite del compresor. También se utilizan bolas de vidrio. Puede evitarse la deformación en materiales de espesores finos utilizando un refuerzo, pero esto solamente deben realizarlo empresas con experiencia.

Las empresas de pintura son las más cualificadas para recomendar tipos de pintura, procesos de imprimación y recubrimientos finales. Una imprimación metálica apropiada para acero inoxidable puede utilizarse para eliminar la capa pasiva en un acabado que es ya de por sí rugoso. Los acabados por laminación en caliente, acabados superficiales 2B ó 2D y más rugosos como el 2G ó 2J (nº 4) han sido pintados con éxito. La limpieza es fundamental al pintar acero inoxidable. La superficie debe estar limpia y es una práctica aconsejable pintar en atmósferas limpias y libres de polvo. Es conveniente aplicar ligeras capas y dejar un buen tiempo de secado entre las mismas [16].

El pintado es a menudo eficaz para mejorar la visibilidad. Fotografías: Centro Inox, Milán (IT)



7 Recubrimientos metálicos

Fundamentalmente utilizados para tejados y elementos para la lluvia, los recubrimientos metálicos también se utilizan en panelados exteriores [17].

El acero inoxidable recubierto de estaño envejece hacia un tono gris medio o gris oscuro, o se puede adquirir ya envejecido. Puede dañarse por arañazos o abrasión, pero no afectará a la resistencia a la corrosión del sustrato. El color definitivo depende de las condiciones de servicio. A diferencia del acero al carbono, los recubrimientos metálicos en el acero inoxidable no se aplican para mejorar su resistencia a la corrosión.

Una capa de estaño aumenta, en gran medida, su capacidad de ser pintado. En el caso de tejados y elementos para la lluvia, pueden existir entornos arquitectónicos en los que se requiera la durabilidad del acero inoxidable pero no un acabado metálico para que no desentone – por ejemplo, en edificios protegidos.

En esos casos, el acero inoxidable recubierto de estaño puede ser pintado, sin una preparación previa de la superficie, utilizando imprimaciones y pinturas recomendadas por el fabricante [17, 18]. Este proceso de pintado es más sencillo que realizarlo sobre acero inoxidable sin recubrir de estaño, ya que no hay necesidad de eliminar la capa pasiva del inoxidable.

El inoxidable recubierto de estaño ha sido utilizado con éxito en tejados y desagües desde hace décadas. Fotografía: Aperam, Luxemburgo (L)



El proceso galvánico también puede utilizarse para aplicarle una fina capa de cobre al acero inoxidable. Fotografía: Roofinox, Schaan (FL)



8 Limpieza de acero inoxidable coloreado o pintado

Aunque el sustrato tendrá la resistencia propia del acero inoxidable, el coloreado será más delicado. Las técnicas de limpieza abrasivas utilizadas a veces para acero inoxidable sin recubrir no son apropiadas para el acero inoxidable coloreado o pintado.

Solamente es posible hacer consideraciones generales sobre el mantenimiento y limpieza del acero inoxidable pintado. Se debe pedir asesoramiento técnico a las empresas especializadas, con experiencia en limpieza de superficies coloreadas por procesos electroquímicos. Algunos fabricantes recomiendan utilizar detergentes suaves y desengrasantes utilizados para limpiar los motores de los vehículos. Las compañías de pintura ofrecen a menudo limpiadores propios para sus sistemas de pintado.

Debido a que el acero inoxidable coloreado depende de una capa pasiva de mayor grosor, un PVD o una capa de óxido negro, hay que tener mucho cuidado durante su limpieza para evitar dañar la superficie. Solamente podrá “repararse” sustituyendo el panel.

8.1 Limpieza inicial

Entendemos que la superficie habrá sido protegida durante la entrega, el almacenaje y el montaje.

Es normal utilizar plástico adhesivo para proteger las superficies coloreadas y pintadas. En ese caso es vital no exceder el tiempo máximo de permanencia del adhesivo antes de despegarlo. Si esto no se tiene en cuenta puede surgir un problema de retención de adhesivo. Si se mantiene adhesivo



La limpieza de las paredes muestra que no hay corrosión, a pesar de las condiciones tan desfavorables dentro de este túnel.

Fotografía: Centro Inox, Milán (I)

en la superficie, se necesita eliminarlo, para ello se debe pedir asesoramiento tanto al suministrador del acero inoxidable como a la empresa especialista de limpieza [19]. Los adhesivos con base de agua pueden ser generalmente eliminados sin dañar las superficies pintadas, aunque algunos necesitan disolventes que podrían dañar la pintura.

8.2 Limpieza habitual

El sistema de limpieza recomendado para un acero inoxidable sin recubrir puede ser llevado a cabo pero, con especial cuidado para no dañar la superficie. Esto es especialmente importante cuando tratamos con acero inoxidable coloreado muy sucio. Por ejemplo, la limpieza con agua a alta presión puede dañar la superficie coloreada. Es preferible el lavado con manguera a baja presión con detergente. Si la suciedad persiste, un ligero frotado con un paño suave o un cepillo de cerdas suaves de plástico, desprenderá la suciedad. En general, se recomienda pedir ayuda al fabricante del acero inoxidable coloreado o a una empresa especializada de limpieza [19].

8.3 Vandalismo, accidentes y limpieza reparadora

Aunque existen técnicas para eliminar la pintura y las marcas de tinta del acero inoxidable coloreado y pintado, eliminar este tipo de pintadas (grafiti) debe encomendarse a empresas especialistas de limpieza, de lo contrario la superficie puede quedar dañada irremediablemente.

Las marcas de grafiti en acero inoxidable pintado tienen el mismo efecto visual que aquellas en acero al carbono pintado, con la ventaja que la marca no se ve aumentada por la corrosión. Si es posible volver a pintar y restaurar la superficie de acero inoxidable pintado, dependerá de las posibilidades de igualar el color y en el sistema de pintado. En el caso de acero inoxidable coloreado electroquímicamente, la reparación in situ sólo es posible reemplazando el panel.

Las salpicaduras de cemento y mortero se deben retirar de inmediato, ya que su alcalinidad podría causar la decoloración del acabado. Si no se elimina el cemento o mortero inmediatamente, parte del material endurecido puede quedar en la superficie cuando seque totalmente y el remanente puede ser

eliminado con un lavado a baja presión y cepillos de cerdas suaves, teniendo cuidado de no arañar la superficie. Después de eliminar las salpicaduras, los paneles deben ser examinados para evitar manchas alcalinas. Si éstas aparecieran, los paneles coloreados probablemente tendrían que ser reemplazados. Para el acero inoxidable pintado, puede considerarse sanear y volver a pintar el área afectada.

Obviamente es importante evitar arañar la superficie, así que nunca se deben utilizar cepillos metálicos o componentes abrasivos. Así mismo, las partículas de hierro han de eliminarse a la perfección, limpiando con un paño suave antes de que empiece a oxidarse.

La limpieza reparadora a gran escala debe ser llevada a cabo por una empresa competente especialista en limpieza [19], con el asesoramiento del suministrador del acabado de la superficie.

Los productos limpiadores que son seguros para el acero inoxidable sin recubrir pueden aplicarse normalmente al acero inoxidable coloreado electroquímicamente.



9 Especificación de productos para acero inoxidable coloreado

En la Tabla 6 de EN 1088 – 2 [20], se utiliza la designación 2L (acabado especial) para productos planos coloreados, refiriéndose, el material de origen, a los laminados en frío. Tan solo una cara debe tener el tono especificado y la calidad superficial. La norma no estipula colores, dado que el color debe acordarse entre prescriptor y suministrador.

La práctica habitual es que los suministradores de acabados finales, dispongan de muestrarios manejables para ayudar al proceso de selección del acabado superficial [9]. Muestras mayores que presenten la gama completa del color pueden obtenerse más adelante para la maqueta del proyecto y deberían observarse bajo todas las posibles condiciones de iluminación. Éstas sirven como un ejemplo visual para el proyecto, previo acuerdo entre prescriptor y suministrador.



Las muestras deben observarse bajo las condiciones reales de iluminación en el lugar del edificio. Fotografía: Inox-Color, Walldürn (DE)



10 Referencias

- [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., *Guía de Acabados de Acero Inoxidable*, Euro Inox, Series de Construcción, Vol. 1, 2002, www.euro-inox.org/pdf/build/Finishes02_SP.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 *Aceros inoxidable. Parte 2: Condiciones técnicas de suministro para chapas y bandas de acero resistentes a la corrosión para usos generales.*

ISBN 978-2-87997-367-8