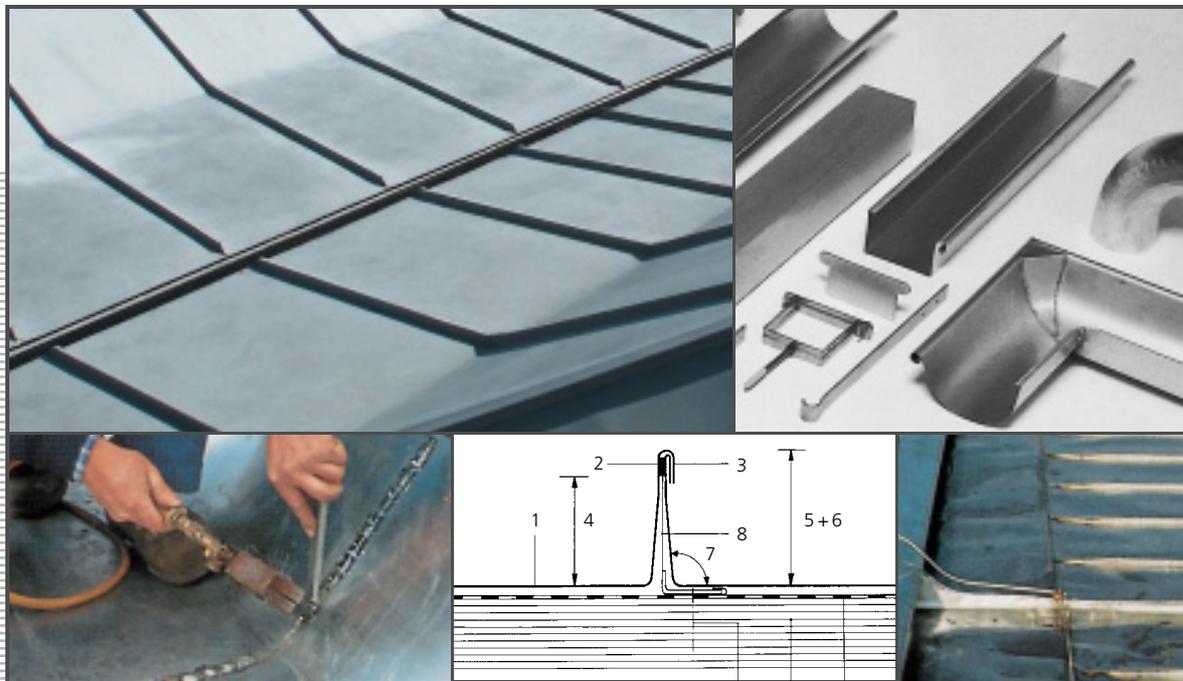


Guía Técnica de Tejados en Acero Inoxidable



Euro Inox

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

Entre los miembros de Euro Inox existen:

- 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.

Un objetivo capital de Euro Inox es concienciar de las propiedades únicas del acero inoxidable y promover su uso en las aplicaciones actuales y en nuevos mercados. Para contribuir a este objetivo, Euro Inox organiza conferencias y seminarios, y edita guías en formato impreso y electrónico, para facilitar que arquitectos, diseñadores, contratistas, fabricantes, y usuarios finales se familiaricen más con este material. Euro Inox apoya además la investigación técnica y de mercado.

Datos de la Publicación

Guía Técnica de Tejados en Acero Inoxidable
Primera Edición 2004 (Serie Construcción, Vol. 5)

ISBN 2-87997-091-1

© Euro Inox 2004

Editor

Euro Inox

Sede de la Organización:

241 route d'Arlon

1150 Luxemburgo, Gran Ducado de Luxemburgo

Tel. +352 26 10 30 50 Fax +352 26 10 30 51

Oficinas Centrales:

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

Autor

Willem De Roover, Gante, Bélgica (Contenidos, Texto)
circa drei, Múnich, Alemania (Maquetación, Gráficos)

Fabricantes

Acerinox

www.acerinox.es

Outokumpu Stainless

www.outokumpu.com/stainless

ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

www.acciaiterni.com

ThyssenKrupp Nirosta

www.nirosta.de

UGINE & ALZ Belgium

UGINE & ALZ France

Groupe Arcelor

www.ugine-alz.com

Asociaciones

British Stainless Steel Association (BSSA)

www.bssa.org.uk

Cedinox

www.cedinox.es

Centro Inox

www.centroinox.it

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

www.edelstahl-rostfrei.de

Informationsstelle für nichtrostende Stähle

SWISS INOX

www.swissinox.ch

Índice

1	Razones para Utilizar el Acero Inoxidable en Techados y Cubiertas		
1.1	La Capacidad Autorregeneradora del Acero Inoxidable	2	
1.2	Balance económico del Techado de Acero Inoxidable	3	
1.3	Propiedades Físicas	3	
1.4	Propiedades Mecánicas	5	
1.5	Propiedades Medioambientales	5	
1.6	Cualidades Arquitectónicas	6	
2	Opciones Generales	7	
2.1	Tipos de Acero Inoxidable	8	
2.2	Acabado Superficial	8	
2.3	Resistencia a la Corrosión y Protección Superficial	8	
2.4	Compatibilidad con Otros Materiales	12	
2.5	Herramientas	12	
2.6	Accesorios	14	
2.7	Soldadura de Acero Inoxidable	15	
3	Método Tradicional de Costuras Fijas	16	
3.1	Diseño de Tejado	17	
3.2	Fijaciones	17	
3.3	Operación de Plegado	18	
3.4	Formas de Tejado Apropriadas	19	
		21	
4	Costura Fija de Soldadura Continua		22
4.1	Tecnología de Soldadura		22
4.2	Técnica de Plegado		23
4.3	Impermeabilidad		24
4.4	Cubiertas ecológicas		25
4.5	Aseguramiento de Techados de Costuras Soldadas		26
4.6	Tipos y Acabados Apropriados		27
4.7	Accesorios Especiales		28
4.8	Razones para Escoger el Sistema de Soldadura		29
5	Otros Sistemas		30
6	Normas Europeas		32
	Descarga de Responsabilidad		
	Euro Inox ha puesto todos los medios a su alcance para asegurarse de que la información presentada en este documento es técnicamente correcta. Sin embargo, se advierte al lector de que el material aquí contenido sólo se facilita a efectos informativos. Euro Inox, sus miembros, empleados, y consultores, rechazan expresamente cualquier deuda o responsabilidad a causa de pérdidas, daños o lesiones resultantes del uso de la información contenida en esta publicación.		

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

www.idinox.com

International Chromium Development Association (ICDA)

www.chromium-asoc.com

International Molybdenum Association (IMOA)

www.imoa.info

Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

www.puds.com.pl

1 Razones para Utilizar el Acero Inoxidable en Tejados y Cubiertas

En usos arquitectónicos, se suele emplear el acero inoxidable por su acabado atractivo. Fachadas, revestimientos interiores, ascensores y escaleras mecánicas, pasamanos y pretilas son algunos de los elementos más típicos en los que se emplea el acero inoxidable. Sus propiedades técnicas ofrecen una opción ideal para muchas otras aplicaciones de construcción, en las que son imprescindibles requisitos de durabilidad adicionales.

Las ventajas del acero inoxidable son principalmente:

Máxima Esperanza de Vida

La presencia de contaminación atmosférica refuerza la necesidad de materiales resistentes a la corrosión. El edificio Chrysler en Nueva York es una prueba clara de que el acero inoxidable es la respuesta ideal a este requisito. Construido en 1929-1932, este edificio constituye una carta de recomendación permanente del uso del acero inoxidable en revestimientos de tejados y fachadas. El acero inoxidable empleado fue similar al tipo 1.4301 actual.



Aunque se ha limpiado una sola vez, el tejado de acero inoxidable del edificio Chrysler está todavía en un estado excelente después de más de 70 años.

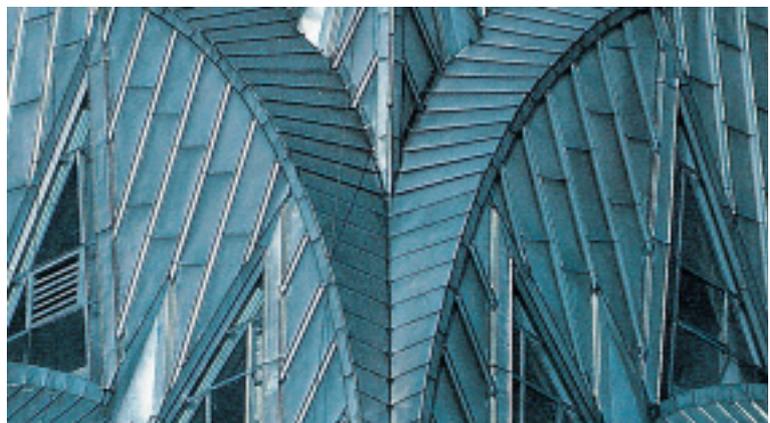
Mínimo Mantenimiento

Puesto que los costes de mantenimiento continúan subiendo, es importante tenerlos en cuenta desde la misma fase de planificación de un edificio. Debido a su resistencia a la corrosión a largo plazo y a su acabado de superficie lisa, la mayoría de los tejados de acero inoxidable -cuando se han diseñado y construido correctamente- requieren muy poco mantenimiento.

Bajo Peso

Debido a las elevadas prestaciones mecánicas del acero inoxidable, el grosor típico del material es inferior al de la mayoría de otros materiales metálicos para tejados. Esto suele implicar un peso total construido inferior y, por lo tanto, una estructura de apoyo más ligera y a mejor precio.

Los tejados de acero inoxidable se pueden construir utilizando distintas técnicas: desde el método tradicional de costuras fijas a técnicas especiales de soldadura. En cualquier caso, más de treinta años de experiencia demuestran las destacadas prestaciones de las soluciones de acero inoxidable en términos de durabilidad.



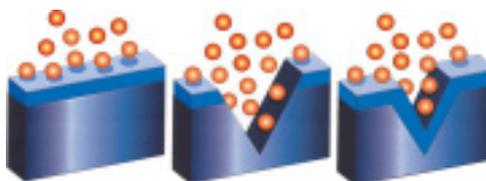
Fotos: Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, de la publicación "Höchste Zeit für Edelstahl"

1.1 La Capacidad Autorregeneradora del Acero Inoxidable

El acero inoxidable es una aleación que contiene al menos un 10,5 % de cromo¹⁾. Esto le confiere al acero la capacidad inherente de protegerse a sí mismo de la corrosión. El cromo del acero reacciona con el oxígeno del aire y/o del agua al que está expuesta la superficie del acero, y forma una película protectora invisible de un óxido rico en cromo. Si esta capa es dañada, mecánicamente o químicamente, se regenera espontáneamente en presencia de oxígeno. La resistencia a la corrosión aumenta con niveles de cromo superiores y, además, con la adición de molibdeno a la aleación.

La presencia de níquel mejora la conformabilidad y la soldabilidad. Los aceros inoxidables con contenido de níquel se endurecen por conformación en frío permitiendo, por tanto, que la pieza fabricada pueda desempeñar una función estructural adicional.

Los aceros inoxidables empleados más habitualmente tienen un contenido de cromo



El acero inoxidable crea una capa protectora invisible. Si se daña, se regenera espontáneamente bajo la acción del oxígeno del aire o del agua.

alrededor del 17 - 18% y un contenido de níquel del 8 - 10,5%. Esta es la razón de que se conozcan como "18/8" ó "18/10". Con tales niveles de cromo-níquel se denominan "aceros inoxidables austeníticos"

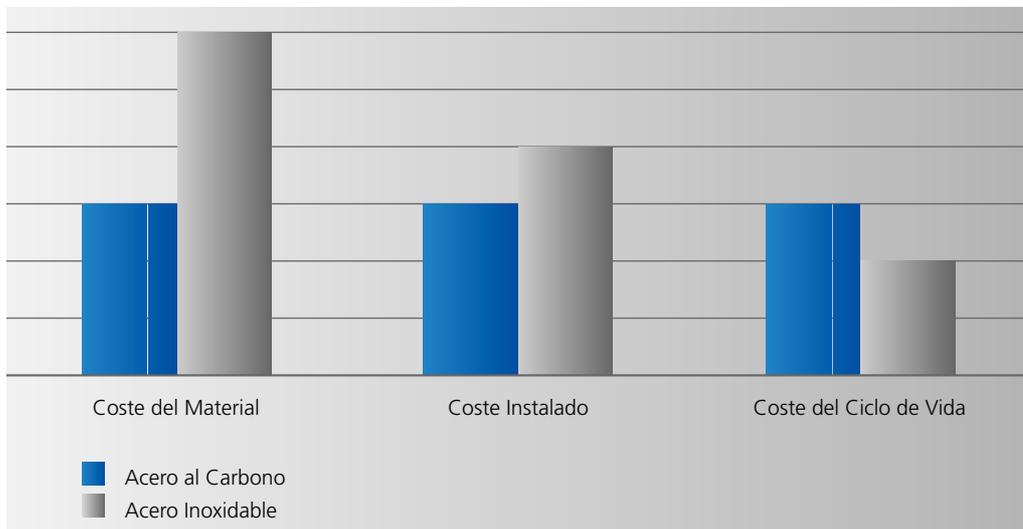
Existe otra familia de aceros inoxidables aleados principalmente con cromo y en ocasiones con otros elementos como el titanio. Estos se llaman tipos "ferríticos". Para aplicaciones de construcción de tejados, se pueden emplear tipos de un 12 - 17% de cromo con recubrimientos orgánicos o metálicos.

1.2 Balance Económico del Techado de Acero Inoxidable

El cálculo del **coste del ciclo de vida** de un tejado para un material dado toma en consideración los costes iniciales y los costes estimados durante el tiempo de vida previsto del tejado. Este coste de vida íntegro debería incluir materiales, fabricación, instalación, operación, mantenimiento, tiempos de avería, recambios debidos al desgaste y valor residual. Un programa de cálculo detallado para PC puede obtenerse en Euro Inox.

Aunque el coste inicial del acero inoxidable puede ser superior al de otros materiales metálicos, el coste instalado (material + instalación) sólo presenta leve diferencia. Sin embargo, el coste de vida para la opción de acero inoxidable puede ser significativamente inferior al de la opción de acero al carbono galvanizado con recubrimiento orgánico.

¹⁾ Véase la EN 10088: los aceros inoxidables se definen por un contenido mínimo de cromo del 10,5% y un contenido máximo de carbono del 1,2%



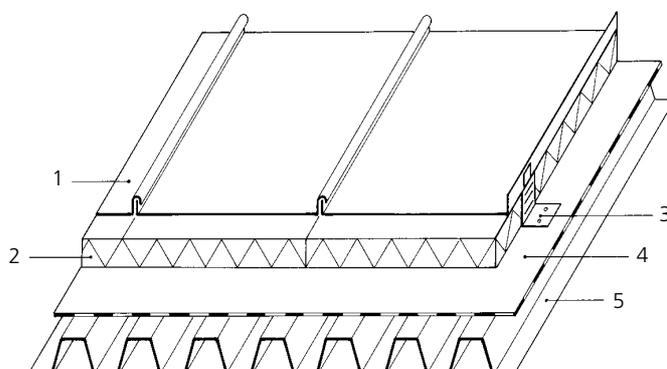
Comparación de costes entre un acero al carbono con recubrimiento galvanizado de 0,6 mm y un acero inoxidable de tipo 1.4401: Debido a las propiedades mecánicas de los aceros inoxidables, el espesor del material se puede reducir hasta 0,5 ó 0,4 mm, lo que ofrece un peso inferior (3,2 kg/m² para el acero inoxidable de 0,4 mm frente a 4,7 kg/m² para el acero al carbono recubierto de 0,7 mm). Mientras que el acero al carbono recubierto tiene una esperanza de vida de 15 a 20 años, la vida útil de una cubierta de acero inoxidable es generalmente la del edificio.

Menor coste de la estructura de apoyo

Puesto que el acero inoxidable normalmente es resistente frente a la acción corrosiva de la humedad presente bajo los revestimientos, se puede prescindir de la instalación de una estructura de apoyo ventilada. Esto permite optar por un tejado compacto caliente, que

suele tener un precio inferior y – cuando se ensambla correctamente – ofrece mejores propiedades físicas de construcción. No obstante, en tal caso, es imprescindible una capa impermeabilizante perfectamente instalada.

En el caso del acero inoxidable, se puede prescindir de la estructura de apoyo ventilada.



Sección transversal de un tejado compacto caliente
 1 Acero inoxidable
 2 Aislamiento
 3 Fiador deslizante
 4 Capa impermeabilizante
 5 Estructura de apoyo

1.3 Propiedades Físicas

Además de las ventajas estéticas y de la durabilidad del acero inoxidable, arquitectos, propietarios y constructores pueden preferir el acero inoxidable por sus propiedades físicas.

Reflexión del Calor

Su superficie lisa reflectante confiere al acero inoxidable unas excelentes propiedades de reflexión del calor.



Foto: Outokumpu Stainless, Espoo

1.4 Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas del acero inoxidable son especialmente relevantes para el contratista del tejado encargado de su fabricación. La facilidad de fabricación está estrechamente relacionada con el tiempo empleado y por consiguiente con el coste de instalación.

Los aceros inoxidables son fáciles de fabricar, incluso a bajas temperaturas.

Conductividad Eléctrica

La membrana continua de un tejado de acero inoxidable de costuras soldadas puede suprimir la necesidad de conductores adicionales en caso de rayos. En general es suficiente con realizar una buena conexión a tierra del tejado entero. Los tejados de acero inoxidable contribuyen también al apantallamiento electromagnético, que pudiera ser necesario en edificios que alojan equipos electrónicos sensibles.

Resistencia al Fuego

El punto de fusión del acero inoxidable está alrededor de 1500°C, que es muy superior al de la mayoría de los materiales para tejados, p.ej., Al 660°C, Zn 419°C, Cu 1083 °C.

El acero inoxidable puede reflejar el calor, actuar como conductor de rayos, apantallar contra perturbaciones electromagnéticas y contribuir a la seguridad frente a incendios del edificio.

Foto: Willem De Roover, Gante



Maquinabilidad a Baja Temperatura

Los aceros inoxidable que se emplean habitualmente en tejados son fáciles de conformar y ensamblar. Ni siquiera son sensibles a temperaturas exteriores muy bajas, de modo que su construcción o instalación correcta depende en menor grado de la climatología.

Propiedades Mecánicas

El acero inoxidable presenta excelentes cualidades de resistencia, ductilidad y tenacidad en un amplio intervalo de temperaturas. Es difícil destruirlo. Su resistencia es tan alta que muchas veces es posible reducir el grosor de los elementos constructivos o de los revestimientos. Además, debido a la conformación en frío la rigidez del material aumenta.

Datos técnicos	Tipos				
	EN 1.4510	EN 1.4301	EN 1.4404	EN 1.4436	EN 1.4432
Límite de elasticidad 0,2 (N/mm ²)	Mín. 230	Mín. 230	Mín. 240	Mín. 240	Mín. 240
Resistencia a la tracción N/mm ²	420 a 600	540 a 750	530 a 680	550 a 700	550 a 700
Alargamiento (%)	Mín. 23	Mín. 45	Mín. 40	Mín. 40	Mín. 40
Dureza (Vickers)	Máx. 220				
Coefficiente de expansión lineal (m/m/°C)	10 x 10 ⁻⁶	16 x 10 ⁻⁶			
Densidad (kg/dm ³)	7,7	7,9	7,9	7,9	7,9

1.5 Propiedades Medioambientales

Hoy en día la elección del material viene muy condicionada por el aspecto de la sostenibilidad:

- Los materiales de construcción deben ser seguros para su uso por los trabajadores.
- Durante la vida íntegra del producto, el material de construcción debe ser neutro con el medio ambiente y no emitir sustancias nocivas al aire o por contacto con el agua de lluvia.
- Al término de su vida útil, el producto de construcción no debe crear un problema de eliminación de residuos y será completamente reciclable.

Contenido Reciclado y Reciclabilidad

El acero inoxidable se produce a partir de hasta un 60% de material reciclado y puede reciclarse a su vez en un 100%, una y otra vez. Mientras que otros materiales de tejado se deben desechar clasificados como residuos peligrosos, el acero inoxidable puede incluso tener un valor positivo como chatarra al término de la vida útil del edificio.

Neutralidad con el Agua de Lluvia

El acero inoxidable tiene una capa pasiva homogénea especial, que garantiza que el material no afecta al agua de lluvia, que discurre por su superficie hasta filtrarse de nuevo al subsuelo.

1.6 Cualidades arquitectónicas

Hay pocos otros elementos de un edificio que definan tanto su aspecto como la forma del tejado. El acero inoxidable es apto para

cualquier geometría de tejado plano, curvo o inclinado.

Hay pocas limitaciones de diseño en cuanto a forma y pendiente.



Foto: Akibadai Cultural Gymnasium, Fujisawa

Posibilidades de diseño

Los productos de acero inoxidable están disponibles en múltiples acabados. La gama de superficies va desde los grises apagados hasta acabados brillantes de tipo espejo. Y todos ellos cambian de aspecto puesto que reflejan los más sutiles cambios de las condiciones de luz del entorno.

Cubiertas ecológicas

Dada su resistencia frente a raíces y algas, los tejados planos constituyen un revestimiento excelente para cubiertas ecológicas. La elección correcta del tipo de acero inoxidable y una capa de drenaje adecuada permitirán disponer de un jardín durante todo el año.



Foto:
Binder und Sohn GmbH,
Ingolstadt

Los tejados ajardinados de larga duración forman parte de una filosofía de construcción sostenible.

2 Opciones Generales

El arquitecto y el contratista del tejado pueden tomar una serie de opciones de diseño, que están relacionadas con el efecto visual buscado, la técnica de construcción del tejado y el medio.

2.1 Tipos de Acero Inoxidable

En cada medio se emplea una aleación diferente:

	Tipo conforme a EN 10088	Cr	Ni	Mo	Clasificación Medioambiental
Ferrítico (típicamente estañado)	1.4510	18	–	–	baja
Austenítico	1.4301	17,0-19,5	8,0-10,5	–	baja
Austenítico	1.4401	16,5-18,5	10,0-13,0	2,0-2,5	media
Austenítico	1.4404	16,5-18,5	10,0-13,0	2,0-2,5	media
Austenítico	1.4436	16,5-18,5	10,5-13,0	2,5-3,0	media
Austenítico	1.4432	16,5-18,5	10,5-13,0	2,5-3,0	media
Austenítico	1.4439	16,5-18,5	12,5-14,5	4,0-5,0	alta

En general, los tejados planos se deberían diseñar como mínimo con tipos con aleación de molibdeno.

Clase	Descripción del medio	Tipo típico
Baja	Áreas rurales con precipitaciones frecuentes y/o altas temperaturas. Áreas urbanas con baja actividad industrial y sin polución significativa.	1.4510 (típicamente estañado), 1.4301
Media	Áreas urbanas con polución superior. Áreas industriales y costeras con precipitaciones mayores.	1.4401, 1.4404, 1.4435, 1.4436, 1.4432
Alta	Áreas de mayor riesgo donde hay presencia de cloruros, dióxido de azufre y fluoruros. Debe ponerse especial atención para evitar grietas que pudieran permitir la acumulación de los materiales corrosivos, cloruros, etc...	1.4439, 1.4539, 1.4547 1.4462 (Dúplex)

Acabado	Tejado de Costuras Fijas	Tejado de Costuras Soldadas
2B	X	X
Mate (granallado, laminado)	X	X
Estampados	X	–
Emplomado	X	–
Con recubrimiento de PVDF	X	X
Coloreado por electrolisis	X	X

sólo productos pintados por partes
color destruido en soldadura

2.2 Acabado Superficial

Por supuesto, cuando el tejado sólo tiene que ser funcional, la elección es fácil: el acabado más común es el 2B, que presenta una superficie plana, lisa y más bien reflectante. Como regla general se puede afirmar que cuanto más brillante y liso sea el acabado, mayor será la resistencia a la corrosión y más

fácil el mantenimiento. Por otro lado, existen muchos acabados rugosos y de color. La elección depende del medio, los alrededores y el diseño del edificio.

La publicación de Euro Inox "Guía de los Acabados de Acero Inoxidable" facilita más detalles.

Para tejados tradicionales, se suelen preferir materiales laminados rugosos o poco reflectantes. También puede emplearse acabados de laminación como 2B ó 2R (Recocado Brillante) si se tolera o se desea un grado superior de reflectividad.



Tejados con acabado reflectante 2B

Fotos: Willem De Roover, Gante (superior)
EDILTECOS, Mottalciata VC (centro)

*Acabados de laminación
2B (izquierda) y 2R (derecha)*





Foto: UGINE & ALZ/RCC GmbH, Sersheim

Recubrimiento electrolítico en ambas caras con una capa muy fina del 100% de estaño. La ventaja de esta capa de estaño no es sólo su aspecto gris mate, sino que simplifica la soldadura de las piezas finales, como canchales, solapamientos de tejados y cubrejuntas. Hay una completa disponibilidad de accesorios con este acabado.



Superficie recubierta de estaño

Se fabrica una gama de materiales de baja reflectividad de una serie de modos distintos:



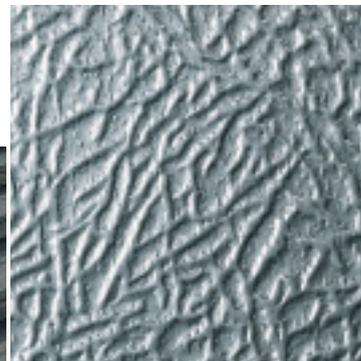
Acabados mate fabricados mediante laminación en frío

Un acabado mate rugoso se puede obtener mediante un proceso de laminación en frío. Distintos fabricantes ofrecen una amplia gama de acabados.



Foto: Rudolf Maierhofer, Neuötting

También existen diseños especiales estampados para aplicaciones de techado.



Superficie estampada

Foto: Martina Helzel, Múnich

Otro método de acabado mate es el granallado del material con partículas blandas no ferríticas. Esto se denomina habitualmente granallado blando o chorreado con perdigones. Pueden hacerse modificaciones de este proceso para fabricar una variedad de texturas uniformes reflectantes o rugosas, que son atractivas y duraderas. Sin embargo, el proceso puede provocar deformaciones, especialmente si sólo se realiza el granallado de una cara.

El uso de acero inoxidable coloreado es muy popular en algunos países. Algunos fabricantes ofrecen un recubrimiento de PVDF con un espesor típico de 35 μm . También existe en el mercado una gama de colores de recubrimientos acrílicos.

Otros fabricantes producen el color mediante un proceso químico electrolítico, que engrosa la capa de óxido para que presente un brillo metálico en oro, azul, bronce, verde, negro y rojo.

Superficie granallada



Foto:
Rudolf Maierhofer, Neuötting



2.3 Resistencia a la Corrosión y Protección Superficial

Normalmente, la resistencia a la corrosión general del acero inoxidable no se ve afectada por los procesos de acabado, pero debe recordarse que cuanto más lisa sea la microestructura de la superficie, mayor será la resistencia a la corrosión de dicho tipo.

En concreto, en áreas de alta contaminación, las superficies rugosas podrían acumular suciedad y humedad que pueden manchar o dañar el acero inoxidable. Es importante

realizar el diseño de tal modo que el agua de lluvia circule y se evacue fácilmente de la superficie.

Muchos de los productos anteriores se pueden entregar con una película protectora adhesiva para ayudar a prevenir rasguños, manchas y daños en general a la superficie durante la fabricación e instalación.

2.4 Compatibilidad con Otros Materiales

El acero inoxidable suele entrar en contacto con otros materiales. En el caso de los tejados, la tela bituminosa es uno de los materiales de contacto clásicos. Mientras que otros metales o materiales de construcción pueden sufrir una seria corrosión a causa de la tela bituminosa y del agua evacuada de dichas superficies, el acero inoxidable es muy resistente. Ésta es una de las razones por las que el acero inoxidable es muchas veces la solución más económica para proyectos de rehabilitación: capas de tela asfáltica deterioradas, que en caso contrario tendrían que ser retiradas y desechadas como residuos peligrosos, se pueden dejar en el tejado cubiertas por una capa de acero inoxidable.

De vez en cuando, se han dado casos en que la madera y el hormigón han desprendido humedades con contenido de resinas y conservantes, favoreciendo la corrosión de los metales de construcción. La experiencia

demuestra que el acero inoxidable es resistente a estas sustancias.

Se debe tener precaución en el caso de combinaciones de materiales metálicos. Éstas pueden ser susceptibles de corrosión galvánica, un proceso que reproduce el principio de la pila: dos metales – uno relativamente "noble" y el otro mucho menos "noble" – se ponen en contacto eléctrico a través de un electrolito. En estas condiciones, cuando una corriente pasa desde el material menos noble hasta el material más noble, el primero se consume. El acero inoxidable tiene un potencial similar al de la plata y es por lo general el elemento más noble. El agua de lluvia e incluso la humedad del aire pueden ser suficientes para formar un electrolito. Si se deja desprotegido, el material de contacto pudiera corroerse, mientras que el acero inoxidable continuará intacto.

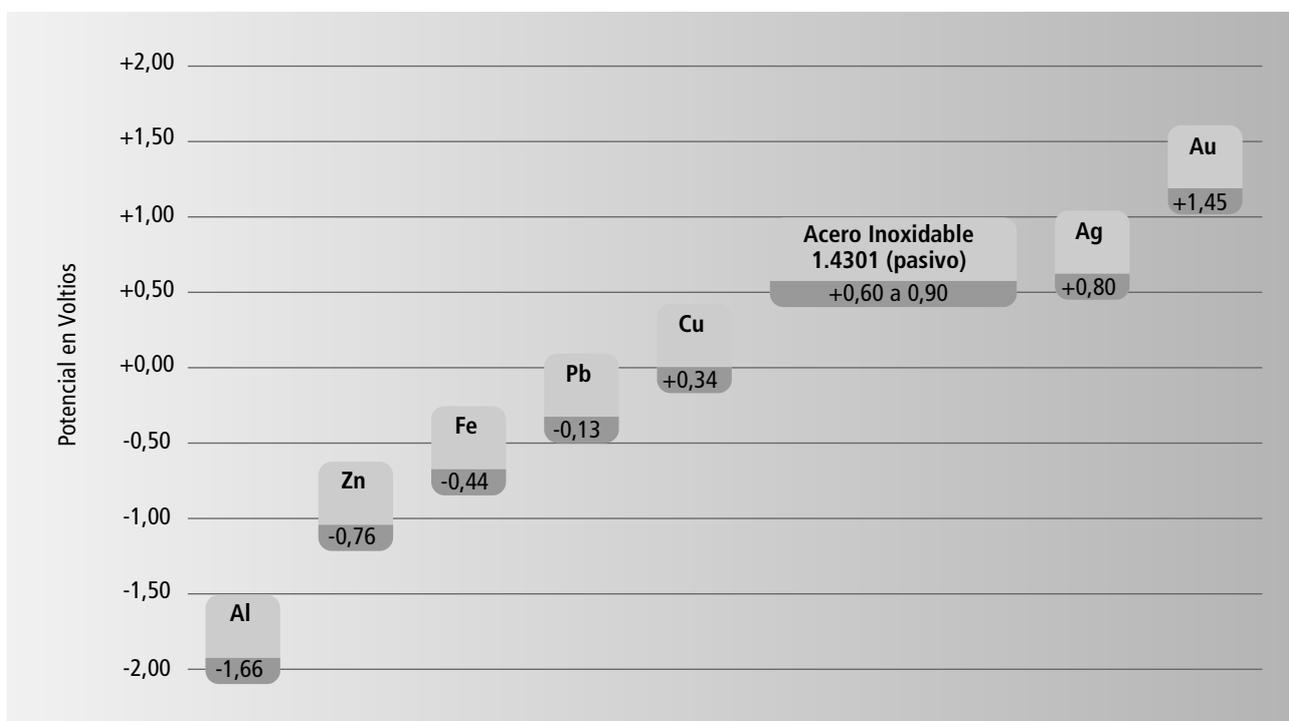
Cuanto más grande sea la proporción del

material metálico más noble y cuanto más diferentes sean los metales en términos de potencial normal (véase el gráfico siguiente), mayor será el riesgo.

Un error muy extendido es el uso de fijaciones que no sean de acero inoxidable (p.ej., tornillos galvanizados, remaches de aluminio...) sobre componentes de acero inoxidable. Puesto que la superficie de acero inoxidable en un tejado es grande y la de fijación es pequeña, la corrosión galvánica puede deteriorar rápidamente las fijaciones menos nobles. Por tanto es muy recomendable el uso de fijaciones de acero inoxidable. Con mucha frecuencia el contacto del acero inoxidable con otros materiales metálicos es inevitable o incluso deseado por el arquitecto para crear efectos visuales

especiales. En estos casos, el efecto galvánico se puede minimizar si el componente de acero inoxidable es mucho más pequeño que el de la otra parte metálica (p.ej., acero al carbono pintado o galvanizado). Por esta razón, las fijaciones de acero inoxidable sobre tejados de acero, aluminio, zinc o cobre nunca dan problemas.

Sin embargo, si el componente de acero inoxidable es relativamente grande (como primera aproximación más del 10% de la superficie del metal adyacente), es importante aislar eléctricamente entre sí los metales. Esto se puede hacer por medio de recubrimientos, capas aislantes, y/o arandelas, etc... para impedir la formación de un par galvánico.

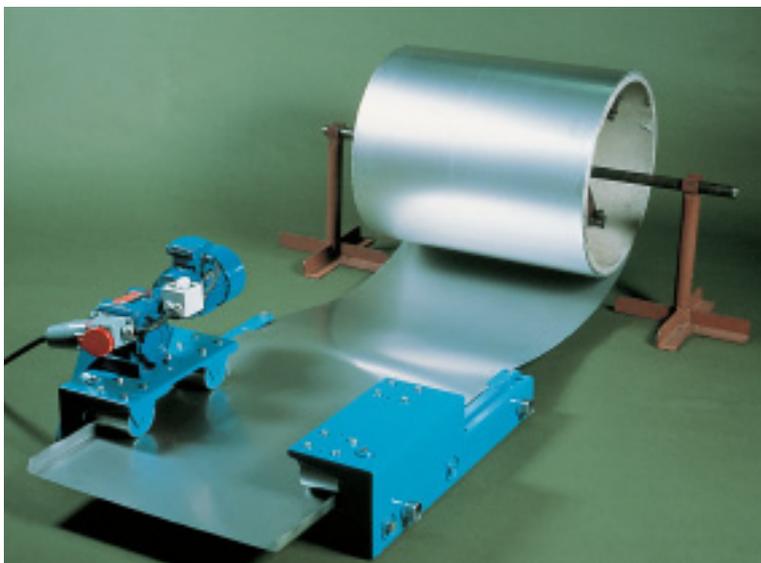


Potenciales normales de los metales de construcción y de algunos metales nobles comparados con un electrodo de hidrógeno.

2.5 Herramientas

En general, se pueden emplear la mayoría de la maquinaria o herramientas de mano normales de perfilado, plegado y curvado, pero para evitar manchas de óxido o rasguños, se recomienda el uso de piezas de maquinaria y herramientas de acero inoxidable, cromadas o de plástico. Es necesaria la limpieza de las máquinas antes de su uso para evitar la contaminación entre materiales.

das o de plástico. Es necesaria la limpieza de las máquinas antes de su uso para evitar la contaminación entre materiales.



Los tejados de acero inoxidable pueden construirse con las herramientas habituales, siempre que se evite la contaminación con partículas de acero al carbono.

Máquina perfiladora simple, empleada principalmente en el sistema de soldadura.



Máquina perfiladora para tejados de pliegue simple y doble.

Fotos:
Rostfria Tak AB, Fagersta (arriba izquierda),
Willem De Roover, Gante (arriba derecha),
Battisti GmbH, Sulz (abajo)

2.6 Accesorios

Por norma general, fiadores, fiadores deslizantes, fijaciones, tuberías de desagüe, sumideros, tubos de ventilación, etc... también deberían estar hechos de acero inoxidable. Si interviniesen otros metales en el revestimiento del tejado, es importante determinar su posición en la escala galvánica. El aislamiento de materiales, cuando proceda, ayudará a evitar la corrosión galvánica.



Chimenea



Fiador deslizante



Tornillos de acero inoxidable

Fotos:
Willem De Roover, Gante,
Brandt Edeldach GmbH,
Colonia (abajo)



Canalón y tubería de desagüe



Hay una completa gama de accesorios disponible.

El acero inoxidable es fácil de soldar si se emplean el fundente y el soldador adecuados.



Fotos:
Brandt Edelstahldach GmbH,
Colonia (arriba),
Informationsstelle Edelstahl
Rostfrei, Düsseldorf (centro,
inferior)



2.7 Soldadura de Acero Inoxidable

Los operarios de tejados, que están acostumbrados a trabajar con otros materiales metálicos, dudan a veces en utilizar acero inoxidable porque no están seguros de sus propiedades de soldadura. Aunque soldar acero inoxidable requiere algunos conocimientos prácticos adicionales, no es difícil aprender y adquirir experiencia.

La clave para obtener unos buenos resultados está en el uso del fundente adecuado. Los fundentes fabricados a partir de ácido ortofosfórico dan unos resultados excelentes y evitan los riesgos propios de los cloruros. En todos los casos, las superficies de acero inoxidable deben limpiarse y aclararse minuciosamente para eliminar cualquier rastro de fundente. Los fundentes utilizados para otros materiales, p.ej., cobre y zinc, no son apropiados para el acero inoxidable. Las herramientas de soldadura pueden limpiarse con fundente de acero inoxidable, pero se debe evitar la piedra de afilar.

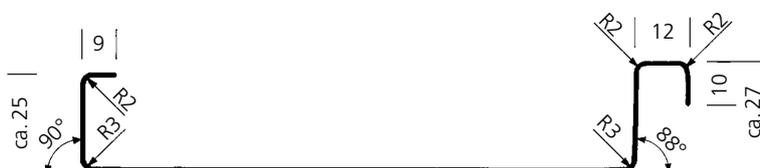
Se pueden emplear diferentes tipos de soldadura blanda:

- estaño de alta pureza, con un punto de fusión de unos 230°C.
- aleaciones de estaño-plata y aleaciones de estaño-plomo con un intervalo de fusión de 215-250°C.

Cuando las partes que se han de unir mediante soldadura son susceptibles de verse sometidas a una tensión mecánica elevada, dichas partes se deben sujetar previamente con remaches de acero inoxidable o puntos de soldadura y a continuación ser soldadas del modo habitual.

3 Método Tradicional de Costuras Fijas

Los flejes de acero inoxidable, generalmente de 0,4 ó 0,5 mm de espesor, se pueden servir en bobinas de una anchura de entre 350 mm y 670 mm. Estos grosores se pueden perfilar en el lugar de obra, pero es más frecuente que se procesen en fábrica, utilizando maquinaria especializada.



Forma de sección típica de una plancha de costura fija

3.1 Diseño de Tejado

Una plancha prefabricada necesita un revestimiento continuo sobre el tejado. En el caso de la tradicional estructura ventilada fría, el armazón se realiza habitualmente con tabloncillos de madera, colocados con una separación de 3 mm de aire entre ellos. También se pueden emplear tableros si se dispone una ventilación adecuada.

La superficie de madera debería tener un grosor mínimo de 22 mm¹⁾ para garantizar una fijación segura a los tornillos o clavos de acero inoxidable. Generalmente, se incorpora una membrana entre el acero y la madera; esto puede hacerse por razones acústicas o de protección. Esta estructura de tejado tradicional suele ser más cara que la estructura

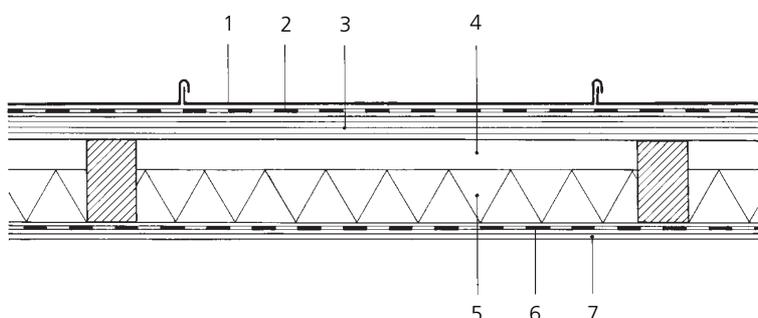
compacta y caliente, a causa de la construcción doble. Por otro lado, se pueden emplear fiadores simples de menor coste.

Se recomienda la estructura de tejado compacto caliente por sus mejores propiedades físicas de construcción. En este caso, el revestimiento continuo se puede preparar mediante una estructura de madera puesta inmediatamente encima del aislamiento. Sin embargo, es más habitual hoy en día emplear una capa de aislante duro, p.ej., lana mineral compactada o espuma de vidrio.

Es muy importante la correcta instalación de una buena capa impermeabilizante entre la estructura de apoyo y el aislamiento térmico.

Estructura típica de tejado ventilado frío

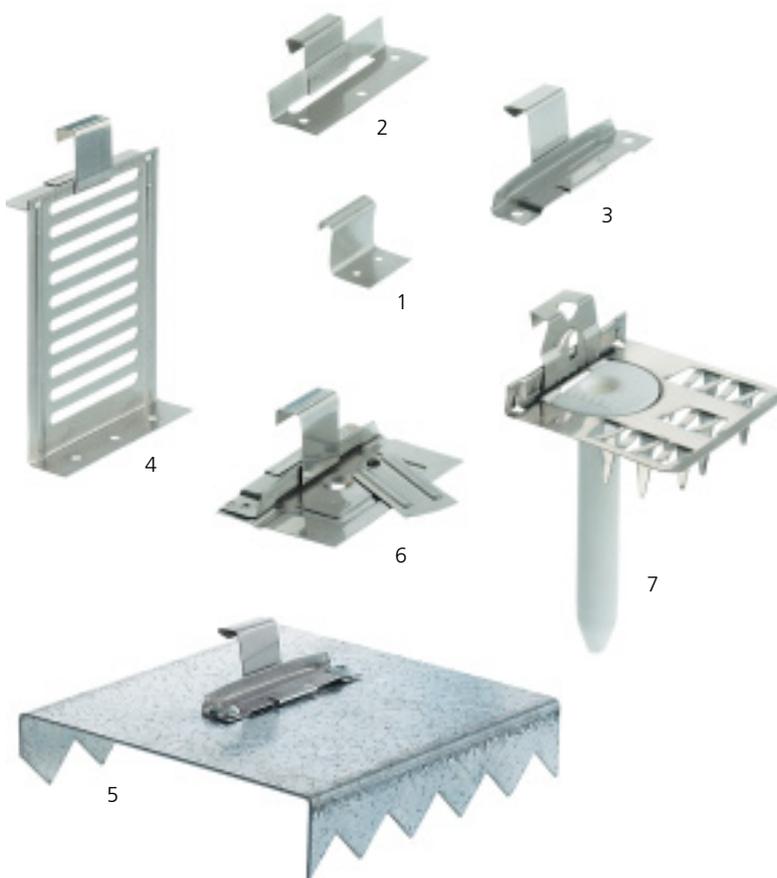
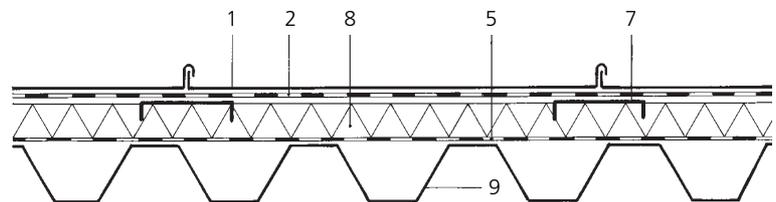
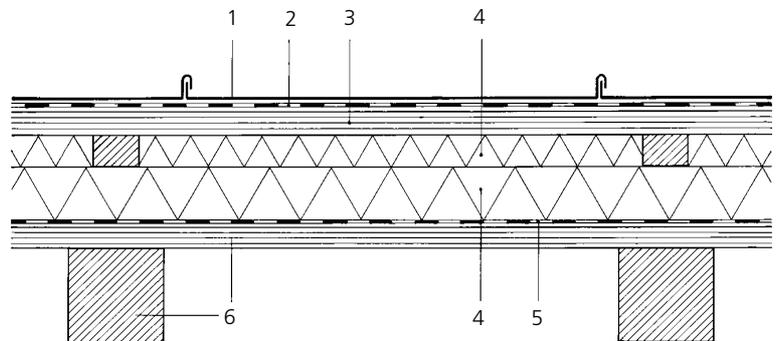
- 1 Superficie de acero inoxidable
- 2 Membrana acústica/protectora
- 3 Estructura de madera
- 4 Zona ventilada de 4 a 6 cm
- 5 Aislamiento
- 6 Capa impermeabilizante
- 7 Revestimiento interior



¹⁾ Pueden variar según el país

Estructura típica de tejados compactos calientes

- 1 Superficie de acero inoxidable
- 2 Membrana acústica/protectora
- 3 Estructura de madera
- 4 Aislamiento
- 5 Capa impermeabilizante
- 6 Estructura de apoyo de madera
- 7 Placa o perfil de sujeción de acero inoxidable o acero galvanizado
- 8 Aislante duro
- 9 Plataforma de apoyo de acero



3.2 Fijaciones

Las planchas de tejado de acero inoxidable se fijan a la capa base utilizando fiadores, de los que existen distintas clases:

- Fiadores deslizantes o fijos
- Fiadores de sujeción directa a la madera para tejados fríos o para fijarlos en placas o perfiles de metal
- Para la fijación entre paneles de aislamiento o, directamente a través de bloques de aislante duro, existen fiadores de diseño especial, p.ej., de perfil en Z, o fiadores GP o Krabban.

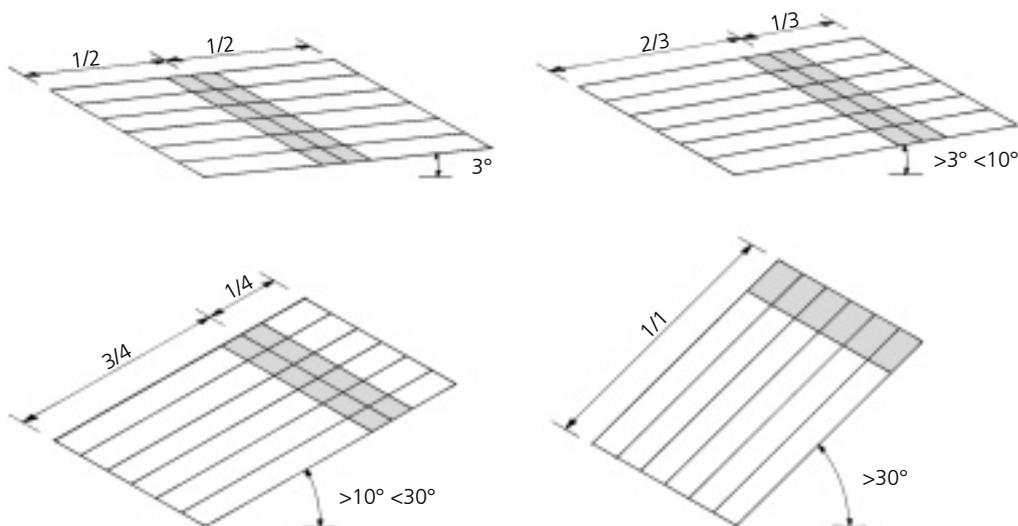
Distintos tipos de fiadores:

- 1 Fiador fijo
- 2, 3, 5 Fiadores deslizantes
- 4 De perfil en Z
- 6 Fiador GP
- 7 Fiador Krabban

Para calcular el número de fiadores por metro cuadrado de tejado, deben consultarse las normas nacionales antes de realizar una evaluación precisa para cada edificio particular. Esto debería tomar en consideración la altura, la pendiente, los bordes, la exposi-

ción a la intemperie, las cargas de viento y nieve y la región geográfica.

El número de fiadores fijos o deslizantes y su posición también dependerán de la longitud de las planchas y de la pendiente del tejado.



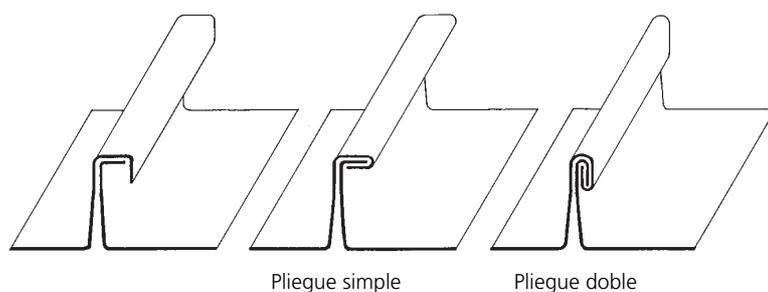
El número y la posición de los fiadores dependen de la inclinación del tejado. Los fiadores fijos se colocan en la zona gris.

3.3 Operación de Plegado

Después de montar la primera plancha del tejado, la segunda plancha se engancha a la primera y la unión se cierra mediante un plegado simple o doble de la costura. De este modo se consigue una costura fija resistente a la intemperie.

El pliegue sencillo sólo es aceptable para pendientes superiores a 75° .

El pliegue doble se recomienda para tejados inclinados con una pendiente mínima definida según las normas nacionales.



Modo de plegado en el método tradicional de costuras fijas



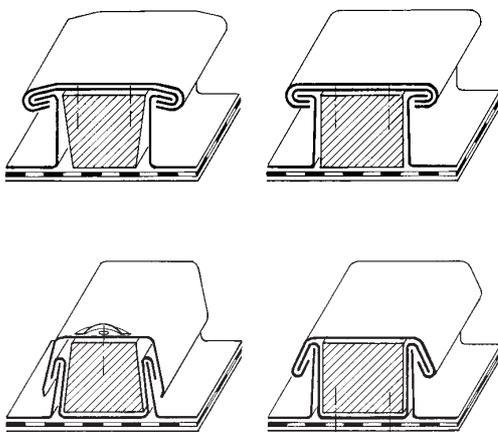
Máquinas y herramientas de mano de plegado empleadas para realizar los pliegues.

El plegado se puede realizar con herramientas de mano, pero es más habitual emplear máquinas especiales de plegado. Las piezas de la máquina que entran en contacto con el acero inoxidable deben estar hechas de acero inoxidable o de un acero o aleación templable especial que no deje residuos en el fleje de acero inoxidable.

Fotos: Willem De Roover, Gante



Foto: Martina Helzel, Múnich



Serie de sistemas de plegado sobre listones

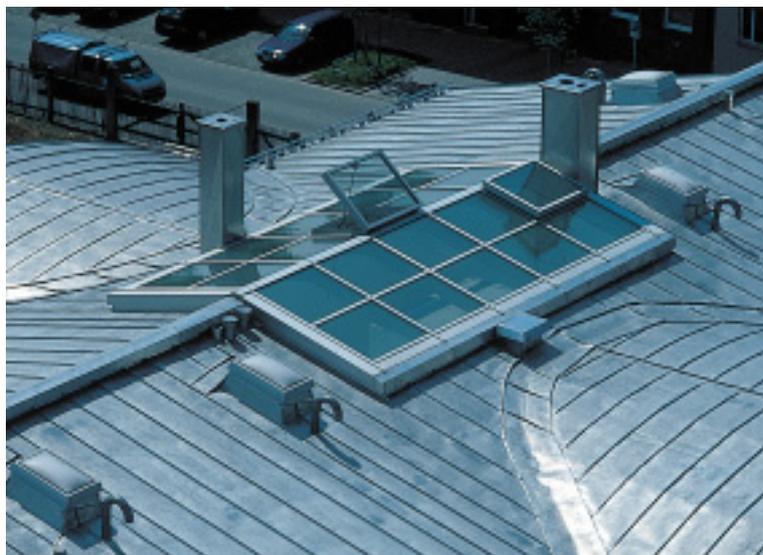
El acero inoxidable también es adecuado para el método de plegado sobre listones con el acero inoxidable, el cual, sin embargo, se está haciendo menos frecuente.

Otro método tradicional de construcción de tejados es el método de costura sobre listones o de plegado sobre listones. Existen muchas variantes, algunas de las cuales se muestran aquí. Los sistemas de costura sobre listones o de plegado sobre listones que hacen uso de listones de madera son menos frecuentes en la actualidad.

3.4 Formas de Tejado Apropiadadas

Los métodos tradicionales de construcción de techos de costuras fijas se pueden aplicar para distintas formas de techos:

- Techos inclinados normales con una pendiente mínima (definida según las normas nacionales)
- Techos curvos, techos cilíndricos, techos esféricos.



El método de costuras fijas es apropiado para techos inclinados y curvos.



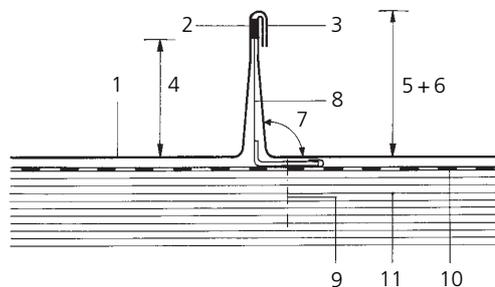
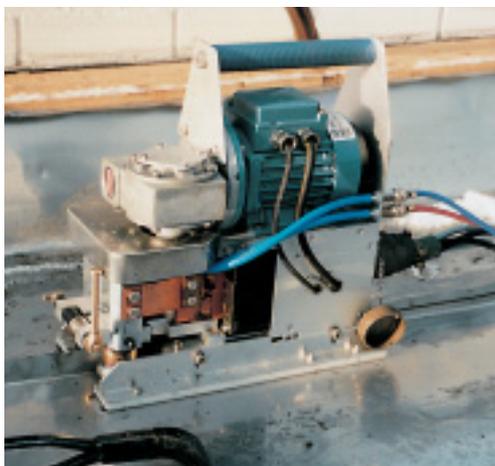
Fotos:
UGINE & ALZ, La Défense

4 Costura Fija de Soldadura Continua

Este sistema se desarrolló hace casi 40 años en Suecia y se ha adaptado para su uso en todo el mundo. Millones de metros cuadrados de tejado se han cubierto de este modo. El fleje de acero inoxidable empleado en este sistema es siempre de calidad austenítica y soldable, p.ej., EN 1.4404. Normalmente, se emplea un material de 0,4 ó 0,5 mm de espesor en bobinas o láminas y en formatos de ancho estrecho o estándar (de hasta 1250 mm para tejados sometidos a carga).

4.1 Tecnología de Soldadura

Los flejes de tejado con uniones verticales simples (unos 30 mm) se sueldan de modo continuo con una máquina de soldadura especial. El proceso es el de soldadura por resistencia sin material de aporte. En este proceso continuo, la soldadura se realiza por medio de electrodos con forma de rueda, que giran en ambos lados de la costura vertical conforme la máquina se desplaza a lo largo de la costura a una velocidad de unos 3,5 m/min.



- 1 Fleje de acero inoxidable
- 2 Costura soldada continua
- 3 Punta doblada de la costura fija
- 4 Altura hasta la soldadura de unos 16 mm
- 5 Altura de la unión antes del plegado de unos 30 mm
- 6 Altura de la unión después del plegado de unos 20 mm
- 7 Ángulo de aprox. 92°
- 8 Fijador deslizante
- 9 Fijación inoxidable
- 10 Membrana acústica/protectora
- 11 Estructura de apoyo



Máquina de soldadura de costuras por resistencia. Los electrodos de soldadura y el transformador son refrigerados por agua.

Fotos:
Willem De Roover,
Gante (izquierda),
Rostfria Tak AB,
Fagersta (superior)

La modificación de la microestructura en la zona afectada térmicamente de la soldadura es mínima y la oxidación de la superficie es muy pequeña. La soldadura se enfría rápidamente, a causa de la elevada velocidad de soldadura, el fino espesor del material (dos veces 0,4 ó 0,5 mm) y las roldanas de soldadura refrigeradas por agua.

Para tejados fijados mecánicamente, la parte móvil muy fina (0,15 mm) del fiador deslizante se suelda entre las dos costuras verticales. Para aquellas costuras que no se puedan alcanzar mediante la máquina de soldadura normal, se emplea un soldador de precisión o una máquina portátil de soldadura por puntos.



Equipo portátil de soldadura por puntos

Máquina soldadora de precisión



Aunque no sea necesario para garantizar la impermeabilidad, la costura se pliega para reforzar la sección y eliminar bordes punzantes.

4.2 Técnica de Plegado

Tras la soldadura, una segunda máquina pliega la costura vertical mediante un pliegue sencillo inmediatamente por encima de la línea de soldadura. Esto refuerza la unión y ayuda a enderezar la costura.



Fotos: Willem De Roover, Gante

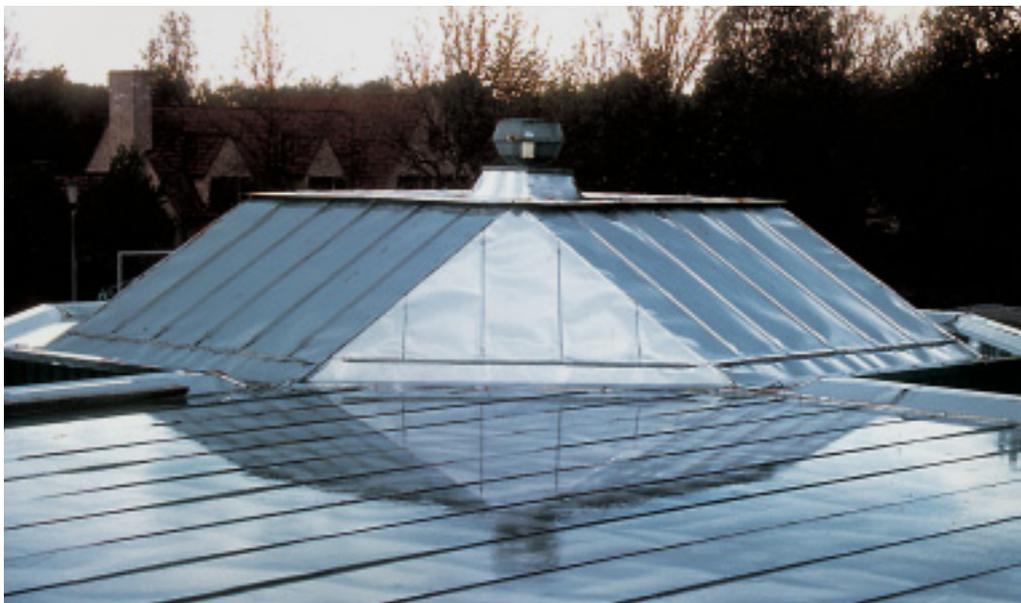
4.3 Impermeabilidad

Las costuras verticales obtenidas mediante este método son impermeables, incluso si quedasen sumergidas.

La aplicación más habitual de este método es en tejados completamente planos o con una pendiente suave donde se pueden producir estancamientos. El método de soldadura es apropiado tanto para pequeños



La técnica de soldadura para la construcción de tejados es similar a la empleada para revestimientos interiores de tanques de agua.



Fotos:
Outokumpu Stainless,
Espoo (arriba),
Willem De Roover, Gante
(izquierda)

Las costuras soldadas garantizan la impermeabilidad incluso en tejados de pendiente cero que puedan quedar sumergidos.

tejados y viviendas familiares como para proyectos de mayor envergadura, por ejemplo colegios, clínicas, museos, en los que la seguridad durante toda la vida del edificio es crucial.

El sistema está especialmente adaptado para nuevos edificios, puesto que la esperanza de vida del tejado puede alcanzar con facilidad la del propio edificio. La rehabilitación de tejados existentes, en los que otros

materiales han fallado, es una aplicación cada vez más popular. Puesto que el acero inoxidable es resistente a los materiales bituminosos, no es necesario retirar la tela asfáltica antigua.

El sistema de acero inoxidable soldado es también una buena técnica para marquesinas y suelos de terrazas.



Fotos: Willem De Roover, Gante



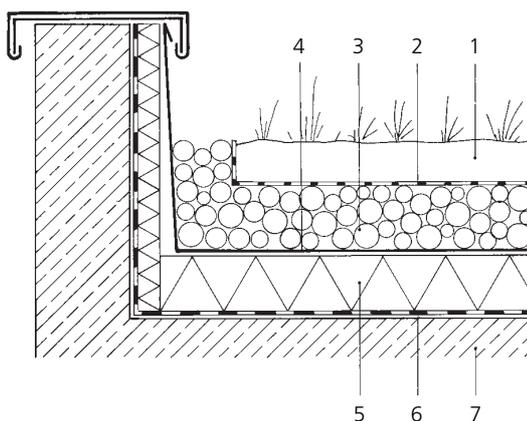
El acero inoxidable soldado se emplea típicamente sobre tejados planos con poca o ninguna pendiente para los que no se puede aplicar ninguna otra solución metálica.

4.4 Cubiertas ecológicas

El acero inoxidable soldado es ideal para cubiertas ecológicas, como consecuencia de su resistencia a la corrosión, al esfuerzo mecánico, así como a raíces y algas. Sólo se deben emplear a este fin tipos de acero con aleación de molibdeno.

El acero inoxidable resiste raíces y algas sobre cubiertas ecológicas.

Foto: Binder und Sohn GmbH, Ingolstadt



- 1 Flores y plantas sobre el sustrato; 5 a 8 cm de espesor
- 2 Membrana permeable
- 3 Capa de drenaje; 5 a 8 cm
- 4 Tejado de acero inoxidable soldado; 0,4 mm
- 5 Aislamiento térmico
- 6 Capa impermeabilizante
- 7 Plataforma de apoyo de obra, hormigón, madera, o acero



4.5 Aseguramiento de Techos de Costuras Soldadas

Los techos planos se pueden fijar mecánicamente utilizando fijadores deslizantes de diseño especial que permitan la dilatación térmica. O bien se pueden asegurar mediante lastrado: una capa de grava, magnetitas especiales, baldosas, una plataforma de madera o compuestos especiales para cubiertas ecológicas.



Se puede lograr el aseguramiento bien mediante fijadores, o bien mediante lastrado.

Se esparce una capa de grava sobre el techo.



Fotos:
Rudolf Schmid GmbH,
Großkarolinenfeld
(superior, centro)
Willem De Roover, Gante
(derecha)



Distintos tipos de fijadores para el sistema de soldadura.

4.6 Tipos y Acabados Apropriados

Para tejados planos el tipo recomendado es siempre un acero inoxidable con aleación de molibdeno como el 1.4404 ó el 1.4436. La anchura típica de bobina es de 625 ó 650 mm para tejados fijados mecánicamente y de 800 a 1250 mm para tejados lastrados. Para zonas con mayor incidencia del viento o para combinar con diseños ya existentes, se

pueden encargar bobinas de una anchura de 400 a 600 mm.

El acabado utilizado más habitualmente es el 2B para tejados planos lastrados, pero también puede ser un acabado mate no reflectante, obtenido mediante granallado o laminación en frío, cuando la estética sea el factor más importante.



El acabado de laminación 2B estándar ofrece una solución de precio particularmente interesante para tejados planos.

También hay acabados mate (granallados o laminados) disponibles.



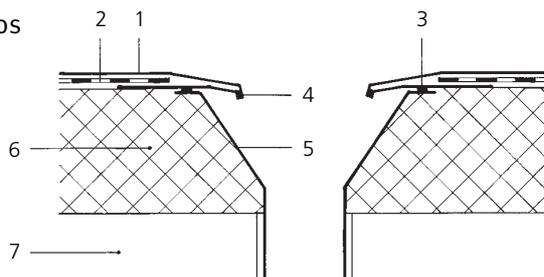
Fotos:
Willem De Roover, Gante (superior),
Lotharmaria Keiner, Fürstenfeldbruck/Florian Staufer, Múnich (inferior)

4.7 Accesorios Especiales

El sistema de soldadura requiere una serie específica de accesorios de acero inoxidable. Además de la gama de fiadores, hay piezas hechas a medida, como sumideros – con o sin filtro de desagüe para tejados planos – y tubos de ventilación.



Sumidero hecho a medida (arriba), sumidero instalado incluyendo filtro de desagüe (abajo).



Sección transversal de un sumidero instalado

- 1 Tejado plano de acero inoxidable de soldadura continua
- 2 Capa separadora opcional
- 3 Soldadura por puntos continua (de fábrica)
- 4 Soldadura por puntos continua (durante la instalación del tejado)
- 5 Sumidero
- 6 Aislamiento térmico rígido
- 7 Estructura de soporte

Fotos: Willem De Roover, Gante



Ventilación

4.8 Razones para Escoger el Sistema de Soldadura

- Apenas existen limitaciones de pendiente u horizontalidad; pueden combinarse secciones curvas, empinadas y planas
- Se reduce el riesgo de las zonas casi planas en tejados cilíndricos o esféricos
- Los tejados soldados son impermeables
- Las secciones de las planchas se pueden instalar perpendicularmente a la forma general del tejado
- El tejado entero es una única superficie continua que ofrece una mejor protección frente a rayos y radiaciones electromagnéticas (efecto de jaula de Faraday)
- Los tejados soldados son difíciles de perforar sin equipos especiales, proporcionando una seguridad máxima contra el acceso y fuga de intrusos.



Fotos: Willem De Roover, Gante



Pueden emplearse tejados soldados para la mayoría de geometrías de tejado.

5 Otros Sistemas

Chapas perfiladas para tejados

Estas chapas de perfil trapecoidal o sinusoidal se pueden emplear para garantizar la impermeabilidad de los tejados inclinados y normalmente se sujetan con fijaciones visibles de acero inoxidable.

No necesitan ninguna estructura de soporte continua. Se emplean vigas de madera o de

acero a intervalos regulares de distancia para sujetar y soportar las chapas del tejado. Este método se utiliza frecuentemente en naves industriales, tanto para el tejado como para los revestimientos.

El acero inoxidable perfilado es apropiado para todo el contorno del edificio.

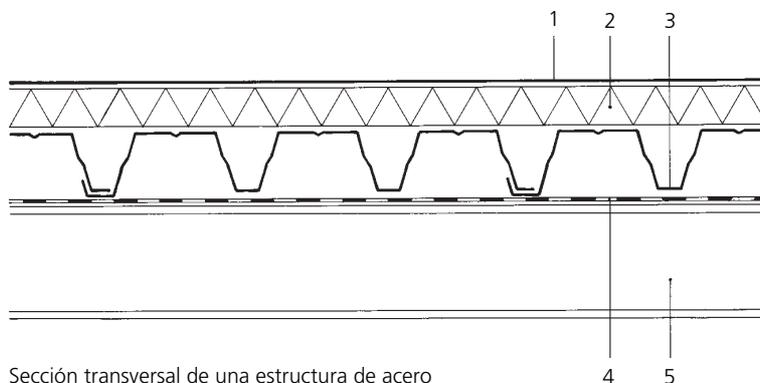


Distintos tipos de chapas corrugadas de acero inoxidable



Fotos:
Outokumpu Stainless, Espoo
(arriba izquierda)
©2003, Samyn and Partner,
Bastin & Evvard, Sofam,
Bruselas, Bélgica (derecha)

Se emplean chapas perfiladas de acero inoxidable de mayor altura de sección para las plataformas de apoyo de tejados. Éstas sirven de soporte a distintas clases de tejados planos o inclinados en los que el medio en el interior del edificio es corrosivo, p.ej., industrias papeleras, plantas de depuración de aguas, fábricas de cerveza o plantas de compostaje.



Sección transversal de una estructura de acero inoxidable sometida a carga

- 1 Membrana de techado impermeable, de acero inoxidable o mediante otro sistema
- 2 Aislamiento térmico
- 3 Plataforma de apoyo de acero inoxidable
- 4 Capa de protección
- 5 Viga de soporte

Sistemas de costuras plegadas

Estas chapas preformadas de techado tienen normalmente una anchura de entre 300 y 600 mm con una costura vertical de hasta 65 mm de altura.

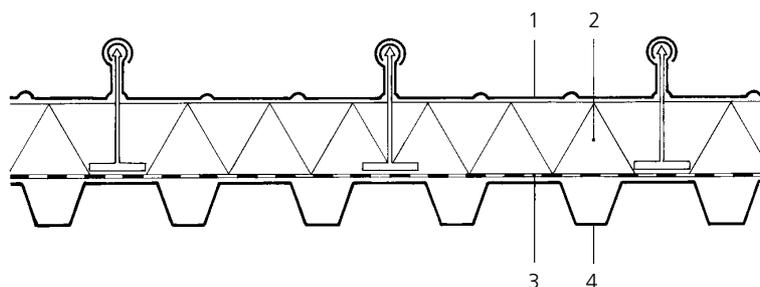
Las chapas quedan suspendidas de fiadores especiales, sujetas a cada viga, y a continuación unidas y remachadas sobre la cabeza del fiador, mediante una máquina plegadora especial.



Foto:
Corus Bausysteme GmbH, Coblenza

Sección transversal de un sistema de costuras plegadas

- 1 Sistema de techado de costuras plegadas y fiadores
- 2 Aislamiento térmico
- 3 Capa impermeabilizante
- 4 Plataforma de acero



6 Normas Europeas

- EN 502 Productos de techado fabricados a partir de chapa metálica – Especificaciones para productos de techado sustentados íntegramente de chapa de acero inoxidable.
- EN 508-3 Productos de techado fabricados a partir de chapa metálica – Especificaciones para productos de techado autosustentados de chapa de acero, aluminio o acero inoxidable – Parte 3: Acero inoxidable.
- EN 10088 Aceros inoxidables. Lista de aceros inoxidables.
- EN 10088-2 Aceros inoxidables. Condiciones técnicas de entrega para chapa/plancha y fleje de uso universal.
- EN 10088-3 Aceros inoxidables. Condiciones técnicas de entrega para productos semi-terminados, barras, varillas y secciones de uso universal.
- EN 612 Canalones de aleros y tuberías de desagüe de lluvia de chapa metálica. Definiciones, clasificaciones y requisitos.

ISBN 2-87997-091-1