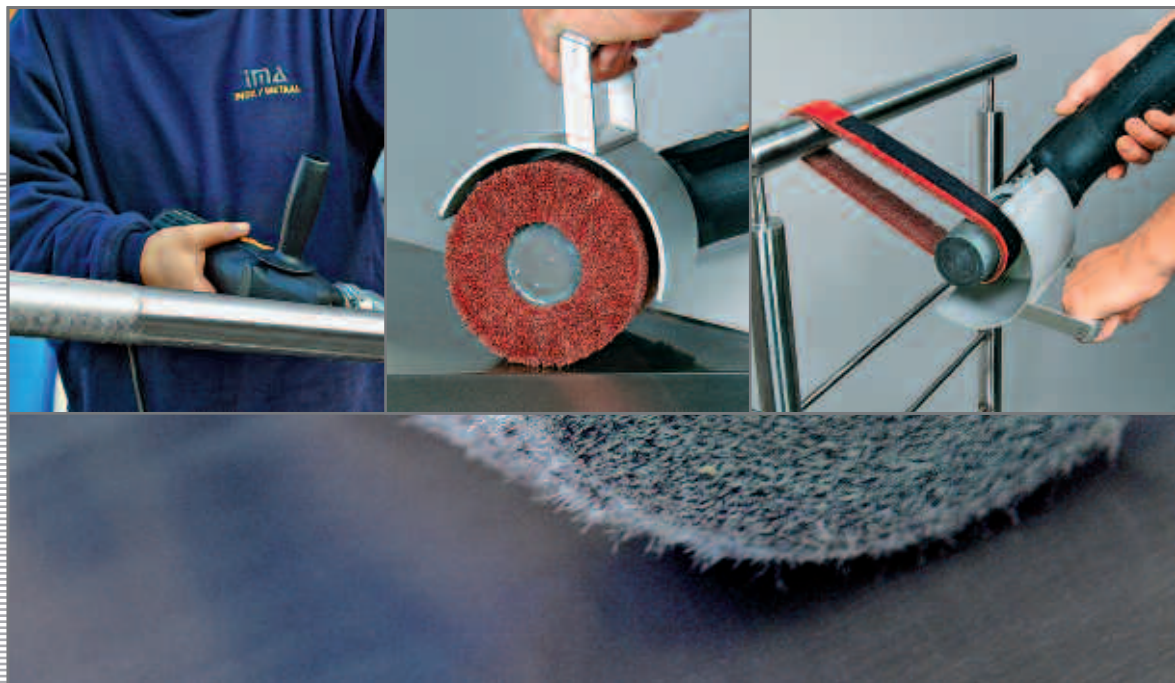


## Los Acabados Mecánicos de las Superficies Decorativas de Acero Inoxidable



## Euro Inox

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

Los miembros de Euro Inox son:

- Fabricantes europeos de acero inoxidable,
- Asociaciones nacionales para el desarrollo del acero inoxidable,
- Asociaciones para el desarrollo de las industrias de los elementos de aleación.

Uno de los objetivos primordiales de Euro Inox es dar a conocer las propiedades exclusivas del acero inoxidable y promover su empleo, tanto para las aplicaciones actuales como en nuevos mercados. Para lograr estos propósitos, Euro Inox organiza conferencias y seminarios, edita guías impresas y en formato electrónico, permitiendo que arquitectos, diseñadores, contratistas, fabricantes, y usuarios finales se familiaricen con este material. Euro Inox también apoya las investigaciones técnicas y de mercados.

## Aviso legal

Euro Inox se ha esforzado en asegurar que la información aquí presentada es técnicamente correcta. Sin embargo, se avisa al lector que este material es válido únicamente como información general. Los miembros, dirección y consultores de Euro Inox no se hacen responsables de pérdida, daño o lesión provocada por el uso de la información contenida en esta publicación.

## Copyright Notice

*Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación, y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquier otro, sin la autorización previa por escrito de Euro Inox,*

Los acabados mecánicos de las superficies decorativas de acero inoxidable.

Segunda edición 2006

(Serie Materiales y sus Aplicaciones, volumen 6)

© Euro Inox 2006

## Editor

Euro Inox

Sede de la Organización:

241 route d'Arlon, 1150 Luxemburgo,

Gran Ducado de Luxemburgo

Tel.: +352 261 03 050 Fax: +352 261 03 051

Oficina Ejecutiva:

Diamant Building, Bd. Aug. Reyers 80

1030 Bruselas, Bélgica

Tel.: +32 2 706 82 67 Fax: +32 2 706 82 69

E-mail: [info@euro-inox.org](mailto:info@euro-inox.org)

Internet: [www.euro-inox.org](http://www.euro-inox.org)

## Autor

Benôit Van Hecke, Bruselas (B), con la amable colaboración de Marc Thijs, Tildonk (B)

## Agradecimientos

*Traducción:* CEDINOX, Madrid

- Fotografías:*
- AID (1, 5.2, 6.1) / Genk (B)
  - CIBO (cover, 3, 4, 5.1) / Tildonk (B)
  - Suhner (4, 6.1) / Brugg (CH)
  - Cavale (5.4) / Diepenbeek (B)
  - Wolters (6.2) / Diest (B)
  - Engineering (6.3) / Drogenbos (B)

*Luxemburgo. La vulneración de estos derechos podrá dar lugar al ejercicio de las acciones legales que procedan para su amparo e indemnización de los daños y perjuicios producidos, que incluirán las costas y honorarios de abogados, todo ello de conformidad con la normativa de propiedad intelectual de Luxemburgo y de la Unión Europea.*

## Índice

1	Introducción	2
2	Especificación de superficies de acabado mecánico para elementos de acero inoxidable	3
3	Métodos de acabado utilizados habitualmente	4
4	Abrasivos y herramientas de potencia utilizadas habitualmente	7
4.1	Control del proceso durante el acabado con herramientas portátiles	7
4.2	Abrasivos	8
4.3	Herramientas y equipos de acabado	11
5	Acabados óptimos	17
5.1	Minimizar el acabado	17
5.2	Selección de métodos de acabado apropiados para el diseño y la fabricación	18
5.3	Precauciones en el acabado de artículos decorativos de acero inoxidable	19
5.4	Correcta administración durante el almacenamiento, fabricación, acabado e instalación de productos decorativos de acero inoxidable	21
6	Estudios	23
6.1	Pasamanos	23
6.2	Mobiliario urbano	26
6.3	Equipos de catering	29
7	Aspectos de salud, seguridad y medioambiente	33
7.1	Efectos para la salud relacionados con la fabricación y el acabado de los aceros inoxidables	33
7.2	Métodos de trabajo seguros para herramientas utilizadas en acabados mecánicos y abrasivos	34
7.3	Aspectos medioambientales del trabajo con acero inoxidable y eliminación de los productos de desecho	34

### Miembros Plenos

#### Acerinox

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

#### Outokumpu

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

#### ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

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

#### ThyssenKrupp Nirosta

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

#### UGINE & ALZ Belgium

#### UGINE & ALZ France

#### Groupe Arcelor

[www.ugine-alz.com](http://www.ugine-alz.com)

#### Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

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

#### Institut de Développement de l'Inox (I.D.-Inox)

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

#### International Chromium Development Association (ICDA)

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

#### International Molybdenum Association (IMOIA)

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

#### Nickel Institute

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

#### Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

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

#### SWISS INOX

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

### ISBN 978-2-87997-231-2

2-87997-162-4	Versión inglesa
2-87997-163-2	Versión holandesa
2-87997-164-0	Versión finlandesa
978-2-87997-235-0	Versión francesa
978-2-87997-051-6	Versión alemana
2-87997-167-5	Versión polaca
978-2-87997-232-9	Versión sueca
978-2-87997-238-1	Versión italiana
978-2-87997-234-3	Versión checa
978-2-87997-239-8	Versión turca

### Miembros Asociados

#### Acroni

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

#### British Stainless Steel Association (BSSA)

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

#### Cedinox

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

#### Centro Inox

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

## 1 Introducción

Los aceros inoxidable ofrecen una serie de propiedades que los hacen muy apropiados para usos decorativos y estructurales en el sector de la construcción y afines. Entre ellas:

- Moderno y atractivo,
- Higiénico y de fácil limpieza,
- Resistente a la corrosión,
- Sostenible,
- De mantenimiento sencillo,
- De fácil fabricación,
- Completamente reciclable.

Por estas razones, arquitectos, diseñadores y contratistas de obra prefieren especificar y utilizar aceros inoxidable en una amplia gama de sectores que incluyen la construcción y la edificación, elementos arquitectónicos de metal (pasamanos y barandillas), mobiliario urbano, industria alimentaria,

equipos de catering y cocina, electrodomésticos, etc.

Los planes para tales proyectos suelen alcanzar las pequeñas y medianas empresas, que cada vez más se ven enfrentadas a nuevos desarrollos en materiales, acabados y tecnologías como el trabajo de chapa metálica o la soldadura láser que a veces no llegan a entender o a familiarizarse completamente. Las operaciones de acabado como el esmerilado, pulido y cepillado requieren una atención especial para lograr un rendimiento y vida de servicio óptimos en los elementos de acero inoxidable. Esta parte del proceso de fabricación puede entenderse realmente como el “sello de calidad” del fabricante y ofrece una excelente oportunidad, si se realiza correctamente, de mostrar las ventajas del acero inoxidable.

Esta publicación describe los métodos de acabado mecánico apropiados para elementos de acero inoxidable y explica e ilustra las actuales “prácticas óptimas”, enfatizando algunas de las diferencias entre las prácticas para aceros al carbono y aceros inoxidable.

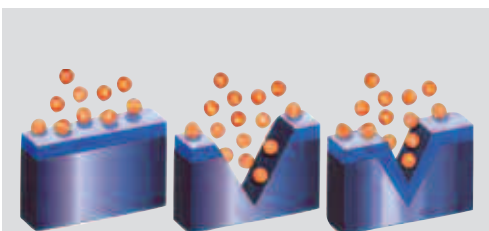


*Pequeñas y medianas empresas de construcción emplean muchas veces diseños de acero inoxidable en elementos decorativos. Pueden tener que enfrentarse a desarrollos en materiales, acabados y tecnologías como el trabajo de chapa metálica, la soldadura láser, etc. que son nuevos para ellas. Las operaciones de acabado como el esmerilado, pulido y cepillado son ejemplos de estas tecnologías.*

## 2 Especificación de superficies de acabado mecánico para elementos de acero inoxidable

Una especificación clara y precisa del acabado mecánico en la fabricación de acero inoxidable es un paso fundamental para optimizar las ventajas de uso de este material. Identificar el tamaño de grano (puede emplearse “granalla”, pero “grano” es más habitual) del abrasivo para las operaciones de acabado mecánico es sólo una parte del proceso de especificación. Cuando el objetivo es precisamente ajustarse a un acabado existente o deseado, el mejor enfoque es utilizar muestrarios comparativos de superficies acabadas. El fabricante o contratista de acabado sólo puede cerciorarse de que se fabrica el acabado necesario si las muestras acordadas forman parte del proceso de especificación. Por sí solas, las descripciones escritas (cualitativas) o numéricas (cuantitativas), por ejemplo los valores de rugosidad superficial Ra, no son suficientes para especificar íntegramente un acabado mecánico en una superficie de acero inoxidable.

También es importante una correcta elección del tipo de acero desde el punto de vista del acabado superficial, especialmente cuando se requieren acabados pulidos suaves y muy reflectantes. Los tipos de acero inoxidable utilizados más habitualmente en exteriores son EN 1.4301/1.4307 y, en la mayoría de los ambientes corrosivos, EN 1.4401/1.4404. En algunos países y segmentos de usuarios finales, se emplean EN 1.4541 y 1.4571 como tipos alternativos resistentes a la corrosión intercristalina (en lugar de los tipos de bajo contenido en carbono, 1.4307 y 1.4404 respectivamente). Estos dos tipos incluyen titanio en la aleación y son menos apropiados para elementos decorativos brillantes porque podrían ofrecer un aspecto irregular. Cuando se lleven a cabo trabajos de reparación sobre elementos existentes, estos tipos alternativos, si fuesen ofrecidos por los proveedores, no deberían emplearse puesto que podrían ser difíciles de igualar con el acabado existente.



*El acero inoxidable posee un rasgo único: es autorregenerador. Debido a los elementos de aleación presentes en el acero inoxidable, se forma una fina “capa pasiva” transparente en la superficie. Incluso si la superficie de acero inoxidable fuese arañada o dañada de cualquier otra forma, esta capa pasiva, de sólo unos pocos átomos de espesor, se regenera instantáneamente bajo la influencia del oxígeno del aire o del agua. Esto explica por qué el acero inoxidable no requiere ningún recubrimiento ni ninguna otra protección a la corrosión.*



### 3 Métodos de acabado utilizados habitualmente

Los términos esmerilado, pulido, abrillantado y cepillado se utilizan con frecuencia en la especificación del acabado de las superficies de los elementos de acero inoxidable. Para garantizar que se logre el acabado deseado por el diseñador, contratistas, fabricantes, proveedores y cliente final deben tener una comprensión clara de estos términos y de cómo se puede conseguir este acabado.

#### Esmerilado y pulido

“Esmerilado” y “pulido” son formas de mecanización que implican eliminación de una capa de metal de la superficie mediante una operación de corte (abrasión). Esto implica el uso de partículas duras (compactadas entre sí o unidas a un soporte). El acabado de la superficie resultante depende de varios factores, incluyendo el tamaño de grano (rugosidad) del abrasivo empleado. En esta publicación, el término “esmerilado” se empleará para describir la eliminación de material residual de la superficie,

tal como costuras de soldadura o capas de óxido. “Pulido” se empleará para describir las operaciones decorativas de acabado en las que se elimina deliberadamente cierto material de la superficie.

A continuación se muestra una ilustración de los tamaños de grano empleados para producir una gama de acabados esmerila-

Operación	Tamaño de grano típico
• Eliminación de costuras de soldadura (requiere acabado más fino)	36
• Esmerilado de material laminado en caliente “1D”	36/60
• Prepulido de acero inoxidable laminado en frío	80/120
• Pulido como paso de acabado o como preparación	120/180/240
• Pulido final (etapas finales)	320/400

*Las partículas duras sobre un soporte (para acabados de acero inoxidable es generalmente una tela) producen un efecto abrasivo, que va desde la eliminación de costuras de soldadura hasta el embellecimiento de acabados decorativos. Tales abrasivos están disponibles para su uso con distintas herramientas de potencia incluyendo lijadoras de banda abrasiva, limas de potencia, lijadoras angulares, lijadoras rectas, etc.*

dos y pulidos en elementos de acero inoxidable. Téngase en cuenta, como punto de partida, que el uso de abrasivos de menor tamaño de grano produce acabados más lisos.

Esta clasificación sólo pretende ilustrar el efecto de los tamaños de grano abrasivo sobre los acabados producidos en elementos industriales de acero inoxidable (bobinas y chapa). No es un sistema universal de clasificación que pueda aplicarse a todos los métodos de pulido de acero inoxidable, incluyendo el pulido a mano.

Los acabados obtenidos utilizando un tipo particular de tamaño de grano dependen del tipo de equipo y de su modo de uso. Deberá contactarse con los proveedores de abrasivos y equipos de pulido para pedir consejo sobre los abrasivos y equipos apropiados para lograr acabados específicos en artículos de acero inoxidable.



## Abrillantado

A diferencia del esmerilado y pulido, el abrillantado no pretende eliminar deliberadamente ningún material de la superficie de acero inoxidable. Se trata, por el contrario, de un proceso de alisado, que hace la superficie más brillante y reflectante. El proceso puede implicar el uso de pastas o productos líquidos o sólidos de abrillantado para mejorar el acabado. El acabado conseguido mediante el abrillantado depende en parte del acabado conseguido en la fase de preabrillantado. El abrillantado puede realizarse siguiendo, bien un pulido monofase con un tamaño de grano intermedio,

bien un pulido multifase con grano suave. El abrillantado con grano intermedio suele ser menos costoso de ejecución pero es muy posible que no presente la “calidad superior” de acabado de una superficie finamente pulida y con abrillantado final. Puesto que el abrillantado siempre produce acabados suaves con efecto brillo, es una técnica de acabado utilizada habitualmente en equipos farmacéuticos. Como ejemplos de productos acabados siguiendo la técnica de “abrillantado inmediato”, es decir, sin prepulido del acabado de fábrica, se encuentran ciertas piezas de cubertería, por ejemplo, cuchillos, tenedores, cucharas, etc.

*El abrillantado puede realizarse empleando mopas de algodón o fieltro, secas o con productos abrillantadores.*

*Las superficies de tubos pueden abrillantarse hasta darles un acabado especular mediante máquinas fijas de eje giratorio. También pueden emplearse discos de láminas montados sobre herramientas manuales y utilizando pastas abrillantadoras.*



## Cepillado

El cepillado, así como el esmerilado y el pulido, es un proceso de acabado abrasivo. Los términos “cepillado” y “pulido” frecuentemente se confunden. En el cepillado se emplean abrasivos suaves para “texturizar” la superficie en lugar de recortar capas de metal. El cepillado produce un efecto abrasivo mínimo en la superficie de acero inoxidable. Los medios de cepillado incluyen una gama de bandas, almohadillas o muelas “Scotch-Brite™”.

“Scotch-Brite™” es una marca comercial de la compañía 3M. No obstante, el término

está muy extendido entre los especialistas en acabados metálicos en referencia a una serie de tejidos de nailon tridimensionales con partículas abrasivas impregnadas. Estos medios de acabado se clasifican, no según su tamaño o calidad de grano, sino como una gama de productos que incluyen grueso, medio, fino, muy fino y súper fino. Para facilidad de referencia, se empleará el término “Scotch-Brite™” a lo largo de esta publicación, cuando se discuta la aplicación de estos medios de acabado.

Es muy importante utilizar muestras representativas de acabados superficiales en la especificación de acabados de cepillado.



*Ejemplo de un cepillo de lija fabricado con Scotch-Brite™.*

*En este caso la rueda Scotch-Brite™ está cepillando la mancha de soldadura para igualar la costura de la soldadura con el metal adyacente. Esta operación de acabado no pretende alisar la costura. Ello requeriría una operación inicial de esmerilado.*



## 4 Abrasivos y herramientas de potencia utilizadas habitualmente

La apariencia final y calidad de la superficie de los artículos de acero inoxidable acabados mecánicamente depende de varios factores, incluyendo:

- tipo de abrasivo: material de soporte, tamaño, forma y dureza de grano,
- número de pasos del proceso de acabado,
- equipos utilizados,
- tipo de alimentación utilizada en los equipos,
- cómo se soporta el abrasivo (p.ej., soporte de banda o disco, tipo y flexibilidad de rueda),
- velocidad de superficie y presión aplicada.

La elección óptima de los equipos de acabado, los consumibles y el método dependerá de:

- el estado de la superficie existente del producto semiterminado,
- la accesibilidad de las áreas a concluir,
- el efecto visual final requerido.

### 4.1 Control del proceso durante el acabado con herramientas portátiles

Cuando se realizan trabajos de acabado a mano, la presión aplicada y por tanto la temperatura de trabajo de la pieza debe controlarse de modo que se evite que el abrasivo se hunda y produzca una superficie irregular que posteriormente pueda ser difícil de corregir.



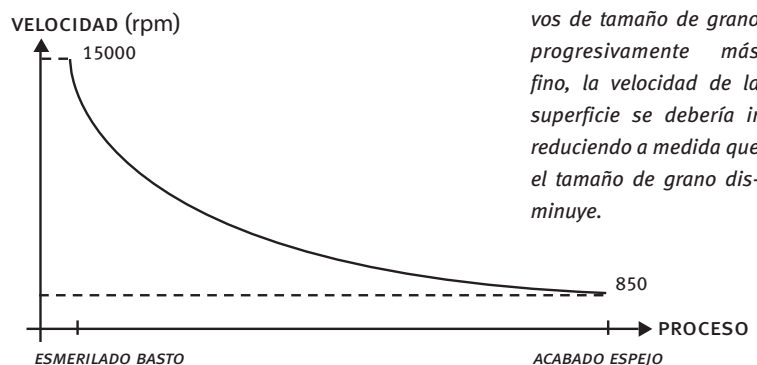
Al realizar el trabajo de acabado a mano, deben controlarse la temperatura y la presión.

El efecto combinado del movimiento del operario, la presión ejercida y la velocidad periférica del abrasivo intervienen en el resultado del acabado.

El aceite y los lubricantes de grasa pueden alargar la vida de servicio de los abrasivos puesto que constituyen un medio refrigerante y ayudan, además, a eliminar el polvo de esmerilado. El efecto visual final de utilizar un pulido "húmedo" es distinto del pulido "seco".

Puesto que muchas veces es difícil asegurar un suministro fundamental y constante de lubricante a la superficie de abrasivo / metal durante el pulido de las piezas, en este caso no se suele emplear el pulido húmedo.

La gama aceptable de velocidades de la superficie abrasiva depende del tamaño de grano utilizado. Cuando se realizan operaciones de pulido en varias fases con abrasivos de tamaño de grano progresivamente más fino, la velocidad de la superficie se debería ir reduciendo a medida que el tamaño de grano disminuye.



## 4.2 Abrasivos

Los abrasivos empleados en el esmerilado y pulido de artículos de acero inoxidable en condiciones de fábrica y de ubicación final son generalmente distintos de los empleados en el acabado de bobinas, chapas o plates en acerías y centros de servicio en los que se suelen emplear abrasivos de óxido de aluminio o carburo de silicio.

Durante el acabado de artículos se emplean normalmente abrasivos de óxido de circonio en la gama de tamaño de grano de 24 a 120. Estos tipos de abrasivo presentan una mejor durabilidad en estas rigurosas condiciones de trabajo que los abrasivos de óxido de aluminio o carburo de silicio. Para acabados con menor tamaño de grano puede emplearse óxido de aluminio o carburo de silicio. Las propiedades de los abrasivos que determinan los resultados de pulido final son:

- el tamaño de grano,
- el tamaño (diámetro) de los discos o ruedas de soporte y su velocidad periférica,
- el tipo y rigidez del material soporte,
- el uso de cualquier grasa o aceite lubricante conjuntamente con el abrasivo (no es práctica normal en el esmerilado y pulido a mano).

Contrariamente a la gama de abrasivos utilizados para el pulido de bobinas y chapas, el desgaste del grano –y por ende de la variación del aspecto visual de la bobina acabada – no es una característica tan molesta en los abrasivos empleados en operaciones manuales. No sólo los trabajos manuales incorporan muchas fases de acabado utilizando vellón (que ocultarían el efecto del desgaste de grano en el prepulido) sino que además, el desgaste de los abrasivos empleados (p. ej., muelas) muestra un comportamiento diferente al de las grandes bandas abrasivas utilizadas en el pulido de bobinas y chapas.

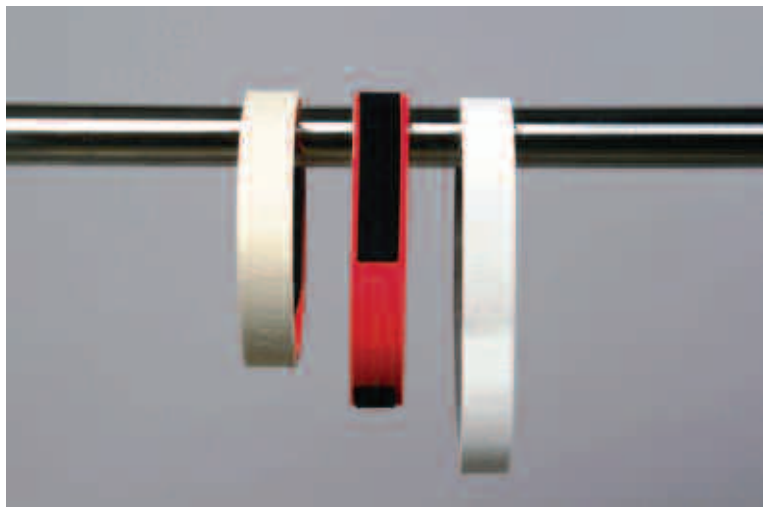


*Los abrasivos utilizados más habitualmente son: bandas abrasivas, telas no tejidas (vellón), discos de lámina, discos de fibra, discos abrillantadores...*

Se indican los abrasivos utilizados más frecuentemente:

### **Bandas abrasivas**

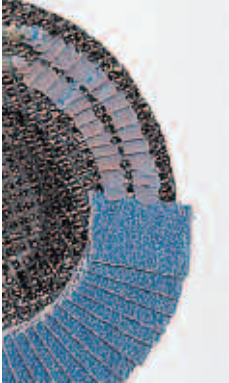
Están disponibles en una gran variedad de anchos y tipos de material soporte. Para el pulido de acero inoxidable se incluye el paño flexible y el algodón-poliéster resistente. El tipo de material soporte afecta al rendimiento de la banda y el grado apropiado de flexibilidad del material soporte para un cierto tamaño de grano abrasivo es importante para alcanzar el acabado deseado. Los recientes desarrollos en tecnología de bandas abrasivas han producido paños abrasivos con aditivos de refrigeración incorporados. Estos reducen el calor generado durante el pulido y ofrecen una vida de servicio mejor.



### **Almohadillas Scotch-Brite™**

El efecto abrasivo del Scotch-Brite™ es mínimo comparado con los medios de lijado. La aplicación principal de los medios Scotch-Brite™ es la igualación de acabados existentes con piezas de acero inoxidable semiterminadas. Estos materiales están disponibles en forma de almohadillas (láminas), bandas y ruedas con distintos grados de rugosidad como grueso, medio, fino, muy fino y súper fino.





### Discos de lámina

A causa de su construcción estos abrasivos de larga duración se emplean con frecuencia en las etapas iniciales del acabado mecánico de los elementos de acero inoxidable. Se muestra la construcción básica de un disco de lámina. Las "láminas" abrasivas se pegan a un material soporte de fibra de vidrio.

Cuando se necesitan mayores superficies de contacto, los discos pueden llevar las láminas pegadas a un cono. Esta disposición reduce el riesgo de defectos de esmerilado y permite lograr acabados más finos.



### Discos de fibra

Son un tipo de abrasivo similar a los discos de lámina pero en forma de abrasivo de una sola pieza. A veces son conocidos simplemente como "discos de lija".

Los abrasivos de disco de fibra son menos agresivos que los discos de lámina y aunque no son tan efectivos para la eliminación de metal, son menos proclives al "abombamiento" o desgarros locales. Son útiles para terminar cordones de soldadura en artículos de acero inoxidable.



### Ruedas Compactadas

Estos discos abrasivos se fabrican prensando en caliente un material imprimado y aglutinado de nailon (tipo Scotch-Brite™). Para el trabajo manual, existen ruedas de hasta 150 mm de diámetro en una amplia gama de densidades y flexibilidades.

Estos abrasivos ofrecen una larga vida de servicio y permiten ofrecer acabados uniformes. Son especialmente útiles para eliminar soldaduras y metal con manchas de termocoloración.

### Ruedas de convolución

Son similares a las ruedas compactadas, pero se construyen envolviendo y adhiriendo capas de abrasivo alrededor de un núcleo duro hasta formar una rueda. Son menos flexibles, pero menos agresivas que las ruedas compactadas.

Las velocidades superficiales para estos dos tipos de ruedas deberían ser controladas cuidadosamente según las orientaciones del proveedor.

### Abrasivos (de Tecnologías) Especiales

Esta nueva generación de abrasivos avanzados de capa múltiple tridimensional es especialmente apta para pulir elementos de acero inoxidable. Producen un alto grado de homogeneidad de acabado y, a diferencia de los abrasivos convencionales sobre soporte de banda, tienen una especial larga duración incluso en las más rigurosas condiciones de trabajo durante el acabado de acero inoxidable.

Las partículas abrasivas individuales se unen según figuras regulares tridimensionales. Entre dichas figuras se encuentran las pirámides de caras planas o las formas de cuña (como una tienda canadiense), dispuestas sistemáticamente sobre el material soporte. Según se desgasta el compuesto de la pirámide, retirando el abrasivo desgastado, quedan expuestas nuevas partículas de abrasivo para mantener la eficiencia del mismo. Esto por su parte permite una mayor vida de las bandas, mayor tasa de corte, un acabado más homogéneo y un menor consumo de energía, en relación con los abrasivos convencionales de banda.

Los abrasivos de tecnologías especiales suelen disponer también de refrigerantes incorporados, que combinados con la auto-sustitución del abrasivo de trabajo, reducen el calentamiento local y el riesgo de quemadura de la superficie (manchas de termocolación).

### 4.3 Herramientas y equipos de acabado

La gama de herramientas y equipos utilizados en el acabado de artículos de acero inoxidable incluye los equipos fijos (taller) y las herramientas manuales portátiles.

#### Equipos fijos

Para ciertas operaciones de acabado, por ejemplo, cuando se realizan series de producciones de extremos de tubos en T o en la eliminación de rebabas, la mejor opción son las máquinas de acabado fijas.



Las lijadoras de banda fija (mostradas en el centro) están indicadas especialmente para las operaciones de eliminación de rebabas. La máquina que aparece delante está diseñada para su uso con una serie de herramientas de esmerilado intercambiables que funcionan mediante un eje flexible. Estas máquinas, también conocidas como “pulidores flexibles”, son muy adecuadas para complicados trabajos de pulido en taller. Puesto que no existe ningún motor industrial próximo a la cabeza de trabajo, estas máquinas pueden



ayudar a reducir el cansancio del operario y aseguran una zona de trabajo con bajo riesgo de descarga eléctrica.

La máquina de “eje giratorio” para pulido y abrillantado de la derecha, puede emplearse con una amplia gama de muelas de pulido y abrillantado.

La máquina de remate de tubos que aparece a la izquierda se utiliza para preparar los extremos de los tubos para empalmes en T. Este método produce perfiles de presoldadura precisos y repetibles que minimizan el grado de esmerilado posterior necesario para el artículo final.

*La banda abrasiva corre sobre una rueda de contacto de metal y produce el perfil requerido para introducir el extremo del tubo.*



### Herramientas portátiles

Existe una amplia gama de herramientas manuales portátiles para el esmerilado, pulido y acabado manual, adecuadas para su uso en artículos de acero inoxidable. Las herramientas portátiles manuales son particularmente versátiles y útiles para rematar las áreas de difícil acceso. La serie de herramientas requeridas puede reducirse al mínimo mediante una cuidadosa selección. Es importante conocer las aplicaciones específicas para las que fue diseñada cada herramienta puesto que pueden dañarse las superficies planas si se emplean herramientas inadecuadas y, posteriormente, será difícil y costoso de rectificar.

Las taladradoras eléctricas portátiles no deberían emplearse con cabezas abrasivas sobre ejes giratorios para trabajos de acabado de acero inoxidable. El diseño de los rodamientos de eje en estas máquinas no es apropiado para las necesidades de este tipo de trabajo. Para el acabado de artículos de acero inoxidable, en los que se requiere este tipo de herramientas, deberán emplearse lijadoras rectas de diseño personalizado.

Debería pedirse consejo a los suministradores de herramientas para la elección de éstas en el acabado de artículos de acero inoxidable.





### Lijadora portátil

Estas herramientas multiuso pueden emplearse tanto para el acabado de chapas como tubos. Puede emplearse una gama de abrasivos de fácil intercambio. En este caso se emplea una rueda Scotch-Brite™.

Mantener una velocidad reducida evita el excesivo calentamiento y graves daños a la superficie que pudieran ser difíciles de reparar y un desgaste excesivo de los abrasivos.

*Entre los ejemplos de herramientas portátiles utilizadas más habitualmente en artículos de acero inoxidable se incluyen las lijadoras de banda, las lijadoras angulares, las lijadoras angulares de gran accesibilidad, los pulidores de tubos y las limas de potencia.*

### Lijadora angular variable

Estas herramientas utilizan discos abrasivos flexibles para trabajos de acero inoxidable. Su mejor cualidad es un motor de velocidad variable, que hace que estas herramientas sean muy versátiles para el esmerilado y el abrillantado.





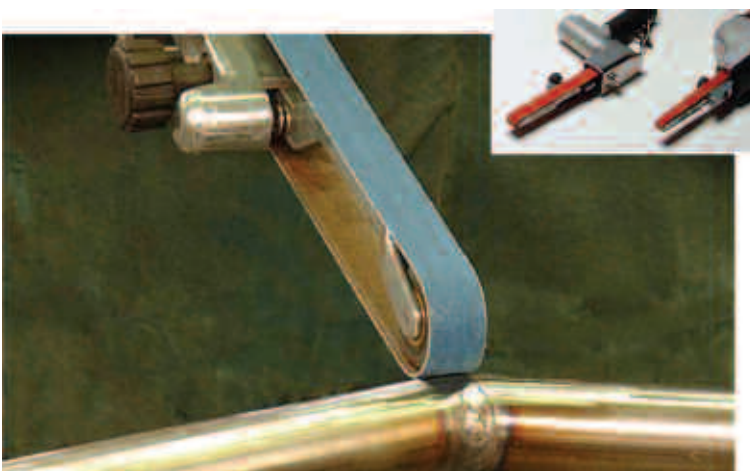
### Herramienta de acabado de ángulo interno

El principal uso de estas herramientas es el acabado de las uniones angulares soldadas, en las que el acceso de la máquina es muy restringido a causa de los ángulos agudos. El esmerilado de las gotas de soldadura, la eliminación de manchas térmicas y el acabado final se pueden realizar con una gama de discos abrasivos con distintos grados de rigidez.



### Pulidores de tubo

Estas herramientas se emplean para acabar uniones tubulares, tales como pasamanos. Su principal cualidad es una banda abrasiva enrollada alrededor del perímetro del tubo, que cubre ángulos de hasta 270°. Con esta disposición del abrasivo, estas herramientas se pueden emplear para acabar “ensamblajes cerrados”.



### Limas de potencia

Estas lijadoras de banda estrecha de alta portabilidad, a veces denominadas “dynafilas” pueden utilizarse para eliminar las costuras de soldadura. Estas herramientas necesitan manejarse con cuidado para evitar daños en la superficie de metal de los alrededores y habitualmente es necesaria una operación de pulido final para igualar adecuadamente los acabados.

### Fuentes de alimentación para herramientas de acabado

Para el acabado del acero inoxidable la fuente de alimentación puede ser eléctrica o neumática. La elección de la fuente de alimentación no afecta directamente al acabado logrado.

Puede emplearse aire comprimido para alimentar los equipos de acabado en taller, suponiendo que haya suficiente capacidad de presión y velocidad de flujo de aire en el sistema. Podría existir una demanda de aire mucho mayor para el acabado de acero inoxidable que en otros metales de igual forma y tamaño puesto que podría ser necesaria una mayor fuerza de operación. Además puesto que el acabado mecánico del acero inoxidable implica normalmente una gama mayor de velocidades de herramienta que la necesaria para el trabajo de acero al carbono, las herramientas neumáticas deberán estar equipadas con alimentadores de velocidad variable.

Ya que las herramientas de acabado neumáticas pueden ser más caras de compra y operación que herramientas de alimentación eléctrica de la misma capacidad, podrían no ser una opción económica. Sin embargo, en ocasiones es necesario emplear equipos neumáticos cuando el acabado se deba realizar en el interior de contenedores, tanques, recipientes, etc. En estas circunstancias, en las que no es posible ofrecer una toma de tierra segura para equipos eléctricos de 220 V ó 380 V, y no existe o no sería suficiente el equipo de baja tensión, los equipos de alimentación neumática pueden ser una alternativa segura.

Las fuentes de alimentación para la gama completa de equipos eléctricos de acabado utilizados en artículos de acero inoxidable incluyen las monofásicas de 220/240 V y las trifásicas de 380 V. Generalmente, un taller completo necesitará ambos tipos de alimentación.



*Las máquinas de eje flexible “pulidores flexibles” generalmente emplean un motor eléctrico industrial alimentado por una fuente de 380 V. Esto permite utilizar una amplia gama de potentes y ligeras cabezas de acabado. Si se emplearan unidades mucho más pesadas y potentes podría quedar restringida la portabilidad de los equipos.*

La tabla resume la aplicación y limitaciones de los distintos tipos de alimentación:

Tipo de alimentación	Ventajas	Desventajas
Portátil Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabaja normalmente sobre alimentación monofásica habitual (220/240 V)</li> <li>• Equipos generalmente de fácil uso, versátiles y portátiles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posible descarga eléctrica si no se utiliza bien</li> <li>• Sensible a la sobrecarga</li> </ul>
Neumática	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas de potencia que suelen ser ligeras y compactas</li> <li>• Posibilidad de altas velocidades de rotación</li> <li>• Sin riesgo de descarga eléctrica a los operarios</li> <li>• Sin riesgo de fundido del motor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altos costes energéticos</li> <li>• Mayores costes de inversión para la instalación de compresores y sistemas de distribución</li> <li>• Mayores costes de los equipos de acabado</li> <li>• Los niveles de ruido de operación de equipos neumáticos pueden ser mayores</li> </ul>
Equipos de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente de alimentación única y fiable, capaz de ejecutar una amplia gama de operaciones de pulido</li> <li>• Permite un trabajo repetitivo con poca fatiga del operario</li> <li>• Es posible disponer de una serie de velocidades de herramienta a partir de una única fuente de alimentación</li> <li>• El motor está alejado de la cabeza de trabajo, reduciendo el riesgo de descarga eléctrica a los operarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una longitud limitada del eje puede reducir la accesibilidad en artículos de gran tamaño</li> <li>• Es necesario un alto nivel de formación en el operario para obtener el mayor partido de esta versátil fuente de alimentación</li> </ul>

## 5 Acabados óptimos

### 5.1 Minimizar el acabado

El acero inoxidable se emplea con frecuencia para aplicaciones decorativas que requieren un acabado superficial de alto nivel.

El grado necesario final de esmerilado, pulido y/o abrillantado puede minimizarse si las operaciones previas como el corte, plegado y soldado se realizan correctamente. Durante la fabricación de artículos decorativos de acero inoxidable es importante:

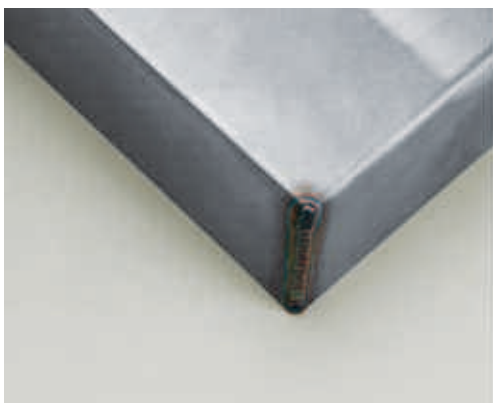
- adquirir tantos componentes ya pulidos como sea posible,
- proteger estas piezas “acabadas” de alto valor durante todas las fases de fabricación y almacenamiento.

La elección de los procedimientos y equipos correctos de soldadura son consideraciones importantes:

- Los métodos de soldadura GTAW (TIG), aunque más lentos que los métodos GMAW (MIG), son la mejor opción para trabajos decorativos, en los que se precisan acabados de alta calidad.

- La precisión requerida para procesos manuales o (semi-) automáticos GTAW (TIG) puede mantenerse siempre que se limite el desgaste del electrodo y el arco tenga buena estabilidad.
- Evitar costuras de soldaduras excesivamente gruesas. Esto puede producir una distorsión y un nivel innecesario y costoso de esmerilado y acabado.

Aunque la mayoría de los equipos de acabado son versátiles y un número limitado de herramientas servirá para la mayor parte de los trabajos de acabado, es importante utilizar las herramientas apropiadas para cada pieza específica de acabado en la que se trabaja. La mayoría de los talleres de fabricación y acabado dispondrán de máquinas fijas, como lijadoras de banda, máquinas de remate de tubos y máquinas de “eje giratorio” de pulido/abrillantado. También es necesaria una adecuada gama de herramientas portátiles para los trabajos de acabado sobre piezas y artículos decorativos de acero inoxidable.



*Las esquinas de esta encimera deberán recibir un acabado cuidadoso para igualarlas con las superficies adyacentes. La esquina acabada, aunque no es una parte estructural esencial del artículo, realza la percepción que diseñadores y usuarios de acero inoxidable deberán tener al ser un material visualmente atractivo e higiénico. La atención a detalles como estos es parte esencial de un acabado “óptimo”.*



## 5.2 Selección de métodos de acabado apropiados para los métodos de diseño y fabricación

Los métodos de fijación mecánica o unión soldada están muy extendidos para los trabajos de fabricación de acero inoxidable. Las uniones de tubos en artículos de acero inoxidable, como pasamanos, son muy comunes y pueden utilizarse para ilustrar las técnicas de acabado apropiadas.

Los ejemplos ilustrados, muestran el acabado de dos uniones angulares diferentes.

El artículo de la izquierda muestra una unión de tubo “suave”, utilizando un conector de codo preformado.

Para completar esta unión sólo se necesitan dos uniones de extremo recto. Esto ofrece la ventaja de un buen acceso a la soldadura y acabado de la unión.

El ejemplo de la derecha muestra una unión de extremo en inglete, que forma un ángulo “cerrado” entre secciones rectas. El acceso durante el soldado y acabado será más restringido en este caso. El interior de la unión debe ser esmerilado y pulido utilizando una lijadora angular interior de rueda estrecha. El ángulo exterior puede sin embargo recibir un acabado con abrasivos más rápidos de discos de láminas.

En ambos casos las áreas cercanas a la unión soldada pueden ser igualadas en todo el perímetro bien a mano bien con una herramienta de potencia portátil utilizando un abrasivo tipo Scotch-Brite™.

Aunque la opción de unión de codo “suave” pudiera ser más fácil de fabricar y acabar, requiere almacenar existencias de distintos tamaños de codo (diámetro exterior y tolerancias).



*Ángulo formado utilizando un codo.*



*Ausencia de ángulo interior cerrado.*



*El perímetro completo de la unión sólo puede ser pretratado con abrasivos de disco de láminas.*



*Acabado a mano que iguala la barra en un solo acabado, formando una conexión gradual entre los dos tubos.*





Ángulo en inglete con una sola unión soldada.



Tratamiento del ángulo interior con una herramienta de acabado de ángulo interno.



Ángulo exterior con discos de láminas



Operación de acabado con una herramienta portátil de fácil uso. El ángulo cerrado de la unión es aún visible con la soldadura completamente igualada.

### 5.3 Precauciones en el acabado de artículos decorativos de acero inoxidable

#### Mantener el retoque de la superficie al mínimo

El acero inoxidable preterminado (pulido, cepillado y recubierto de plástico) en chapas, tubos y barras para la fabricación de artículos decorativos es hoy en día de muy fácil adquisición.

Con una cuidadosa selección de los materiales preterminados disponibles, el grado total de trabajo de acabado necesario en el artículo montado puede limitarse normalmente al retoque e igualación de las uniones.

Cuando se requiera un retoque localizado se recomienda no utilizar un abrasivo de tamaño de grano demasiado grueso. Es posible que esto eliminara más superficie de la necesaria y podría dejar depresiones indeseadas en la superficie siendo el metal subyacente posiblemente demasiado fino. Para acabar artículos realizados con varias chapas soldadas, deberían emplearse técnicas de abrasivos tipo disco, en lugar de técnicas de abrasivos de lijadoras de banda. Esto debería mantener al mínimo el tamaño del área lijada alrededor de la costura de soldadura en el material base. El diámetro del disco abrasivo debería ser lo más pequeño posible, para ayudar a que el área lijada sea mínima.

#### Evitar el calentamiento local

Los tipos de acero inoxidable utilizados con más frecuencia en el sector de la construcción son las aleaciones de Cr-Ni, técnicamente llamados aceros inoxidables “austeníticos” (en su mayoría, EN 1.4301/1.4307 y –en ambien-

tes más corrosivos– EN 1.4401/1.4404). Tienen tasas de dilatación térmica mayores y una menor conductividad térmica que el tipo de acero inoxidable con aleación de Cr (“ferrítico”) tipo 1.4016, que debería limitarse a aplicaciones interiores. Los aceros inoxidables ferríticos tienen propiedades físicas similares a los aceros al carbono.

El resultado es que durante el esmerilado y pulido de los componentes de acero inoxidable austenítico, que siempre generan un cierto calor, éste no puede circular por el metal circundante tan rápidamente como en los aceros ferríticos. Las velocidades de la herramienta y la presión aplicada deberían ajustarse para compensarlo, en caso contrario, podrían producir una excesiva distorsión y manchas de termocoloración.

#### **Trabajar con el grano de pulido existente**

Durante el pulido, el dibujo de las marcas que quedan depende del tamaño de grano del abrasivo y de su dirección de uso. Cuando se igualan superficies utilizando métodos de pulido a mano, como Scotch-Brite™, es importante trabajar en la dirección de pulido original. Esto debería minimizar el tiempo y el esfuerzo necesarios para lograr el acabado deseado.

Los principales puntos a considerar en el acabado mecánico de artículos de acero inoxidable decorativo pueden sintetizarse en los siguientes:

- Mantener el aporte de calor lo más bajo posible para evitar distorsión y manchas de termocoloración innecesarias.
- Considerar los posibles efectos de aumento de velocidad o presión aplicada de la herramienta cuando se necesiten incrementos de productividad.
- Al cambiar los tamaños de grano entre los pasos de acabado es recomendable limpiar la superficie de la pieza y los equipos. Esto ayudará a evitar que ciertas partículas de esmerilado mayores, procedentes de etapas anteriores, dañen la nueva superficie.
- En la igualación, siempre debe mantenerse la dirección de pulido empleada en la etapa anterior. Empléese un trazo tan largo como sea posible al completar las etapas finales del pulido a mano.
- Si hay duda, mejor comenzar por un tamaño de grano que sea demasiado fino que demasiado grueso. Utilizar uno demasiado grueso puede provocar daños a la superficie que requieran un arreglo largo o que sean irreversibles. Como referencia, el grano 120 es el más grueso empleado habitualmente en estos trabajos.
- A diferencia de los elementos de acero que finalmente serán pintados, es difícil subsanar u ocultar una manufactura deficiente en el acero inoxidable.
- Es importante la elección de los sucesivos tamaños de grano abrasivo en la producción de superficies pulidas (espejos) de acabado fino. Como referencia, el número de tamaño de grano de cada abrasivo sucesivo no debería ser superior a dos veces el utilizado previamente. Si hubiese una diferencia demasiado grande entre ellos podrían quedar visibles restos de los abrasivos de pulido más gruesos.
- En el abrillantado, se recomienda alterar la dirección 90 grados entre los pasos sucesivos.

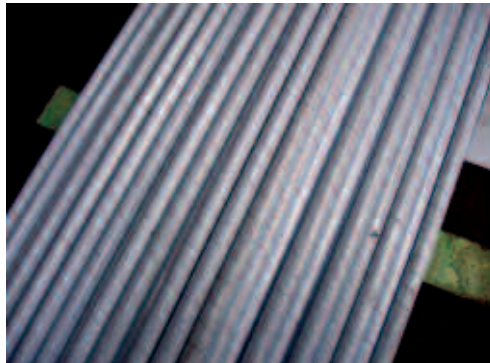
### 5.4 Correcta administración durante el almacenamiento, fabricación, acabado e instalación de productos de acero inoxidable decorativo

Utilizar una gama de distintos metales, que incluya aceros de construcción, al carbono e inoxidables, es práctica habitual en muchos talleres. Muchos artículos pueden requerir además una combinación de piezas de metal con elementos de acero al carbono e inoxidable. En tales situaciones son esenciales algunas reglas básicas de buena administración y trabajo para evitar problemas de manchas de óxido durante la vida de servicio de la pieza de acero inoxidable. Es igualmente importante evitar daños mecánicos a las superficies de acero inoxidable terminadas o semiterminadas.

Deberían tomarse las siguientes precauciones para evitar el riesgo de contaminación por hierro o daños mecánicos a las superficies de acero inoxidable:

- Utilizar recubrimientos de plástico para proteger las superficies de los artículos, cuando sea posible. Los tubos, chapas y barras normalmente son suministrados por las fábricas o centros de servicio con estos recubrimientos protectores. Es aconsejable mantenerlos todo el tiempo que sea posible durante las etapas de fabricación y renovarlos cuando se haya concluido la fabricación y estén listos para su envío. Puesto que los materiales brutos de acero inoxidable son aproximadamente 2,5 a 5 veces más caros que los productos de acero al carbono, los recubrimientos de plástico no deberían considerarse como un "lujo". Son importantes para mantener el valor de los productos

de acero inoxidable preterminados reduciendo el riesgo de rasguños y contaminación.



- Los abrasivos empleados en el acero al carbono no deben mezclarse con los abrasivos destinados para acero inoxidable. Manténganse siempre todos los abrasivos separados en los talleres de acabado de "metales diversos" para evitar el riesgo de contaminación por hierro.
- Mantener áreas separadas de almacén y trabajo en los talleres de fabricación de "metales diversos", cuando sea posible. En el caso ideal, si fuese viable, deberían utilizarse talleres completamente independientes. Con esto se eliminan las dos causas más habituales de contaminación por hierro: la contaminación directa por sedimentación de polvo de esmerilado de acero



al carbono y la contaminación cruzada por el uso de herramientas compartidas.

*Durante la fabricación de conjuntos decorativos como escaleras, pasamanos y verjas, todos los materiales brutos deberían ser adquiridos ya como artículos pulidos y con recubrimientos de plástico, cuando sea posible.*

*Estos recubrimientos protectores reducen el riesgo de daño mecánico y de contaminación por hierro.*

*Los pasos individuales en la fabricación de una escalera muestran las superficies antes (derecha) y después (izquierda) del acabado de las soldaduras.*

*Se ha conservado la mayor parte de plástico posible sobre el acero suministrado para proteger el acabado original.*

- Se debe tener cuidado durante las operaciones de almacenamiento y manipulación para evitar daños y contaminación. Las estanterías de almacenamiento, horquillas elevadoras, etc. deberán estar recubiertas de materiales apropiados como plástico, goma o madera. También son recomendables equipos de colocación alternativos distintos a los utilizados en los talleres de acero al carbono. Deberán emplearse cabestrillos de tela o cuerda en lugar de cadenas de acero. Las mesas transportadoras deberán evitar daños y contaminación. Cuando éstas sean compartidas con piezas de acero al carbono, debe eliminarse cualquier resto de hierro. (Esto es también aplicable a herramientas como cizalladoras, prensas y todas las herramientas manuales.)
- Es importante que en el taller los trabajadores no caminen sobre las chapas de acero inoxidable. La contaminación por partículas de acero al carbono, grasa y aceite se extiende rápidamente de este modo.
- Los materiales y métodos de empaquetado utilizados deben impedir daños en la superficie. Si se emplean sujeciones, se deberán introducir piezas de madera entre las sujeciones del acero al carbono y las superficies de acero inoxidable.



*Si se hubiesen empleado técnicas apropiadas de acabado y fabricación y una buena administración de taller, podrían haberse evitado los fallos aquí mostrados. Como problemas específicos se tiene:*

- *calidad pobre de la costura de soldadura: estéticamente pobre y con una resistencia a la corrosión mermada,*
- *uso de pernos de una aleación incompatible, resistente a la corrosión,*
- *manchas generales por óxido sobre los tubos cuadrados de acero inoxidable.*

*Una atmósfera agresiva (p. ej., marina) agravará los problemas de corrosión.*

*Para reducir el riesgo de que se produzcan estos problemas, deberían considerarse los puntos siguientes:*

- *más atención durante la soldadura para evitar el goteo y salpicadura descontrolada durante la soldadura,*
- *acabado correcto de la soldadura,*
- *uso de sujeciones del tipo de acero inoxidable correspondiente,*
- *protección adecuada de todos los componentes de acero inoxidable del taller,*
- *limpieza apropiada del lugar con un producto libre de cloro.*



## 6 Estudios

### 6.1 Pasamanos

Aunque la principal función de los pasamanos y las barandillas está en la mejora de la seguridad, pueden emplearse para mejorar los elementos de diseño arquitectónico en una amplia gama de aplicaciones de construcción y edificación.

Las ventajas del uso de acero inoxidable para estas aplicaciones son principalmente:

- Una solución sostenible que requiere muy bajo mantenimiento,
- Un aspecto externo que mantiene su apariencia original durante la vida de servicio del edificio,
- Una buena relación resistencia-peso.

Para su uso en exteriores, los artículos de acero inoxidable deberían presentar una excelente resistencia a la corrosión, suponiendo que se hayan considerado los siguientes puntos:

- Seleccionado un tipo apropiado para el entorno de uso,
- Elegido un acabado superficial (rugosidad) que no comprometa la resistencia a la corrosión del tipo seleccionado,

- Provisto de una buena evacuación de agua y desaguado en el diseño, y asegurado que el diseño permite lograr un alto nivel de fabricación y acabado.

El último punto, en particular, se ilustra en este estudio. Aunque los artículos como pasamanos y barandillas habitualmente implican técnicas de empalme de accesorios mecánicos (incluyendo empalmes con pernos o espigas), uniones adhesivas, etc., la mayoría suele llevar uniones soldadas. Éstas requieren una atención particular durante su fabricación y acabado hasta lograr el acabado deseado y una apariencia estética óptima.

Aquí se ilustra una serie de métodos de acabado y unión por soldadura habitualmente utilizados en pasamanos y barandillas.

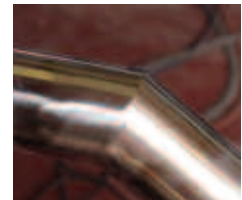


*La elección del acero inoxidable para fabricar pasamanos significa:*

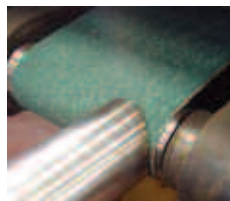
- Una solución sostenible que precisa de un mantenimiento muy bajo.
- Mantiene su aspecto original a lo largo de toda la vida de servicio del edificio.
- Una muy buena relación resistencia-peso.

Los tubos, perfiles y barras necesarios para los trabajos, normalmente pueden ser adquiridos ya con el acabado decorativo deseado. El uso de estos productos preterminados minimiza el trabajo de acabado de la pieza montada.

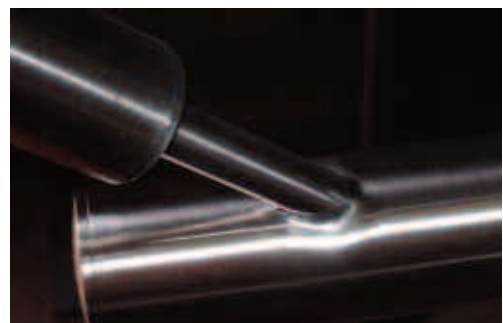
Durante su almacenamiento y manipulación, los tubos y barras de acero inoxidable deberían protegerse de daños manteniendo la envoltura original. Las superficies de las estanterías de almacenamiento deberían también quedar protegidas mediante materiales suaves como plástico o goma para evitar daños al acabado.



Las uniones de tubos en inglete requieren cortes y retoques precisos para lograr un buen acoplamiento antes de su soldadura y reducir el riesgo de cortes. La eliminación de la rebaba de aserrado de los bordes externos, utilizando una lijadora de banda fija, permite realizar soldaduras estables con mayor facilidad y minimizar el grado de retoque posterior necesario.



La preparación de los extremos de los tubos en T puede realizarse utilizando una lijadora de banda fija de remate de tubos. Esto debería permitir realizar soldaduras estables con mayor facilidad y minimizar el grado de retoque posterior necesario en estos tipos de unión.



Con frecuencia se emplean uniones de tubos utilizando inserciones de barras de menor calibre para diseños de pasamanos y barandillas. Este tipo de unión reduce el grado de soldadura requerido y puede ofrecer, además, una mejor accesibilidad de acabado respecto a una unión con el diámetro de tubo íntegro correspondiente.





*Cuando se ensamblan las secciones de pasamanos y barandillas, la accesibilidad para las operaciones finales de acabado puede quedar restringida. En algunos casos esto puede hacer imposible lograr el acabado deseado. Debería incluirse el acabado final de los subensamblajes en el plan de fabricación. En estos casos las superficies del ensamblaje preacabadas deberían ser protegidas con una película de plástico para reducir el riesgo de daños durante el ensamblaje final.*

*El uso de secciones de acero preacabadas reduce el esfuerzo, tiempo y coste global de acabado para el fabricante.*

*Para igualar correctamente el acabado de la unión soldada con la sección de acero preacabada sólo se requiere un mínimo trabajo.*

*Es importante utilizar una combinación apropiada de herramientas y abrasivos. Con frecuencia se emplean las bandas de abrasivo tipo Scotch-Brite™ para estos trabajos de acabado.*



*Cuando se hayan realizado todas las operaciones es importante una adecuada protección durante las etapas finales de manipulación, almacenamiento y envío para evitar daños y riesgos de contaminación. Aquí se ha empleado una simple, pero efectiva, película de plástico.*

## 6.2 Mobiliario urbano

El uso de acero inoxidable en el mobiliario urbano actual ofrece elementos sostenibles, seguros y elegantes como, por ejemplo:

- bancos,
- papeleras,
- aparcabicicletas,
- bolardos.

Este estudio ilustra la fabricación de bolardos, con especial atención al acabado.

El acero inoxidable presenta varias ventajas cuando se emplea para estos productos, lo que provoca una larga vida de servicio y un atractivo estético especial. Además de:

- Buena resistencia a la tensión y al impacto. Esto permite el uso de postes ligeros, sin comprometer la seguridad de peatones y edificios a los cuales pretenden proteger.
- Una gama de acabados finos que optimizan la resistencia a la corrosión, minimizan la adherencia de la suciedad y facilitan su limpieza “natural” por el agua de lluvia.

*Los diseños que incorporan una tapa de forma convexa presentan varias ventajas:*

- *La forma suavizada reduce el riesgo de lesiones a los transeúntes.*
- *El diseño convexo tiende a hacer caer los cuerpos extraños o basuras colocadas sobre el bolarde.*
- *El interior del tubo no acumula basura ni suciedad. La tapa se suelda en varios puntos antes de aplicar la soldadura en todo el perímetro.*



*El uso de acero inoxidable ofrece una serie de ventajas:*

- *Alta resistencia, que hace posible la fabricación de elementos ligeros, sin comprometer la seguridad del usuario.*
- *Superficies lisas que aseguran una excelente resistencia a la corrosión y reducen la adherencia de la suciedad*



*Se pueden suministrar tubos de acero inoxidable en longitudes estándar o precortadas. Existe una serie de acabados en frío 2B o una serie de acabados pulidos disponibles. El uso de tubos prepulidos puede ahorrar trabajo al final del proceso de fabricación.*



La costura de soldadura continua proporciona la fuerza y sellado necesarios.

Este tipo de unión puede realizarse utilizando bien un proceso manual de soldadura GTAW (TIG) o semiautomático (orbital). Aunque la soldadura manual es más lenta, pueden lograrse soldaduras más suaves y estables siempre que se disponga de una buena fijación inicial. Puede emplearse la soldadura semiautomática cuando se disponga de una soldadura más rápida o cuando sólo sea posible un encaje más rudimentario de la unión. La desventaja de emplear este método más rápido es que puede ser necesario un mayor esmerilado tras la soldadura.

Cuanto más cuidado se aplique a las operaciones de soldadura, menos acabado será necesario.



La circunferencia completa del tubo, junto a la zona donde la tapa ha sido soldada, recibe un prepulido.

La herramienta de pulido de tubos permite retocar una gran sección radial del tubo desde cualquier posición. El resultado es un acabado aún más pulido.

El soporte del tubo sobre un par de rodillos en un extremo y su fijación mediante una mordaza triple autocentrada en el otro extremo permiten lograr un buen control sobre la herramienta de pulido.

La costura de soldadura se lima mediante una herramienta portátil de disco de lámina.

El abrasivo del disco de lámina ofrece una mayor área de contacto que los abrasivos de lijadora de banda. Esto reduce el riesgo de marcas y cortes sobre el área retocada, que más tarde serían difíciles de igualar.



Lograr una buena calidad de acabado requiere la participación de operarios cualificados. También es importante utilizar la mejor y más ergonómica posición para cada trabajo.





*Tras las fases iniciales de esmerilado, se realiza un pulido mecánico utilizando abrasivos con tamaño de grano sucesivamente menor antes de llegar a la etapa final de abrillantado.*

*Se emplea una máquina fija de eje giratorio para el abrillantado final.*

*Los intentos de abrillantar una superficie no prepolida correctamente no producirán el acabado reflexivo buscado.*

*El diámetro externo del bolardo se trata, en última instancia, con una banda abrasiva Scotch-Brite™. Estos abrasivos producen acabados superficiales con pequeños rastros de marcas de abrasivo.*

*La combinación de una abrazadera y de un sistema de soporte, de nuevo junto con la herramienta de pulido y la banda abrasiva Scotch-Brite™, hacen posible lograr un acabado homogéneo y regular de toda la superficie del bolardo.*



*Utilizando sólo una gama limitada de herramientas portátiles flexibles, equipos de manipulación y métodos de trabajo adecuados, es posible obtener un acabado atractivo sin rastros de la unión soldada.*

*Es importante asegurarse de que en todas las etapas de almacenamiento, fabricación y envío, las superficies de acero inoxidable no sufren daños mecánicos ni quedan expuestas a la contaminación por hierro.*

*Para conseguir uniones soldadas lo más resistentes posibles a la corrosión, se deben eliminar las manchas térmicas de soldadura y pedir que el acabado sea lo más liso posible.*

*La imagen de este artículo muestra perfectamente la durabilidad, seguridad y elegancia del acero inoxidable en las aplicaciones de mobiliario urbano de acero inoxidable.*

*Las superficies acabadas mecánicamente también permiten mejorar el aspecto con diseños, logotipos o rótulos de encargo.*



### 6.3 Equipos de catering

Las modernas cocinas industriales de restaurantes, hospitales, escuelas, etc requieren que los materiales utilizados en sus equipos y superficies de trabajo no sólo presenten un buen aspecto sino que cumplan los mayores niveles de higiene. El acero inoxidable cumple estos requisitos por ser:

- Visualmente atractivo para diseños modernos.
- Adecuado para las rigurosas medidas higiénicas de salud pública.
- De fácil limpieza.
- Resistente a la corrosión.
- Alta relación resistencia-peso.
- De fácil fabricación.

Por estas razones, el acero inoxidable es el material natural elegido para el sector de catering.

Un buen diseño implica una cuidadosa elección de las etapas de producción y acabado, que serán precisas en la fabricación de los equipos. Entre los factores que deben tenerse presentes se encuentran:

- La limitación del número de etapas de pulido a las estrictamente necesarias.
- Una hábil ejecución de las técnicas como plegado, corte y soldadura.
- Una apropiada protección de las superficies acabadas en todas las etapas de la fabricación.

Este estudio ilustra la fabricación de un fregadero de cocina de catering de acero inoxidable, donde se destaca un buen método de acabado.



*Este modelo de fregadero es típico de los empleados por los profesionales del catering... El acero inoxidable da respuesta a las necesidades de higiene, resistencia a la corrosión y atractivo planteadas en el diseño de cocinas profesionales, al tiempo que es de fácil fabricación. Estos rasgos lo convierten en el material escogido por diseñadores y usuarios de catering profesional.*



*Este fregadero puede fabricarse a partir de chapa de acero inoxidable pulida recubierta de plástico. Los fregaderos han sido encargados a una compañía especializada en piezas moldeadas.*





*El hueco en la encimera del fregadero ha de ser cortado cuidadosamente, con un mínimo borde de rebaba, de modo que sea posible un encastre preciso del fregadero. Estas operaciones de corte se realizan mediante máquinas automáticas. Esto permitirá realizar soldaduras nítidas que puedan ser fácilmente acabadas según los altos niveles de higiene requeridos.*



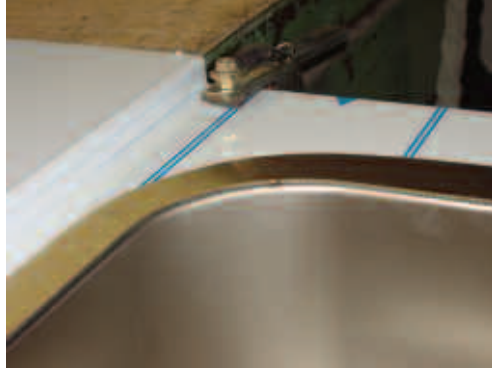
*Cuando sea posible se deberán emplear recubrimientos o envolturas de plástico protectoras para evitar daños a la superficie o contaminación de hierro por las herramientas y equipos de manipulación. El coste de esta protección esencial debería añadirse a los costes de material bruto y no ser considerado como un "extra".*

*En los talleres de metales diversos es recomendable separar los equipos de corte y conformado del acero al carbono y los del acero inoxidable.*

*Si esto no es posible, entonces debe realizarse una completa limpieza de todos los equipos de contacto entre series de producción de los distintos aceros.*

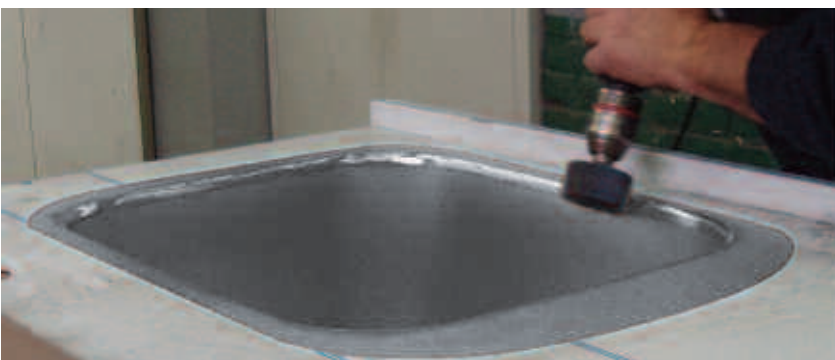


*Cuando no exista una razón específica para retirar alguno de los recubrimientos o envoltorios de plástico, pueden dejarse sobre las superficies para evitar el daño o ensucio de las mismas. Estanterías, carritos y otros equipos de almacenamiento especialmente diseñados, como el carrito de acero inoxidable aquí mostrado para almacenar tubos, deberían emplearse para evitar daños y contaminación de la superficie.*

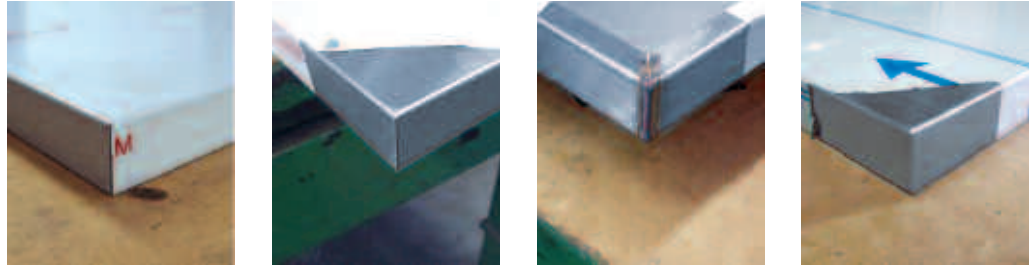


*El seno y el hueco de la encimera se ajustan cuidadosamente para minimizar el grado de soldadura que será necesaria. Se empleó una soldadura de puntos para afianzar el encastre antes de ejecutar la soldadura completa. Se emplea una barra de cobre, como disipador térmico, para evacuar calor de la zona de soldadura lo antes posible, minimizando el riesgo de distorsión y la formación innecesaria de manchas térmicas alrededor de la soldadura. (Véase también 5.3.)*

*Tras la soldadura es necesario un esmerilado para eliminar cualquier capa que presente termocoloración. Esto permitirá rematar la unión en conformidad con los altos niveles de resistencia a la corrosión e higiene requeridos para el servicio. Se emplea un abrasivo de disco de fibra flexible de modo que la acción de esmerilado pueda seguir el contorno de la unión curva.*



*Tras la etapa inicial de esmerilado se emplean una serie de cepillos de lija abrasivos, montados sobre una herramienta portátil de eje giratorio, para pulir la unión. El igualado final del seno y la encimera para producir un acabado uniforme es un trabajo manual muy cualificado. Para esta operación se emplean con cuidado almohadillas abrasivas Scotch-Brite™.*



*Tras plegar cuidadosamente la unión en esquina, ésta se sella mediante soldadura. Esto se realiza para obtener una unión que pueda recibir un acabado de alto nivel de higiene y que presente un bajo riesgo de heridas por contacto, en lugar de resistencia o estanqueidad que no son necesarias para esta unión. Cuanto más limpia sea la soldadura, menor será el trabajo de acabado necesario, y por lo tanto, el coste.*



*Aunque el coste de los materiales brutos de acero inoxidable utilizados para la fabricación de una unidad acabada constituye una parte considerable del coste total, se ha añadido un enorme valor mediante una fabricación y acabado adecuados. El valor del producto final debería protegerse mediante un cuidadoso empaquetado final para su transporte.*

*Deben realizarse todas las operaciones de manipulación una vez concluida la fabricación de modo que no se produzcan daños a las mercancías.*

*Entre las posibles causas de daño se encuentran:*

- *Superficies de contacto desprotegidas en horquillas elevadoras y otros equipos de elevación.*
- *El uso de estanterías de almacenamiento o equipos de manipulación no provistos de la protección adecuada para su contacto con acero inoxidable.*





## 7 Aspectos de salud, seguridad y medioambiente

Los efectos para la salud de la emisión de níquel o cromo en la mayoría de las situaciones es despreciable. Sin embargo, puesto que puede desprenderse un fino polvo durante las operaciones de acabado de los productos de acero inoxidable, es preciso un cuidado especial. Si no se controla y limita adecuadamente, estas finas partículas de polvo pueden afectar a la salud.

Un uso incorrecto de los equipos de acabado mecánico y una inadecuada eliminación de los materiales de desecho podrían también tener un efecto adverso sobre la salud y el medio ambiente.

### 7.1 Efectos para la salud relacionados con el acabado de aceros inoxidables

Como se indicó previamente, el acabado de acero inoxidable produce un polvo fino. Con el fin de proteger la salud de los operarios, la concentración de polvo en el lugar de trabajo no debe ser excesiva, especialmente durante largos periodos, y debe mantenerse dentro de los límites de tolerancia laborales fijados por las normativas europeas y nacionales de salud y seguridad. Para asegurar que no se exceden estos límites, debería proveerse de una ventilación o extracción de polvo.

No existen límites de exposición ocupacional al acero inoxidable. Aunque, como aleación, el acero inoxidable no debería ser considerado como la suma de sus componentes, es importante tener presente que los límites de exposición ocupacional se aplican a algunos de sus elementos constitutivos (p.ej., Ni, Cr, Mn, Mo) y ciertos com-

puestos suyos.

Un contacto directo y prolongado con el níquel puede producir irritación cutánea y dermatitis de contacto por alergia al níquel. Como el níquel está presente en cantidades significativas en algunos aceros inoxidables, se ha sugerido el riesgo potencial de irritación cutánea en el acabado de aceros inoxidables. Sin embargo, los tests aprobados sobre contacto directo y prolongado muestran que los tipos más comunes de acero inoxidable 1.4301 (304), 1.4541 (321), 1.4401 (316) no provocarán que una persona sea sensible al níquel. Sin embargo, un contacto directo y prolongado con tipos “reazufrados” (maquinado libre) como 1.4305 (303) pueden provocar una reacción alérgica (“desencadenamiento”) en personas que ya eran “sensibles al níquel”. Es importante advertir que la irritación por níquel no es la única razón para los ataques de dermatitis en personas expuestas a ello. El contacto con fluidos de refrigeración/corte (p.ej., utilizados en sierras y otras máquinas), trapos sucios o ropas contaminadas pueden ser causas coadyuvantes de dermatitis en personas susceptibles a estos tipos de afecciones dérmicas.

El proveedor de acero inoxidable está obligado a proporcionar, bajo demanda, una Ficha de Seguridad de Materiales (MSDS), que recoge todos los riesgos conocidos asociados con sus productos y recomienda las prácticas de trabajo seguras.

Se puede encontrar más información sobre los efectos para la salud del acero inoxidable en la publicación titulada “Manufacture, processing and use of stainless steel: A review of health effects”, redactada para Eurofer, por H.J. Cross, J. Beach, S. Sadhra,

T. Sorahan, C. McRoy, Institute of Occupational Health, Universidad de Birmingham, 1999.

## 7.2 Métodos de trabajo seguros para herramientas de acabado mecánico y abrasivos

Las gamas de herramientas de acabado y abrasivos utilizadas para el acabado mecánico de elementos de acero inoxidable no presentan más riesgos que las utilizadas para operaciones de acabado similares en otros tipos de aceros y metales.

Los procedimientos de evaluación de riesgos deberían, por lo tanto, considerar los efectos de:

- Contacto con abrasivos móviles o giratorios.
- Ruptura o fragmentación de abrasivos.
- Liberación de fragmentos y polvo de esmerilado.
- Vibración.
- Ruido.
- Calor.

La Federación Europea de Fabricantes de Abrasivos (FEPA) provee una información detallada sobre la manipulación segura de los equipos de pulido.

## 7.3 Aspectos medioambientales del trabajo con acero inoxidable y eliminación de productos de desecho

El acero inoxidable es 100% reciclable. Aunque puede ser eliminado con seguridad en vertederos, la chatarra de acero es un artículo de valor y, por tanto, los fabricantes prefieren reciclarlo.

Los grandes recortes y las pequeñas piezas de acero (p. ej., dobladillos y restos de serrado) son reciclados para su refundido por los fabricantes de acero, a través de intermediarios de chatarra. El polvo de esmerilado, que contiene una cantidad significativa de polvo abrasivo, suele desecharse en vertedero. Este flujo de eliminación está sujeto a las regulaciones de desechos de la UE, que deben consultarse.

La legislación de la UE llamada de “final de vida” para la eliminación de embalajes y restos de embalajes, vehículos y equipos eléctricos y electrónicos fija restricciones sobre el contenido de plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente de los materiales. Aunque es improbable que estas restricciones puedan ser relevantes en el uso de aceros inoxidables en piezas, puesto que los niveles de estos elementos en los aceros inoxidables producidos comercialmente raramente serán considerados como un riesgo, sería interesante verificarlo.



## Referencias

- [1] Surface Finishing of Stainless Steel products, Brugg: Suhner
- [2] BURKART, Walter, Handbuch für das Schleifen und Polieren, Bad Saulgau: Eugen G. Leuze Verlag, 1991
- [3] BOVENSIEPEN, Egon, Geländer und Treppen aus Edelstahl Rostfrei (Dokumentation 871), Düsseldorf: Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, 1998
- [4] CIBO Time Saving Abrasives, Tildonk: CIBO, 2003
- [5] STEINHART, Hans-Joachim, „Damit Edelstahl rostfrei bleibt“, Mitteilungen 1/2004, Düsseldorf: Informationsstelle Edelstahl Rostfrei
- [6] Code de sécurité pour les abrasifs agglomérés et les superabrasifs de précision, Paris: Fédération Européenne des Fabricants de Produits Abrasifs (FEPA), 2001





ISBN 978-2-87997-231-2