

Pasadores elásticos en espiral de acero inoxidable 316

Un estudio detallado del tipo 316 en comparación con el tipo 302/304 y usos habituales.

por Christopher G. Jeznach, ingeniero de producto
SPIROL International Corporation, EE. UU.

La versatilidad de los pasadores elásticos en espiral los convierte la mayoría de las veces en el elemento de unión ideal cuando se tienen determinados objetivos de economía e ingeniería. Están disponibles en una gran variedad de tamaños, cargas, acabados y materiales. Entre los materiales utilizados para fabricar los pasadores elásticos en espiral, a menudo se utiliza el acero inoxidable por su alta resistencia a la corrosión. Los pasadores elásticos en espiral se suelen fabricar en acero inoxidable 302/304 y 420, pero también están disponibles en acero inoxidable 316, que se suele seleccionar por su resistencia superior a la corrosión. En este documento se compara el tipo 316 con el 302/304, y se abordan diferentes usos y entornos en los que supone una ventaja.

Composición química

Aunque los aceros inoxidables 302 y 304 son técnicamente dos materiales diferentes, su composición y propiedades químicas se asemejan. Por ello, las plantas siderúrgicas pueden fundir el material para que cumpla con las especificaciones técnicas tanto del 302 como del 304. Así, los fabricantes suelen referirse a los pasadores elásticos austeníticos como tipo 302/304, y esta convención será la que se utilice en todo el documento.

En la *Tabla 1* se compara la composición química de los tipos de acero inoxidable austenítico utilizados para los pasadores elásticos en espiral. Por 'austenítico' nos referimos a la estructura del material, clasificando el acero inoxidable como no termotratable, no magnético en un estado totalmente recocido y con la capacidad de endurecerse al trabajarlo.

Antes de entrar en las características del tipo 316, será útil explicar primero brevemente cómo se alean los tipos 302 y 304, y qué es lo que les permite ser tan resistentes a la corrosión.



Tabla 1. Composición química (%) del acero inoxidable austenítico utilizado para los pasadores elásticos en espiral de SPIROL

	Tipo 302	Tipo 304	Tipo 316
Composición química (%)			
C	0,15	0,08	0,08
Mo	--	--	2 – 3
Cr	17 – 19	18 – 20	16 – 18
Ni	8 – 10	8 – 10,5	10 – 14

*Los valores únicos son valores máximos

Todos los aceros inoxidables de la serie 300 que se muestran en la *Tabla 1* son aleaciones con más níquel que el acero inoxidable tipo 420, y con un mayor contenido en cromo (el tipo 420 tiene un 0,5% de níquel y un 12-14% de cromo). Esto permite que dichos aceros de la serie 300 tengan una mayor resistencia a la corrosión, especialmente por picadura y tensofisuración. Además, los aceros inoxidables de la serie 300 tienen un menor contenido en carbono que otros aceros inoxidables, lo que les permite tener una mayor resistencia a la corrosión, al disminuir la capacidad de formación de carburos en los límites de los granos, lo que puede crear corrosión intergranular (conocida como 'sensitización').

La principal diferencia de composición entre el tipo 316 y el tipo 302/304 es que el primero es una aleación con 2-3% de molibdeno, lo que aumenta la resistencia a la corrosión por picadura al aumentar la durabilidad de la capa pasivante. La capa pasivante, normalmente un óxido, es una capa "clara e invisible" en la superficie del metal que mejora la protección contra la corrosión. El molibdeno también aumenta tensión en la estructura de red cristalina, forzando a las moléculas a que se junten y, por tanto, aumentando la energía necesaria para que los átomos de hierro se disuelvan y alcancen la superficie. El molibdeno tiene un efecto similar a la que el cromo tiene en la microestructura, por lo que el tipo 316 no necesita tanto cromo como el tipo 302/304. Para mantener la estructura austenítica en los aceros inoxidables con molibdeno, se debe aumentar el contenido de níquel. Como se puede ver en la *Tabla 1*, el contenido de níquel varía del 10-14% para el tipo 316 al 8-10,5% para el tipo 304 y el 8-10% para el tipo 302.

Resistencia a la corrosión

Aunque los aceros inoxidables austeníticos de la serie 300 tienen propiedades físicas y de resistencia que hacen que sean adecuados para muchos usos, su capacidad para resistir en diferentes entornos corrosivos, tanto químicos como atmosféricos, es la razón más importante por la que se suelen seleccionar. Todos los aceros inoxidables de la serie 300 tienen una alta resistencia a la corrosión, pero el tipo 316 es uno de los más resistentes. Aunque el tipo 302/304 suele ser resistente en la mayoría de los casos, suele corroerse en entornos más severos, mientras que el tipo 316 no lo hace, como en agua de mar o entornos petroquímicos. Hay muchos tipos diferentes de corrosión, por lo que es importante comprender cada uno de ellos y la ventaja que el tipo 316 ofrece.

Corrosión galvánica

Este tipo de corrosión se produce entre dos metales diferentes cuando están en contacto y sumergidos en un entorno en el que los metales reaccionan entre sí eléctrica y químicamente. Es importante tener en cuenta la serie galvánica (véase *Tabla 2*) para garantizar que el material no se corroe al ser expuesto al otro material. Por ejemplo, cuando dos aleaciones están en contacto en el agua de mar, la corrosión se producirá en la aleación que sea inferior en la serie. Cuanto más alejados estén los dos metales entre sí en el cuadro de la serie galvánica, más probabilidades hay de que se corroan al estar sumergidos en un electrolito.

Tabla 2. La serie galvánica¹

 <p>Cada vez más inerte (catódico)</p>	Platino Oro Grafito Titanio
 <p>Cada vez más activo (anódico)</p>	<ul style="list-style-type: none"> [Acero inoxidable 316 (pasivo) [Acero inoxidable 304 (pasivo) [Inconel (80% níquel-13% cromo-7% hierro) (pasivo) [Níquel (pasivo) [Monel (70% níquel-30% cobre) Aleaciones cobre-níquel Bronces (aleaciones cobre-estaño) Cobre [Latón (aleaciones de cobre-cinc) [Inconel (activo) [Níquel (activo) Estaño Plomo [Acero inoxidable 316 (activo) [Acero inoxidable 304 (activo) [Hierro fundido [Hierro y acero Aleaciones de aluminio Cadmio Aluminio comercialmente puro Cinc Magnesio y aleaciones de magnesio

Corrosión por picadura

La corrosión por picadura es un tipo de corrosión muy localizado que implica la aparición de pequeños puntos y, a la larga, orificios en el material. Cualquier tipo de fractura o incluso un pequeño rasguño puede desencadenar una corrosión por picadura y provocar una fractura (véase la *Imagen 1*). La picadura puede producirse en agua salada para el tipo 302/304, por lo que se suele utilizar el tipo 316. La adición de molibdeno mejora de forma significativa la resistencia a la corrosión por picadura.

El tipo 316 se suele conocer por ofrecer mayores ventajas frente al tipo 302/304 en entornos ricos en cloruro, como el agua de mar, por lo que se suele conocer como acero inoxidable de grado marino. Hay otros entornos cáusticos, detallados en la *Tabla 3*, donde el tipo 316 ofrece una mejor resistencia a la corrosión.

Se han realizado muchos informes y estudios para analizar el impacto de la SCC en acero inoxidable austenítico, pero debido a los numerosos factores y variables, como tensiones, composición química y condiciones ambientales, es difícil aplicar una correlación válida para todos los tipos de acero inoxidable y cómo reaccionan. Por lo tanto, es importante realizar pruebas para los requisitos específicos de cada aplicación.

A continuación se facilita una lista de soluciones de cloruro que pueden provocar la SCC del acero inoxidable de la serie 300²:

- Cloruro de amonio
- Cloruro de calcio
- Cloruro de cobalto
- Cloruro de litio
- Cloruro de magnesio
- Cloruro de mercurio
- Cloruro de sodio
- Cloruro de cinc

Corrosión intergranular

Este tipo de corrosión no suele ser un problema para los aceros inoxidables de la serie 300, ya que implica mantener los pasadores a alta temperatura (más de 800 °F/430 °C) durante un período de tiempo prolongado. Los pasadores en espiral de la serie 300 se pueden usar en temperaturas tan bajas como -300 °F (-185 °C) y tan elevadas como 750 °F (400 °C).

Propiedades mecánicas

Como los aceros de la serie 300 (y todos los austeníticos) se pueden endurecen por el trabajo en frío, ofrecen una amplia variedad de propiedades mecánicas. El trabajo en frío del material cambia la dureza y el magnetismo de los aceros inoxidables de la serie 300. En la *Tabla 4* se ofrecen las propiedades mecánicas de los aceros inoxidables austeníticos recocidos tipos 302, 304 y 316.

Tabla 4. Propiedades mínimas a temperatura ambiente, recocidos³

	Tipo 302	Tipo 304	Tipo 316
Resistencia a la fractura, Mpa (psi)	515 (75)	515 (75)	515 (75)
Fluencia, Mpa (psi)	205 (30)	205 (30)	205 (30)
Dureza, máx. (HRB)	88	88	95

² The International Nickel Company, Inc. 1963. "Corrosion Resistance of the Austenitic Chromium-Nickel Stainless Steels in Chemical Environments."

³ *Metals Handbook, Desk Edition*, 2ª edición. 1998. ASM International

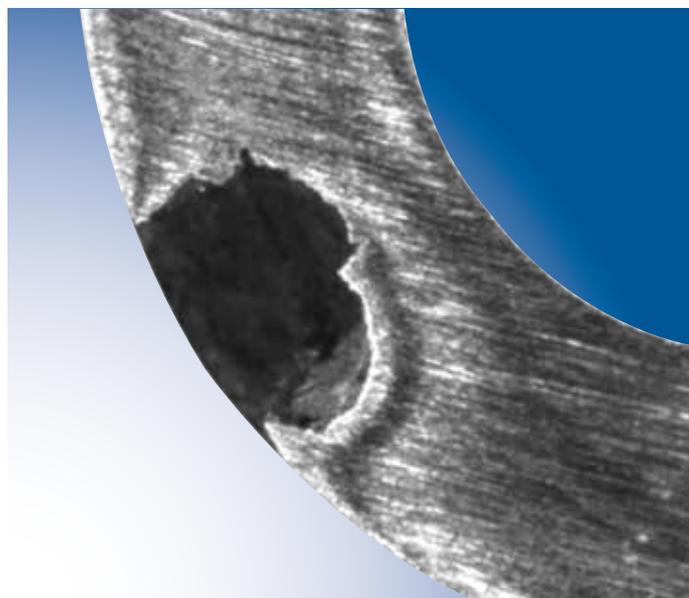


Imagen 1. Corte transversal de picadura, donde se muestra el impacto en el área transversal y la reducción de la resistencia

Tabla 3. Entornos en los que el tipo 316 ofrece una mayor resistencia a la corrosión en comparación con los tipos 302 y 304

Agua marina	Ácido sulfúrico
Agua de grifo	Ácido tartárico
Agua de mina	Ácido acético
Agua de caldera	Ácido fórmico
Cloruros alcalinos	Ácido láctico
Sales ácidas	Varios ácidos orgánicos
Sales de halógenos	Corrosión por nutrientes
Ácido fosfórico	

Corrosión por tensofisuración

La corrosión por tensofisuración (SCC, por sus siglas en inglés) es un proceso de fisuración que solo se produce si el material está en un entorno corrosivo y expuesto a tensión mecánica. Sin una de estas dos condiciones no se produce la SCC. Para el acero inoxidable de la serie 300, la SCC por cloruro es uno de los tipos más comunes, conocido por influir en la integridad estructural del material. Hay muchos factores que pueden influir en la SCC, como la tensión aplicada y residual, la temperatura y las condiciones cíclicas de la aplicación.

Magnetismo

Cuando cualquiera de los aceros inoxidables de la serie 300 está totalmente recocido, es no-magnético y su magnetismo aumenta al endurecerlos. El tipo 302/304 muestra una mayor permeabilidad magnética como resultado del endurecimiento.

Coste y disponibilidad

Para los pasadores elásticos, el tipo 302/304 es el acero inoxidable austenítico más utilizado y por ello, se suelen fabricar en mayores cantidades que el 316. Por lo tanto, los pasadores elásticos de acero inoxidable 302/304 son más baratos y tienen una mayor disponibilidad.

Aplicaciones

Hay muchas aplicaciones para las que se necesita una mayor resistencia a la corrosión que la que ofrece el tipo 302/304. Algunas de ellas se muestran en la *Tabla 5*. Los pasadores elásticos en espiral de acero inoxidable 316 reducen la corrosión por picadura que se produce en estas aplicaciones, ya que están expuestos a varios productos químicos agresivos (véase la *Tabla 3*).

Tabla 5. Aplicaciones y sectores en los que se utilizan los pasadores elásticos en espiral de acero inoxidable 316 (nota: el tipo 302/304 podría no ser suficiente)

Aplicaciones

Ensamblajes expuestos a un entorno marino
Accesorios de barcos
Colectores de gases
Piezas de motores a reacción
Equipos farmacéuticos
Piezas de hornos
Equipo fotográfico
Equipo de procesamiento de celulosa y papel
Pantallas para minería y filtrado de agua
Intercambiadores térmicos
Ensamblajes en plantas de tratamiento químico
Equipo médico

Sectores

Sector químico y farmacéutico
Digestores de la industria papelera,
evaporadores y equipo de manipulación
Sector médico
Equipo de trituración textil
Películas fotográficas
Equipo de refinamiento de petróleo

Conclusión

Los pasadores elásticos en espiral se pueden fabricar en muchos materiales, incluidos diferentes grados de aceros inoxidables. Los aceros inoxidables 302/304 son una opción habitual por su alta resistencia a la corrosión. En entornos donde la resistencia a la corrosión del tipo 302/304 no sea suficiente, como un entorno marino donde el pasador esté expuesto a cloruros, el tipo 316 podría ser más apropiado ya que la corrosión por picadura no se produce con facilidad. El tipo 316 suele ser más caro que el 302/304, pero su mayor resistencia a la corrosión garantiza que los componentes vitales permanezcan inalterados y no causen daño adicional a las partes circundantes. Para muchos equipos de ingeniería, la mayor seguridad compensa el mayor coste de los componentes, especialmente si se trata de productos químicos peligrosos.

Debido a la complejidad y a las diferentes variables que caracterizan a los entornos corrosivos, como el tipo de producto químico y su concentración, la tensión a la que está expuesto el material, las condiciones ambientales, el tiempo y la temperatura, se recomienda realizar siempre pruebas al seleccionar los materiales de fijadores como los pasadores elásticos en espiral, para asegurarse que el material dará los resultados deseados.

Una selección correcta del material es uno de los criterios más importantes de diseño para los ingenieros, ya que dicta el coste final, la vida útil y el rendimiento del producto final. Hay muchos tipos de materiales entre los que escoger, y cuando se trata de seleccionar materiales para fijadores, las empresas con experiencia en el diseño de los mismos pueden ayudar a determinar el material más adecuado.



Pasador elástico en espiral en acero inoxidable 316 Enganche de bloqueo para barco en acero



Europa **SPIROL España**
08940 Cornellà de Llobregat
Barcelona, España
Tel. +34 93 193 05 32
Fax. +34 93 193 25 43

SPIROL Francia
Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin
18 Rue Léna Bernstein
51100 Reims, Francia
Tel. +33 (0)3 26 36 31 42
Fax. +33 (0)3 26 09 19 76

SPIROL Reino Unido
17 Princewood Road
Corby, Northants NN17 4ET
Reino Unido
Tel. +44 (0) 1536 444800
Fax. +44 (0) 1536 203415

SPIROL Alemania
Ottostr. 4
80333 Munich, Alemania
Tel. +49 (0) 89 4 111 905 71
Fax. +49 (0) 89 4 111 905 72

SPIROL República Checa
Sokola Tůmy 743/16
Ostrava-Mariánské Hory 70900,
República Checa
Tel/Fax. +420 417 537 979

SPIROL Polonia
ul. M. Skłodowskiej-Curie 7E / 2
56-400, Oleśnica, Polonia
Tel. +48 71 399 44 55

Las Américas **SPIROL México**
Carretera a Laredo KM 16.5 Interior E
Col. Moises Saenz
Apodaca, N.L. 66613 México
Tel. +52 (01) 81 8385 4390
Fax. +52 (01) 81 8385 4391

SPIROL EEUU Corporativo
30 Rock Avenue
Danielson, Connecticut 06239
Estados Unidos
Tel. +1 (1) 860 774 8571
Fax. +1 (1) 860 774 2048

SPIROL EEUU división Iainas
321 Remington Road
Stow, Ohio 44224 Estados Unidos
Tel. +1 (1) 330 920 3655
Fax. +1 (1) 330 920 3659

SPIROL Canadá
3103 St. Etienne Boulevard
Windsor, Ontario N8W 5B1 Canadá
Tel. +1 (1) 519 974 3334
Fax. +1 (1) 519 974 6550

SPIROL Brasil
Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134
Comercial Vitória Martini, Distrito Industrial
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, Brasil
Tel. +55 (0) 19 3936 2701
Fax. +55 (0) 19 3936 7121

Asia/EI Pacífico **SPIROL Asia**
1st Floor, Building 22, Plot D9, District D
No. 122 HeDan Road
Wai Gao Qiao Free Trade Zone
Shanghai, China 200131
Tel. +86 (0) 21 5046 1451
Fax. +86 (0) 21 5046 1540

SPIROL Corea
160-5 Seokchon-Dong
Songpa-gu, Seoul, 138-844, Corea
Tel. +86 (0) 21 5046-1451
Fax. +86 (0) 21 5046-1540

e-mail: info-ib@spirol.com

SPIROL.com



Para conocer las especificaciones actualizadas y la gama de producto estándar consulte www.SPIROL.com.

Los ingenieros de aplicaciones de **SPIROL** revisan los requisitos específicos de su aplicación y colaboran con sus ingenieros de diseño para recomendar la mejor opción de ensamble. Una manera de lanzar este proceso de ingeniería es a través del portal **Ingeniería de Optimización de Aplicaciones** en www.SPIROL.com.
ISO/TS 16949
ISO 9001

© 2014 SPIROL International Corporation

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento en cualquier formato, tanto físico como electrónico, salvo autorización por escrito de SPIROL International Corporation.