

CALVOSEALING

THE FLUID SEALING SPECIALIST

| Clasificación ACEROS INOXIDABLES

Índice de contenidos

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

COMPOSICIÓN

PELÍCULAS PASIVAS

TIPOLOGÍAS

FERRÍTICOS

MARTENSÍTICOS

AUSTENÍTICOS

CORROSIÓN

CORROSIÓN

TIPOS DE CORROSIÓN

CORROSIÓN LOCALIZADA

ACABADOS Y RESISTENCIA

RESISTENCIA AMBIENTE

RESISTENCIA CORROSIÓN

ACABADOS

Introducción

INTRODUCCIÓN

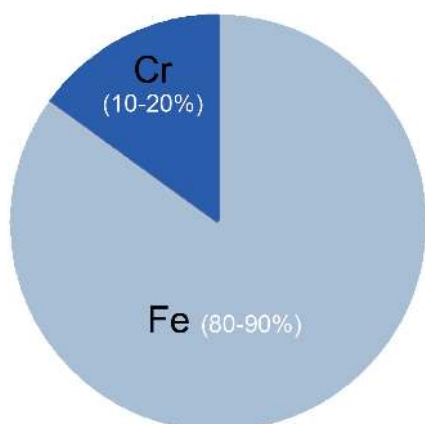
El acero inoxidable es una aleación del hierro formada por un mínimo de 11% de cromo. Ofrece una muy buena resistencia a la corrosión por lo que cuando se está trabajando en medios agresivos es un material idóneo.

Es gracias a el contenido en cromo que le permite crear una película pasiva en su superficie, que se crea en la reacción del cromo y el oxígeno de la atmósfera; este óxido de cromo permite la gran resistencia a la corrosión. Además, en el caso que se produjera un daño, esta película lo repararía inmediatamente.

No solo es presenta buena resistencia a la corrosión sino que también tiene unas buenas propiedades mecánicas y ductilidad.

COMPOSICIÓN

Los aceros inoxidables son aleaciones de hierro (Fe) y cromo (Cr) donde la cantidad de este último debe ser superior al 10,5%.



Composición Fe-Cr del acero inoxidable

Además de la composición con cromo se encuentra un contenido en carbono inferior al 1.2%. Sin embargo se encuentran familias de aceros inoxidables que aparte del contenido en cromo y carbono, se le añaden otros elementos para poder darle al material diferentes propiedades y así poder aumentar el rango de aplicaciones para las que se usa el acero inoxidable. Estas familias están compuestas por: aceros inoxidables **ferríticos, martensíticos y austeníticos**.

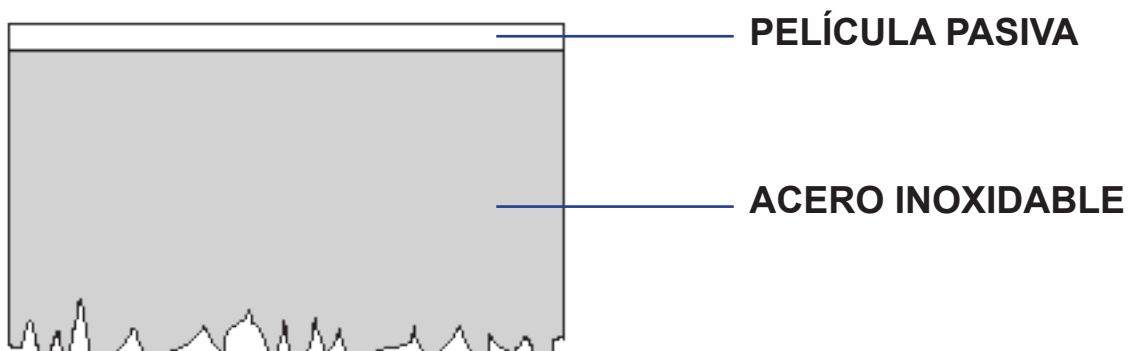
PELÍCULAS PASIVAS

La película pasiva del acero inoxidable se relaciona directamente con la resistencia a la corrosión de estos.

Se forma una película muy fina (30-50 Å) y adherentes. Se forman y se conservan en una muchos medios, lo que hace de los aceros inoxidables una gran resistencia a la corrosión.

Las aleaciones ferrosas de los aceros inoxidables no reaccionan con el medio ambiente gracias al cromo que nos ofrece la característica de formar una película fina adherente y homogénea. Su composición es de óxidos hidratados de Fe y Cr y se forma en presencia de H₂O y O₂.

Estos óxidos tienen una estructura amorfa parecida a la del gel polimérico. Para producirse esta película pasiva (pasividad), los iones metálicos generados en la disolución anódica forman iones intermediarios llamados cationes hidroxílicos MOH⁺, que se unen con las moléculas de agua y aire y forman esta estructura tan parecida a la de un gel.



TEORÍA DE PRYOR

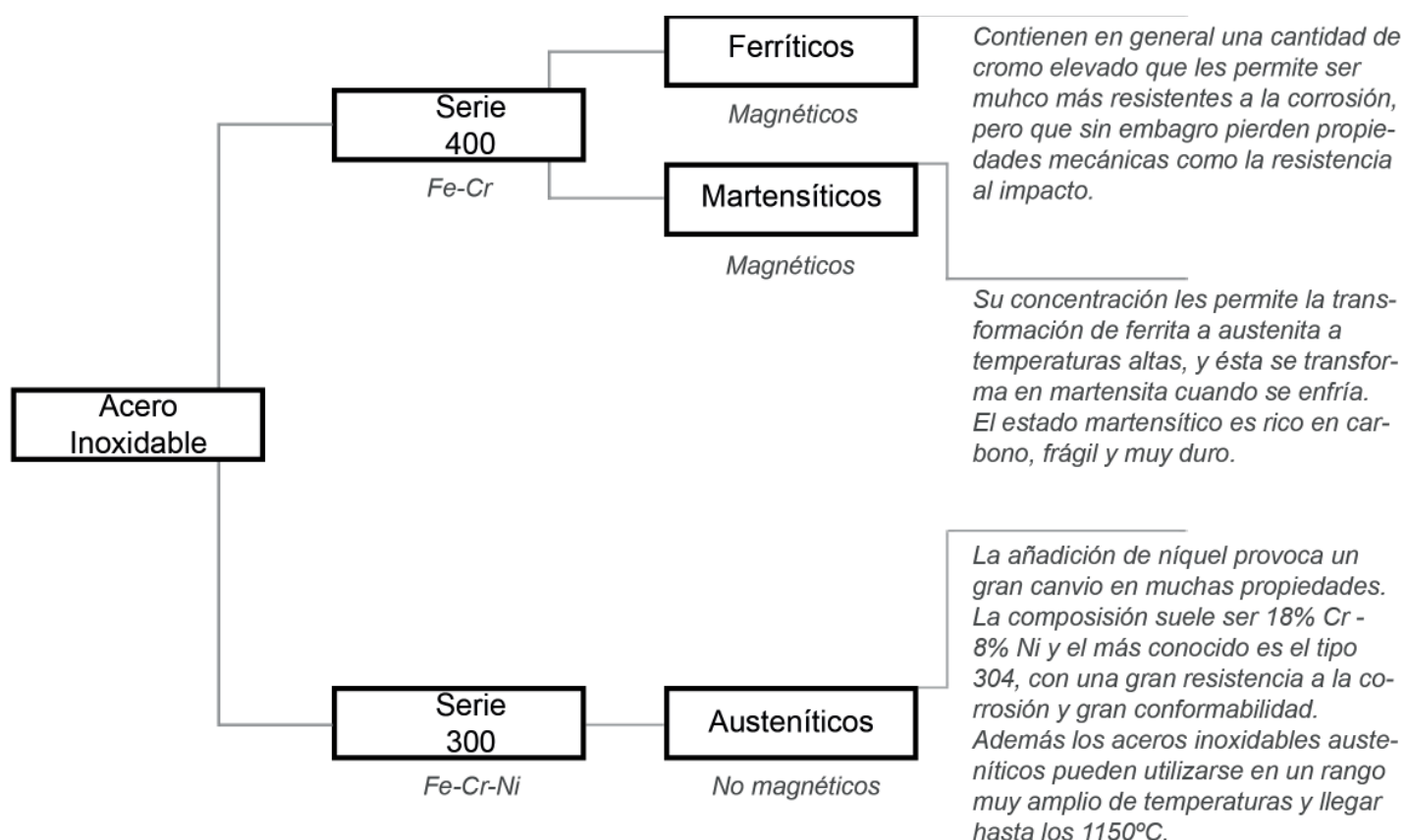
Pryor centró uno de sus estudios en la corrosión del acero. En su estudio se planteó el principio de la disolución anódica del acero cuando se penetraba en un ambiente agresivo de iones de cloruro en la película pasiva del material. Estos provocaban defectos catódicos, los que provocaban una despasivación del acero.

Tipologías

TPIOS

Dentro de los aceros inoxidable se diferencias dos series: la serie 400 que son aceros magnéticos y encontramos la clase ferrítico y martensítico, y la serie 300 dónde estan los aceros inoxidable austeníticos y no son magnéticos.

La diferencia que encontramos aparte del magnetismo, es que la serie 300 se trata de una composición con contenido Fe-Cr-Ni.

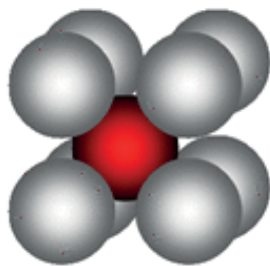


FERRÍTICOS

Se trata de aleaciones binarias hierro-cromo que con su alto contenido en cromo poseen como característica principal la buena resistencia a la corrosión que variara según la cantidad de Cr que contiene (ver tabla 1).

Aparte de poseer un contenido alto en cromo (12/30%), también tienen un contenido en carbono de 0.12%. Su estructura es cristalina cúbica centrada en el cuerpo (BCC) por lo que sus propiedades mecánicas son buenas.

Como factores negativos encontramos una baja soldabilidad y no pueden ser tratados térmicamente (temple)



La estructura cristalina cúbica centrada en el cuerpo se trata de ocho átomos colocados en las aristas y uno en el centro del cubo. Las aristas y caras del cubo tienen la misma longitud con planos normales entre sí.

Estructura Cúbica Centrada en el Cuerpo (BCC)

APLICACIONES

Gracias a que son fácilmente conformables en frío son utilizados en recipientes y herramientas para la industria química y alimentación.

Pero no ha sido hasta estos últimos años donde se diseñaron tubos de condensadores para el agua del mar con aeros inoxidables ferríticos que con su alto contenido en cromo han pasado a llamarse superferríticos.



Recipientes de cocina fabricados con acero inoxidable ferrítico.

NORMA / ASTM / AISI / SAE	% C	% Cr		% S	% Al	% Ti	% Nb	MARCA BOHER
	≤0.08	11.5/14.5			0.10/0.30			
409	≤0.08	10.5/11.75				> 6 x C		
410S	≤0.08	11.5/13.5						
430	≤0.12	16/18	0.75/1.25					
430F	≤0.12	16/18	0.75/1.25	>0.15				N 310
434	≤0.12	16/18	0.75/1.25					
436	≤0.12	16/18					> 5 x C	
439	≤0.07	17/19				> 0.20 + 4 (C+N)		
444	≤0.025	17.5/19.5				> 0.20 + 4 (C+N)		
446	≤0.20	23/27				> 7 (C+N)		

[TABLA 1]: En la tabla se muestran diferentes clases de aceros inoxidables ferríticos con su porcentaje de contenido en cada uno de los elementos mostrados. El carbono y el cromo están presentes en todos los tipos.

409

Acero con un bajo contenido en cromo, y de uso general. Se utiliza en aplicaciones que no requieran buena apariencia. Normalmente se usa para la fabricación de escapes de automóviles, silenciadores y convertidores.

430

Se añade fósforo y azufre para una mejora de la maquinabilidad. Ofrece alta ductilidad y buena resistencia a la corrosión. Ideal para diseño de interiores. Se usa para la construcción, cremalleras, adornos arquitectónicos interiores y electrodomésticos para la cocina, aparatos científicos tecnológicos...

434

Variación del 430 con la adición de molibdeno con el fin de mejorar la resistencia a la corrosión en molduras de autos. Presenta y ofrece una gran resistencia a la oxidación. Se usa para automotrices exteriores, electrodomésticos...

446

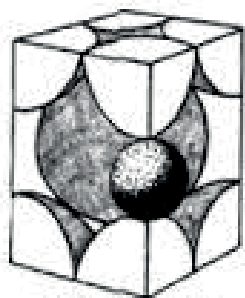
Se incrementa la cantidad de cromo para una mejora de la resistencia a la escamación. En aplicaciones donde la resistencia mecánica sea fundamental no debe utilizarse ya que sus prestaciones no son las mejores. Se utiliza generalmente entre temperaturas de 815°C y 1200°C es por eso que su resistencia mecánica se reduce.

MARTENSÍTICOS

En el caso de los martensíticos, el porcentaje en cromo también resulta muy elevado por lo que nos proporciona gran resistencia a la corrosión. Sin embargo ninguno contiene aluminio, titanio, azufre o niobio.

Se trata de aleaciones ferrosas con un gran límite elástico y dureza. Esta martensita se forma a través de la austenita gracias a un tratamiento térmico (temple). Estos tienen un contenido alto en carbono que puede llegar hasta un 1%. Al igual que los ferríticos son difíciles de soldar.

Se venden en una estructura ferrítica, baja en dureza y alta ductilidad, es solo después de un tratamiento térmico de temple cuando se consigue la estructura martensítica, muy duros y poco dúctiles.



Estructura martensítica

Esta estructura conseguida gracias al tratamiento térmico ofrece una baja tenacidad debido a las distorsiones en el reticulado causadas por átomos de carbono retenidos en los sitios octaédricos de la martensita.

APLICACIONES

Se usan en gran parte para material quirúrgico y dental. Aunque también se fabrican muelles cables, chuchillas, engranajes o rodamientos.

Aunque en algunos casos también se han utilizado para la industria petroquímica.



Muelle fabricado con acero inoxidable martensítico.

NORMA / ASTM / AISI / SAE	% C	% Cr	% Mo	DUREZA	MARCA BOHER
410	<0.15	11.5/13.5		41	N100
420	>0.15	12/14		53	M310
420F	>0.15	12/14		53	
440A	0.60/0.75	16/18	>0.75	54	
440B	0.75/0.95	16/18	>0.75	57	N685
440C	0.95/1.2	16/18	>0.75	60	N695

[TABLA 2]: Muestra diferentes clases de aceros inoxidables de la familia de martensíticos con sus diferentes contenidos de carbono cromo, y molibdeno.

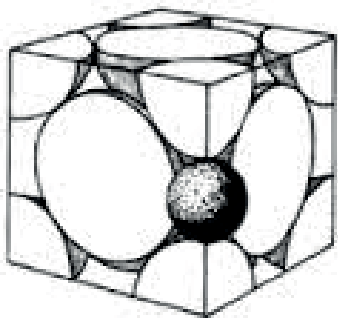
410	Tipo de acero inoxidable más utilizado en la estructura martensítica debido a sus buenas características mecánicas y bajo coste. Su coeficiente de expansión es menor que el acero al carbono y con una conductividad térmica casi dos veces menor. Se usa para la fabricación de tornillos, tuercas, cubiertos, vajillas, partes de horno o turbinas...
414	La aleación con níquel mejora representativamente la resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Ofrece una buena resistencia mecánica y tenacidad.
420	Hay un incremento del porcentaje de carbono así nos puede ofrecer una gran resistencia mecánica, dureza y resistencia al desgaste. Sin embargo se reduce la resistencia a la corrosión por lo que en algunos fluidos no va a ser posible utilizarlo. Se usa para ortodoncia, herramientas quirúrgicas, hojas de cuchillos, moldes...
420 F	Se trata de una variación del 420 pero con la adición de fósforo y azufre para mejorar la maquinabilidad.
440 C	En este caso se incrementa el contenido en carbono para obtener una dureza mayor. Además para una buena resistencia a la corrosión se incrementa también el porcentaje de cromo.
440 B	En el 440 C se incrementa mucho el carbono por lo que se aumenta la dureza pero se reduce la tenacidad. En el tipo B, el porcentaje de aumento del carbono es menor por lo que la tenacidad no reduce tanto.
440 A	El acero inoxidable 440 A aún tiene menos contenido en carbono que el 440 B para mejorar la tenacidad.

AUSTENÍTICOS

Son aleaciones ferrosas con microestructura predominantemente austenítica. Se caracterizan por su gran resistencia a la corrosión y por su facilidad en el proceso de embutición. Además a diferencia de los magnéticos son fáciles de soldar.

La presencia del níquel hace de ellos unos grandes resistentes a la corrosión, aparte de ser un elemento "gammágeno" que estabiliza el campo de la austenita.

Otra de sus características es su gran conformabilidad, y estos pueden utilizarse en un rango de temperaturas de entre condiciones criogénicas hasta 1150°C.



Estructura austenítica.

La estructura austenítica está compuesta por una solución sólida por la mezcla de carbono en hierro en fase gamma. El porcentaje en carbono puede variar de 0,1 hasta 1,8%.

La austenita está formada por cristales cúbicos de hierro gamma con átomos de carbono en sus aristas y centro.

APLICACIONES

Se emplea mayormente en la industria química, alimentaria y médica. En la industria química se utilizan donde hay presencia de medios agresivos, como por ejemplo en zonas donde hay una elevada concentración de Cloro y altas temperaturas.



Piezas para usar en medios con mucha presencia de cloro.

NORMA / ASTM / AISI / SAE	% C	% Cr	% Ni	% Mo	% S	% Ti	% Nb	MARCA BOHER
301	<=0.15	16/18	6/8					A 220
303	<=0.08	17/19	8/10		>=0.15			A 506
304	<=0.08	18/20	8/10.5					A 500
304L	<=0.03	18/20	8/12					A 600
304H	0.04/0.10	18/20	8/10.5					
305	<=0.12	17/19	10.5/13					H 550
316	<=0.08	16/18	10/14	2/3				
316L	<=0.03	16/18	10/14	2/3				A 220
316H	0.04/0.10	16/18	10/14	2/3				
317	<=0.08	18/20	11/15	3/4				
317L	<=0.03	18/20	11/15	3/4				
321	<=0.08	17/19	9/12			>= 5 x (C+N)		A 7011
347	<=0.08	17/19	9/13				> 10 x C	A 750
904L + 1.5Cu	<=0.020	20	25	4.5				

[TABLA 3]: La tabla de los aceros con una estructura austenítica muestra la serie 300 donde se añade níquel como elemento de aleación y esto le permite transformar la estructura ferrítica a austenítica. En alguno de ellos también se le añade azúfre, titanio o niobio para conseguir mejorar propiedades mecánicas de ellos.

301

Ofrece una menor resistencia a la corrosión si lo comparamos con otros aceros austeníticos. e puede conformar con facilidad y como todos los aceros de la serie 300 presenta una buena soldabilidad. Se usa especialmente en piezas para aviones, cajas de trailers y ferrocarriles, cubiertas...

303

Gran resistente a la oxidación en ambientes de hasta 900 °C. Ofrece también una buena resistencia a la corrosión y buena soldabilidad. Se emplea sobretodo en partes para bombas.

304

Tienen muy buena resistencia a la corrosión y se emplea normalmente en ambientes agresivos. Es muy fácil de soldar por lo que es muy recomendable cuando se quiere soldar espesores de material. Como uso básico se diseñan equipos químicos y recipientes para la alimentación tales como ollas, cubiertos...

316

Muy resistente a la corrosión sobretodo cuando es atacado por ambientes químicos agresivos o ácidos. Se usa para la industria farmacéutica y alimentaria.

321

Contiene un porcentaje de titanio en su composición, y sus características son muy similares a las del tipo 304. Se usa para la fabricación en gran parte de recipientes a presión.

Corrosión

CORROSIÓN

Definimos la corrosión como el deterioro de un material debido a un ataque químico por un entorno.

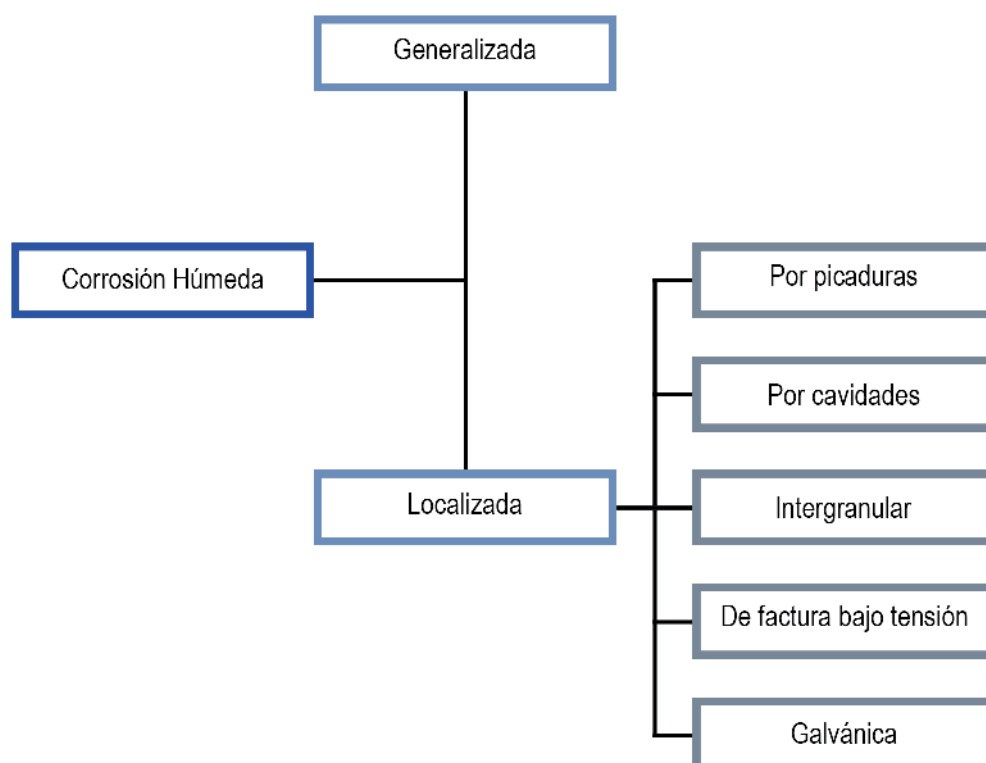
Se trata de un proceso natural donde se produce la transformación de un metal a un óxido. La corrosión aparece cuando hay una diferencia de potencial entre objetos conectados eléctricamente y la pérdida de iones de metal en el ánodo. Podemos diferenciar 4 elementos claves para hacer posible la corrosión:

1. Un ánodo
2. Un cátodo
3. Una conexión cátodo-ánodo
4. Un electrolito



Corrosión del acero inoxidable.

TIPOS DE CORROSIÓN



POR PICADURAS

La corrosión localizada por picaduras es de las más peligrosas que se puede encontrar un material. Se caracteriza por la provocación de hoyos y pequeños agujeros en el metal y lo debilita.

Esta debilidad puede ocasionar una corrosión muy destructiva para les estructuras de ingeniería. Es habitual que la picadura sea difícil de ver.

Los ambiente y entornos más frecuentes de ver esta clase de corrosión es el agua marina y en general atmósferas y aguas con un contenido de iones de cloro elevado.



Corrosión por picadura



Esquema de la corrosión por picadura

POR CAVIDADES

Puede aparecer cuando se forman grietas entre dos superficies de metales sean del mismo o diferente tipo y que se acoplan.

Esta clase de corrosión ataca directamente a la superficie metálica que se encuentra debajo cabezas o roscas de tornillos, contacto con juntas...

Una de las soluciones para evitar esta clase de corrosión es en la fase de diseño y durante el montaje.



Corrosión por cavitación



Esquema de la corrosión por cavidades

INTERGRANULAR

Se trata de un ataque químico localizado a una escala microscópica en los límites de grano de la aleación que suele aparecer cerca de las soldaduras y zonas afectadas térmicamente. Cuando el cromo y el carbono está expuesto a una temperatura superior a la de 500 °C, forman carburos de cromo haciendo del material débil al ataque químico.

Para evitar este tipo de corrosión suele utilizarse la estabilización (proceso para evitar la formación de carburos) donde se añade titanio y/o niobio que cuando el carbono reacciona con ellos previene la alteración del cromo.

El tipo de acero inoxidable más habitual es el 321 o 347.



Corrosión intergranular



Esquema de la corrosión intergranular

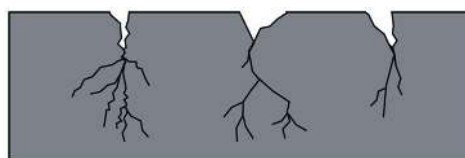
DE FRACTURA BAJO TENSIÓN

Se trata de una corrosión que aparece cuando el metal que está expuesto a un medio corrosivo se fractura a tensiones inferiores a las de su diseño. Esto se debe a la simultaneidad del medio corrosivo y de las tensiones mecánicas, si uno de estos dos componentes no actúa, automáticamente la corrosión se detiene.

El material forma una serie de grietas ramificadas como resultado de esta interrelación.



Corrosión de fractura bajo tensión



Esquema de la corrosión de fractura bajo tensión

GALVÁNICA

Esta clase de corrosión tiene lugar cuando dos metales diferentes se encuentran en contacto y sumergidos en un mismo electrolito.

En los dos elementos/metales que están en contacto el que se corroe más deprisa será el más anódico (menos noble). En el caso del acero inoxidable es necesario tener en cuenta esta clase de corrosión, es por eso que para evitarla no se debe unir con tornillos o remaches, unir mediante soldadura con estaño, o utilizar materiales más anódicos que el acero inoxidable.



Corrosión galvánica

RESISTENCIA AL AMBIENTE

	Ferríticos	Martensíticos	Austeníticos
Atmósfera	●	●	●
Atmósfera marina	●	●	●
Agua destilada	●	●	●
Agua salina	●	●	●

● Recomendable

● Regular

● No Recomendable

RESISTENCIA AL ATAQUE QUÍMICO

	Ferríticos	Martensíticos	Austeníticos
Ácido Clorhídrico (HCL)	●	●	●
Ácido Sulfúrico (H2SO4)	●	●	●
Ácido Nítrico (HNO3)	●	●	●
Ácido Fosfórico (H3PO4)	●	●	●

● Recomendable

● Regular

● No Recomendable

Acabados

ACABADOS

Al escoger el acero inoxidable deseado, el acabado es un aspecto muy influyente ya que puede proporcionar una mejora en alguna de las propiedades como la resistencia a la corrosión o la facilidad de limpieza.

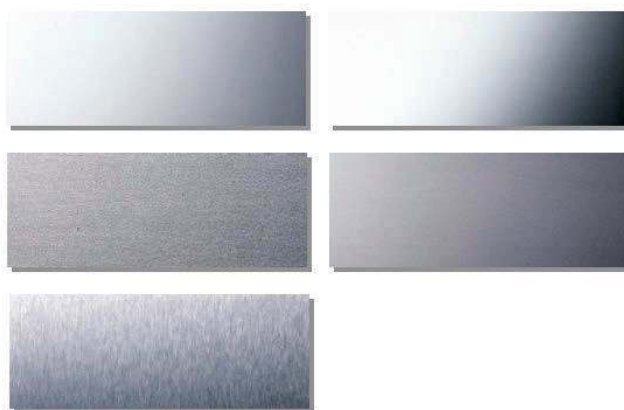
En algunas aplicaciones tener una superficie pulida va a transmitir una idea de nitidez y de material limpio. Sin embargo a veces con un acabado de rugosidad y granallado proporcionará un aspecto estético positivo incrementando las ventas de éste.

Por la que se refiere a la resistencia a la corrosión el acero pulido o con menos rugosidad será más resistente, pero sin embargo si se trata de corrosión bajo tensiones un granallado de la superficie será de gran ayuda para la resistencia del material.

Estos acabados se designan a través de números para especificar el tipo que es; el número 1 nos dice que es un acabado de laminación en caliente y el número 2 para laminación en frío.

Los acabados por laminación se usan para estructuras, piezas o productos planos de acero inoxidable. Encontramos varios importantes : 1D, 2D, 2B y BA. Además para evitar la corrosión se decapan así se elimina la cascarilla formada por el anterior proceso de laminación en frío o en caliente.

Adicionalmente hay una serie de acabados especiales (mecánicos esmerilados y abrillantados, grabados, chorreados por arena, electro-pulidos o coloreados) que tendrán una apariencia superficial, y su proceso de transformación significará una repercusión representativa en el medio ambiente por lo que hay que tener consciencia del que se elije.



Muestra de diferentes acabados en las chapas de acero inoxidable.

TABLA ACABADOS (Norma ASTM A-480)

	Tipo	Tipo de proceso	Descripción	Foto
Laminado en caliente	1D	Laminado en caliente tratado térmicamente y decapado	Superficie un poco rugosa y opaca. Es un acabado común en la mayoría de aceros con el fin de proporcionar una buena resistencia a la corrosión. Además el acabado es más grosero que el 2D.	
Laminado en frío	2D	Laminado en frío, tratado térmicamente y decapado	Acabado más liso y menos rugoso que el 1D. Ofrece una buena ductilidad con una superficie opaca, mate.	
	2B	Laminado en frío, tratado térmicamente, decapado y procesado en skin pass	Acabado más liso que el 2D y muy frecuente en la mayoría de los aceros. Ofrece lisura y planicidad gracias al skin pass.	
	BA	Laminado en frío con cilindros pulidos, tratado térmicamente en un horno de atmósfera inerte.	Ofrece una superficie brillante y reflectiva. La atmósfera del horno puede ser de hidrógeno o una mezcla entre nitrógeno y hidrógeno.	
Acabados especiales	No 3	Acero lijado en una dirección.	El lijado se hace con lijas de granulometría de 100 mesh.	
	No 4	Acero lijado en una dirección con lijas de granulometría de 120-150 mesh.	Nos proporciona una menor rugosidad de la superficie que en la del No 3 a causa del aumento de la granulometría de las lijas.	
	No 6	Acabado No 4 terminado después con paños embebidos con aceites y pastas abrasivas.	En este caso el lijado no es solo unidireccional y se obtiene un aspecto opaco y con una reflectividad menor a la No 4.	
	No 7	Acabado con alto lustre	Alto grado de reflectividad y un aspecto parecido a un espejo. Es pulido con lijas de granulometría 320.	
	No 8	Acabado de espejo	Es el acabado pulido con más reflectividad. Es producido de la misma forma que el acabado No 7, aunque el pulido dura entre 5 y 10 minutos más.	
	TR	Acabado conseguido por laminación en frío para obtener propiedades mecánicas específicas.	Es específico cuando se desean unas propiedades mecánicas más altas que las normales. Existen diferentes niveles de temperamento, que son definidos por la resistencia a la tracción el límite elástico y la elongación.	



c/ Galileo 8 - P.I. Can Estella

08635 Sant Esteve Sesrovires - Barcelona
(Spain)

Tel. +34 937 715 910 - FAX +34 937 715 319

Email: info@calvosealing.com

www.calvosealing.com