

## Proceso galvánico

### Elementos de fijación con recubrimientos electrolíticos según ISO 4042:2018

**Galvanizado – pasivado.** El galvanizado con cromado posterior ha demostrado su eficacia en los elementos de fijación con respecto a la resistencia a la corrosión, así como en la apariencia. Podemos ofrecerle un amplio surtido de nuestra gama de productos disponibles en stock.

**Tratamiento posterior con cromado o pasivación.** Se trata de un proceso que consiste en la formación de una película de cromado o de pasivado a través de un tratamiento llevado a cabo en una solución que contiene compuestos de cromo hexavalentes (cromado) o trivalentes (pasivado). Este tratamiento posterior se realiza inmediatamente después del cincado sumergiendo el material en soluciones de ácido crómico. Los procesos de cromado o de pasivación aumentan la protección contra la corrosión e impiden desgastes o cambios de color en la capa de zinc. El efecto protector de la capa de cromo es diferente en función del grupo de procedimiento (véase tabla). Para mejorar la protección contra corrosión se puede aplicar un sellante o «top coats».

**Los desarrollos de procesos con revestimientos libres de cromo (VI)**, con el mismo o similar efecto protector, han sido impulsados por las directivas de la Unión Europea 2000/53/CE (ELV) y 2002/95/CE (RoHS) o 2011/65/EU (RoHS 2) a través de imposiciones para la protección medioambiental. En el pasado, era habitual emplear tratamientos de cinc y cromados con una base de cromo (VI) para proteger los elementos de fijación contra la corrosión. Hoy en día, el uso de Cr(VI) está muy limitado. Por lo tanto se recomienda usar exclusivamente tratamientos de pasivación alternativa sin Cr(VI) para nuevas aplicaciones.

Por norma general, los tratamientos de superficies con sistemas libres de cromo (VI) (pasivación) requieren una estructura de proceso más compleja, ya que el «efecto de autoregeneración» es más reducido. En función del tratamiento y el tipo y la geometría de los elementos de fijación, el tratamiento de material a granel o procesos automatizados como la alimentación y/o clasificación, el almacenamiento y el transporte pueden reducir la protección contra la corrosión (sobre todo la protección contra la corrosión del revestimiento).

### Valores de referencia para la resistencia frente a la corrosión de revestimientos de cinc galvanizados habituales según ISO 4042:2018

La prueba neutra de niebla salina (NSS, en inglés: Neutral Salt Spray test) según ISO 9227 se usa para valorar la resistencia a la corrosión del tratamiento.

De acuerdo con ISO 4042:2018 el tratamiento se define como el estado tras finalizar todos los pasos de revestimiento (incluida la aplicación de una pasivación, de un sellado y de un «top coats») sin que se provoque deterioro alguno en la protección por factores externos como la clasificación, el embalaje, el montaje, el transporte o el almacenamiento.

Sistemas de recubrimiento con base de cinc	Sin Cr (VI)	Aspecto típico	Denominación del sistema de recubrimiento según ISO 4042:2018	Grosor de la capa nominal del recubrimiento µm	Duración mínima de la prueba de niebla salina en caso de recubrimiento a tambor <sup>3) 4)</sup>	
					Corrosión blanca (h)	Corrosión roja (h)
Zn, pasivado transparente/azul	sí	transparente sin color a azulado (estándar)	ISO 4042/Zn5/An/T0	5	8	48
			ISO 4042/Zn8/An/T0	8	8	72
Zn, pasivación de capa gruesa	sí	iridiscente (azulado, amarillento, plateado, verdoso)	ISO 4042/Zn5/Cn/T0	5	72	120
			ISO 4042/Zn8/Cn/T0	8	72	192
Zn, pasivación de capa gruesa, sellante	sí	iridiscente	ISO 4042/Zn5/Cn/T2	5	120	168
			ISO 4042/Zn8/Cn/T2	8	120	240
Zn, negro, cromado <sup>1)</sup>	no	marrón negruzco a negro (decorativo)	ISO 4042/Zn5/F/T0	5	12 <sup>2)</sup>	–
			ISO 4042/Zn8/F/T0	8	24 <sup>2)</sup>	72
ZnNi, iridiscente, pasivado	sí	iridiscente azulado-gris plata	ISO 4042/ZnNi5/Cn/T0	5	120	480
			ISO 4042/ZnNi8/Cn/T0	8	120	720

<sup>1)</sup> Debido al procedimiento de tambor, en los cantos, los bordes de la ranura Phillips, etc., significa que prácticamente siempre se puede esperar que el recubrimiento de cromo negro se desengache y que el recubrimiento de zinc de color gris brillante de debajo sea visible puntualmente.

<sup>2)</sup> Un menor grosor de capa afecta negativamente a la resistencia del recubrimiento de cromo.

<sup>3)</sup> Con un procedimiento de bastidor se reduce el efecto de posibles daños en el recubrimiento, por lo que se obtiene una mayor resistencia frente a la corrosión.

<sup>4)</sup> En el caso de dimensiones de rosca reducidas, los valores indicados pueden diferir hacia abajo debido a la reducción en el grosor de la capa de cinc (la holgura en el diámetro de flanco es insuficiente para alojar el grosor de capa requerido). Véase también el límite superior de grosores de capa para roscas métricas ISO.

**! Reducción del peligro de fragilización por hidrógeno (ISO 4042)**

En caso de elementos de unión con tratamientos cincados de aceros con mayor resistencia de tracción o dureza de conformidad con un valor  $\geq 360$  HV y que se encuentran sometidos a tracción, existe peligro de fallo debido a fragilización por hidrógeno.

Un tratamiento térmico (deshidrogenado) de las piezas, p. ej. después del decapado por ácido o después del revestimiento metálico reduce el peligro de fractura. Una eliminación completa del peligro de fragilización por hidrógeno no se puede garantizar. Si el riesgo de fragilización por hidrógeno se tiene que reducir, deberían tomarse en consideración otros procesos de recubrimientos.

Por ello, para piezas determinantes de la seguridad, se recomienda seleccionar otros procesos de protección anticorrosiva o de revestimiento, como por ejemplo revestimiento inorgánico de zinc, cincado mecánico o a través de un cambio a aceros inoxidables y resistentes a los ácidos.

Cuando la fabricación lo permita, los elementos de fijación con dureza  $\geq 360$  HV se equipan con un recubrimiento de cinc inorgánico con un cincado mecánico.

El usuario de los elementos de fijación conoce el uso previsto y los requisitos, y deberá especificar el correspondiente tratamiento superficial.

**Límite superior de los grosores de capa para roscas métricas ISO**

según ISO 4042:2018

Rosca, inclinación P	Rosca, nominal, diámetro <sup>1)</sup> d1	Rosca interior		Rosca exterior					
		Posición de tolerancia G		Posición de tolerancia g		Posición de tolerancia f		Posición de tolerancia e	
		Medida básica	Grosor máx. <sup>2)</sup>	Medida básica	Grosor máx. <sup>2)</sup>	Medida básica	Grosor máx. <sup>2)</sup>	Medida básica	Grosor máx. <sup>2)</sup>
[mm]	[mm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]	[µm]
0,35	1,6	+19	4	-19	4	-34	8	-	-
0,4	2	+19	4	-19	4	-34	8	-	-
0,45	2,5	+20	5	-20	5	-35	8	-	-
0,5	3	+20	5	-20	5	-36	9	-50	12
0,6	3,5	+21	5	-21	5	-36	9	-53	13
0,7	4	+22	5	-22	5	-38	9	-56	14
0,8	5	+24	6	-24	5	-38	9	-60	15
1	6	+26	6	-26	5	-40	10	-60	15
1,25	8	+28	7	-28	5	-42	10	-63	15
1,5	10	+32	8	-32	8	-45	11	-67	16
1,75	12	+34	8	-34	8	-48	12	-71	17
2	16 (14)	+38	9	-38	8	-52	13	-71	17
2,5	20 (18; 22)	+42	10	-42	10	-58	14	-80	20
3	24 (27)	+48	12	-48	12	-63	15	-85	21
3,5	30 (33)	+53	13	-53	12	-70	17	-90	22
4	36 (39)	+60	15	-60	15	-75	18	-95	23
4,5	42 (45)	+63	15	-63	15	-80	20	-100	25
5	48 (52)	+71	15	-71	15	-85	21	-106	26
5,5	56 (60)	+75	16	-75	15	-90	22	-112	28
6	64	+80	20	-80	20	-95	23	-118	29

<sup>1)</sup> Las indicaciones de los diámetros de roscas normales sólo son a modo informativo. El tamaño decisivo es el paso de la rosca.

<sup>2)</sup> Holgura mínima nominal y grosor de capa correspondiente. Véanse puntos de medición/superficies de referencia para determinar el grosor de capa.

Si el ordenante no prescribe ningún grosor de capa, será válido el grosor más pequeño de capa. (entre 3 µm y 5 µm en función del tamaño de rosca). Este es a su vez el grosor de capa habitual.

En el caso de piezas roscadas muy largas o finas (≤ M4) pueden producirse problemas en el paso de rosca como consecuencia de la distribución heterogénea condicionada por el galvanizado. Aumento del grosor de capa en los bordes exteriores y los extremos más externos de piezas largas.

Por norma general, tornillos con  $l > 5d$  solo podrían tener un grosor de capa local de media longitud de un tercio a un medio en comparación con el grosor de capa local de las superficies de referencia. La determinación de grosores de capa más amplios (para obtener un grosor de capa suficientemente amplio en media longitud de un tornillo largo para la protección contra corrosión, por norma general 10d a 15d) podría provocar un recubrimiento excesivo en los extremos de la rosca, empeorando así la capacidad de enroscamiento y/o la precisión de calibre. En el caso opuesto, la determinación de capas más finas permite un agarre perfecto de la rosca, pero podría provocar un grosor de capa reducido a media longitud.

Posible solución: niquelado químico o piezas de acero inoxidable y resistencia a los ácidos del grupo austenítico A2/A4.

**i Las roscas de tornillos se fabrican principalmente en la posición de tolerancia 6g.**

Las posiciones de tolerancia e y f no son habituales y requieren una fabricación modificada de tornillos. Las cantidades mínimas, los plazos de entrega y el aumento de precios pueden poner en riesgo la rentabilidad. Alternativa: piezas de acero inoxidable y resistente a los ácidos A2. Las roscas de tuerca tienen capas más reducidas por motivos galvanotécnicos. Esto es insignificante para la práctica (parte interior mejor protegida, protección electrolítica de la rosca galvanizada del tornillo).

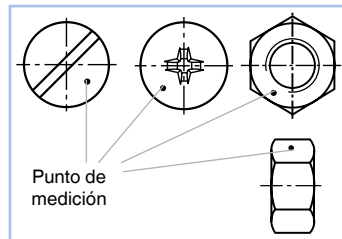
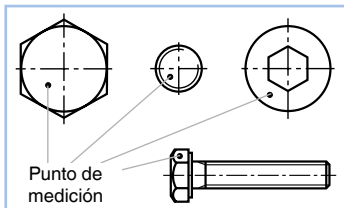
**i Grosores del recubrimiento en el ejemplo de un tornillo M10**

Zinc	5 µm
Pasivado (estándar)	0,05–0,1 µm
Pasivación de capa gruesa	0,2–0,5 µm
Sellado	0,5–1,5 µm

**Posibilidad de ajuste de tolerancia para recubrimientos superficiales ISO 10684 (galvanizado por inmersión en caliente)**

Producto	Rosca	Tolerancia	Ejemplo para marcado
Rosca externa	reducida	6 az	8.8 U
Rosca interna	repasada	6 AZ	8 Z

**Puntos de medición/superficies de referencia para determinar el grosor de capa**



### Otros procedimientos de revestimiento galvánico

Procedimiento	Explicaciones
Niquelado	Sirve tanto como uso decorativo, como protección anticorrosiva. Gracias a la capa dura, encuentra aplicación en la construcción de aparatos electrónicos, así como en la industria telefónica. Especialmente en tornillos no se produce desgaste por abrasión del revestimiento. Las piezas de hierro niqueladas no son recomendables para atmósferas de exterior. Mejora de la protección anticorrosiva mediante impregnación – véase siguiente tabla.
Cromado	En la mayoría de los casos después del niquelado, grosor de capa aprox. 0,5–1,0 µm. El cromo actúa de manera decorativa, aumenta la resistencia al deslustre de las piezas de trabajo niqueladas y también sirve como protección contra la corrosión. Cromado brillante: alto brillo. Cromado mate: brillo mate (brillo sedoso). Cromado en tambor: no es posible. Crea un área de superficie dura con buen desgaste y propiedades de deslizamiento.
Latonado	Las aplicaciones de latón se emplean principalmente a modo decorativo. Además, las piezas de acero se latonan para mejorar la fuerza de adhesión de la goma sobre el acero.
Cobreado	En caso necesario, se emplea como fijación antes del niquelado, cromado y plateado. Como capa de cubierta para usos decorativos.
Plateado	Las aplicaciones de plata se emplean a modo decorativo y para usos técnicos.
Estañado	El estañado se emplea principalmente para lograr o mejorar la capacidad de soldadura (soldadura blanda). A la vez sirve de protección anticorrosiva. El tratamiento posterior térmico no es posible.
Anodizado	Mediante la oxidación anódica se crea una capa protectora en el aluminio, que actúa como protección anticorrosiva y que impide la aparición de manchas. Para fines decorativos, pueden conseguirse, en un proceso de coloración posterior, prácticamente todos los tonos de color.
Zinc/hierro	Es un recubrimiento electrolítico que utiliza un electrolito que precipita una aleación de zinc-hierro en un componente metálico. Tras el recubrimiento una pasivación negra libre de Cr(VI) y sellante negro es aplicado. Principalmente se utiliza cuando se desea una superficie cosmética negra.
Zinc/níquel	Los recubrimientos de zinc-níquel tienen una disposición aproximadamente el 12–16 % de níquel durante el galvanizado. Aquí hay la posibilidad de utilizar una pasivación transparente o negro y optimizar por un sellante. Este recubrimiento se utiliza principalmente porque tiene una buena protección contra la corrosión en uso.

## Otros tratamientos superficiales

Procedimiento	Explicaciones
Galvanizado por inmersión en caliente	Inmersión en baño de zinc, cuya temperatura es de aprox. 440–470 °C. Grosos de capa mín. 40 µm. Superficie mate y rugosa, es posible la aparición de manchas tras relativamente poco tiempo. Muy buena protección anticorrosiva. Aplicable para piezas roscadas a partir de M8. Paso de rosca garantizado por medidas adecuadas (mecanizado previo y posterior con arranque de virutas).
Revestimientos inorgánicos de laminillas de zinc Geomet® Delta-Tone®/Delta-Protekt®	Recubrimientos con alto contenido en láminas de cinc (color gris plata) con una resistencia excelente frente a la corrosión para piezas con mayor resistencia de tracción o dureza de conformidad con un valor $\geq$ 360 HV. Este tratamiento se excluye una fragilidad inducida por hidrógeno mediante la técnica del proceso. Resistencia térmica hasta aprox. 300 °C. Útil para roscas $\geq$ M4.
Galvanizado mecánico (Mechanical Plating)	Proceso de revestimiento químico-mecánico. Las piezas desengrasadas se introducen en un tambor de plaquado junto con una mezcla especial de bolas de cristal y polvo de zinc. Las bolas de cristal actúan de portadores de las partículas de polvo de zinc, llevándolas a la superficie de la pieza de trabajo, donde se quedan adheridas mediante soldadura en frío.
Ennegrecimiento INOX	Proceso químico en una solución de hidróxido caliente. Para usos decorativos.
Pavonado (ennegrecer)	Procedimiento químico, temperatura de baño aprox. 140 °C con aceitado final. Para fines decorativos, únicamente se aplica una protección contra la corrosión de forma temporal.
Fosfatado (bondear, bonderizar, antoxizar, parkerizar, atramentar)	Protección anticorrosiva ligera. Base de adhesión para pintura. Aspecto gris a negro grisáceo. Mejor protección anticorrosiva mediante aceitado.
Impregnado	Especialmente en el caso de las piezas niqueladas, los poros se pueden sellar con cera mediante un tratamiento posterior en fluido de deshidratación con aditivo de cera. Mejora considerable de la resistencia de la protección anticorrosiva. La película de cera está seca, es invisible.
Templado	En caso de elementos de unión con tratamiento galvánico de aceros con mayor resistencia de tracción o dureza de conformidad con un valor $\geq$ 360 HV y que se encuentran sometidos a tracción, existe peligro de fallo debido a debilitación por hidrógeno. Mediante templado a aprox. 180 °C a 230 °C (por debajo de la temperatura de revenido), el hidrógeno puede eliminarse en parte. Según los avances actuales de la técnica, este procedimiento no ofrece garantías 100%. El templado durante > 6 h tiene que realizarse inmediatamente después de un decapado y después del tratamiento galvánico.
Sellado	El sellado se lleva a cabo tras el galvanizado y pasivado sumergiendo el componente. Los sellados aumentan la resistencia a la corrosión.
Recubrimiento tribológico seco <sup>1)</sup>	Estos revestimientos proporcionan una reducción de la fricción y una película resistente al desgaste. Reduce la propensión al «galling» (ennegrecimiento por fricción y oxidación superficial).
Encerado	Capa deslizante para reducir el par de apriete en el caso de tornillos autorroscantes.
WIROX®	Es un recubrimiento electrolítico de zinc, espesor medio de al menos 8 µm. La protección contra la corrosión es más de 20 veces superior, en comparación con la cincado simple. El recubrimiento es resistente a la abrasión, cargas mecánicas y se caracteriza por una alta resistencia a la corrosión.
YELLOX®	Es un recubrimiento electrolítico de zinc, espesor medio de al menos 4 µm. La protección contra la corrosión es más de 6 veces superior, en comparación con el cincado simple. Las aplicaciones de tornillo con aspecto amarillento están garantizadas en el futuro.
GreenTec®	Es un recubrimiento electrolítico, espesor de aproximadamente 5 µm, basado en zinc-níquel y proporciona un revestimiento duro, resistente al desgaste con una resistencia a la corrosión muy alta.

<sup>1)</sup> Por ejemplo, **CresaCoat®**

El revestimiento seco tribológico **CresaCoat®** es un revestimiento de capas finas aplicado de manera noelectrolítica con propiedades lubricantes integradas y protección adicional contra la corrosión. El revestimiento consiste en una composición de fluoropolímeros y partículas lubricantes sólidas orgánicas submicroscópicas, que están dispersas en disolventes y mezclas de resina sintética cuidadosamente seleccionados.

El revestimiento AFC (recubrimiento anti-fricción) crea una fina película que nivela todas las irregularidades de la superficie, optimizando así la fricción bajo cargas y condiciones de trabajo extremas. La resina sintética, a su vez, garantiza una mejor protección contra la corrosión.

La decisión sobre cuál es la solución más recomendable a nivel técnico y económico para cada caso individual debe tomarse en función de la aplicación específica del cliente y el uso previsto.