

Si usted no puede visualizar correctamente este mensaje, [presione aquí](#)



### **Boletín técnico de INDISA S.A.**

Medellín, 19 de junio de 2009

No.  
72

## **SOLDABILIDAD Y CORROSIÓN DE ACEROS INOXIDABLES**



***Numerosas fallas de partes fabricadas en acero inoxidable 304 ocurren a causa de la corrosión intergranular. Esto se ha presentado en ambientes donde la aleación debería exhibir excelente resistencia a la corrosión.***

***Cuando estos aceros son calentados en el rango de 500°C a 790°C (aproximadamente), en un proceso de soldadura por ejemplo, ellos se vuelven susceptibles a corrosión intergranular.***

***Este fenómeno, conocido como "sensitización", se ilustra en este artículo.***

### **ACEROS INOXIDABLES**

Se denomina así el conjunto de aleaciones ferrosas que exhiben un buen comportamiento a la corrosión, en la mayoría de los ambientes y condiciones.

El cromo es el principal aleante, y el acero debe contener al menos 11% de cromo, para pertenecer a esta categoría. El cromo es muy reactivo, pero la película de óxido que se forma de una manera natural, es altamente resistente a muchos ambientes.

Los aceros inoxidable se clasifican en cuatro grandes grupos:

**Grupo I:** Aceros inoxidable martensíticos, que pueden ser endurecidos por tratamiento térmico. Su resistencia a la corrosión es baja. Se usan en rodamiento, bistorís y partes de válvulas, por ejemplo.

**Grupo II:** Aceros inoxidable ferríticos, que no pueden endurecerse por tratamiento térmico. Son fácilmente deformables, por lo que se usan frecuentemente en partes decorativas de automóviles y cocinas domésticas. Su resistencia a la corrosión atmosférica es buena.

**Grupo III:** Aceros inoxidable austeníticos, que no endurecen por tratamiento térmico, pero sí por trabajo en frío. Son no-magnéticos y la mayoría contiene níquel. A este grupo pertenecen los muy conocidos 304, 316, 347 y 310 que son considerados los "caballos de batalla" de la mayoría de las aplicaciones industriales, por su buen desempeño mecánico, fabricabilidad y resistencia a la corrosión y temperatura.

**Grupo IV:** Aceros inoxidable duplex (austeno-ferríticos) que se pueden endurecer por tratamientos térmicos sofisticados. Aunque su resistencia a la corrosión es mediana, se pueden obtener altas resistencias mecánicas, haciéndolos útiles en aviación y misiles.

La tabla 1 ilustra algunas aleaciones de cada grupo. Como puede verse, el término acero inoxidable cubre una alta gama de aleaciones.

<i>AISI type</i>	<i>%C</i>	<i>%Cr</i>	<i>%Ni</i>	<i>% other elements</i>	<i>Remarks</i>
<b>Group I Martensitic Chromium Steels</b>					
410	0.15 max	11.5-13.5	—	—	Turbine blades, valve trim
416	0.15 max	12-14	—	Se, Mo, or Zr	"Free" machining
420	0.35-0.45	12-14	—	—	Cutlery
431	0.2 max	15-17	1.25-2.5	—	Improved ductility
440A	0.60-0.75	16-18	—	—	Very hard; cutters
<b>Group II Ferritic Nonhardenable Steels</b>					
405	0.08 max	11.5-14.5	0.5 max	0.1-0.3 Al	Al prevents hardening
430	0.12 max	14-18	0.5 max	—	Auto trim, tableware
442	0.25 max	18-23	0.5 max	—	} Resists O and S at high temperatures
446	0.20 max	23-27	0.5 max	0.25N max	
<b>Group III Austenitic Chromium-Nickel Steels</b>					
201	0.15 max	16-18	3.5-5.5	5.0-7.5 Mn 0.25N max	Mn substitute for Ni
202	0.15 max	17-19	4-6	7.5-10 Mn 0.25N max	Mn substitute for Ni
301	0.15 max	16-18	6-8	2 Mn max	Strain hardens
302	0.15 max	17-19	8-10	2 Mn max	Architectural uses
302B	0.15 max	17-19	8-10	2-3 Si	Si for high-temp. oxidation
304	0.08 max	18-20	8-12	1 Si max	Continuous 18-8S
304L	0.03 max	18-20	8-12	1 Si max	Very low carbon
308	0.08 max	19-21	10-12	1 Si max	"High" 18-8
309	0.2 max	22-24	12-15	1 Si max	25-12, heat resistance
309S	0.08 max	22-24	12-15	1 Si max	Lower carbon
310	0.25 max	24-26	19-22	1.5 Si max	25-20, heat resistance
310S	0.08 max	24-26	19-22	1.5 Si max	Lower carbon
314	0.25 max	23-26	19-22	1.5-3.0	Si for high-temp. oxidation
316	0.10 max	16-18	10-14	2-3 Mo	18-8S Mo
316L	0.03 max	16-18	10-14	2-3 Mo	Very low carbon
317	0.08 max	18-20	11-14	3-4 Mo	Higher Mo
321	0.08 max	17-19	8-11	Ti 4 × C(min)	Ti stabilized
347	0.08 max	17-19	9-13	Cb + Ta 10 × C(min)	Cb stabilized
Alloy 20*	0.07 max	29	20	3.25 Cu, 2.25 Mo	Best corrosion resistance
<b>Group IV Age-Hardenable Steels*</b>					
322	0.07	17	7	0.07 Ti, 0.2 Al	
17-7PH†	0.07	17	7	1.0 Al	
17-4PH†	0.05	16.5	4.25	4.0 Cu	
14-8MoPH†	0.05 max	14	8.5	2.5 Mo, 1% Al	
AM350†	0.10	16.5	4.3	2.75 Mo	
CD4MCu‡	0.03	25	5	3.0 Cu, 2.0 Mo	

\* Typical compositions

† Commercial designations

‡ Cast form only

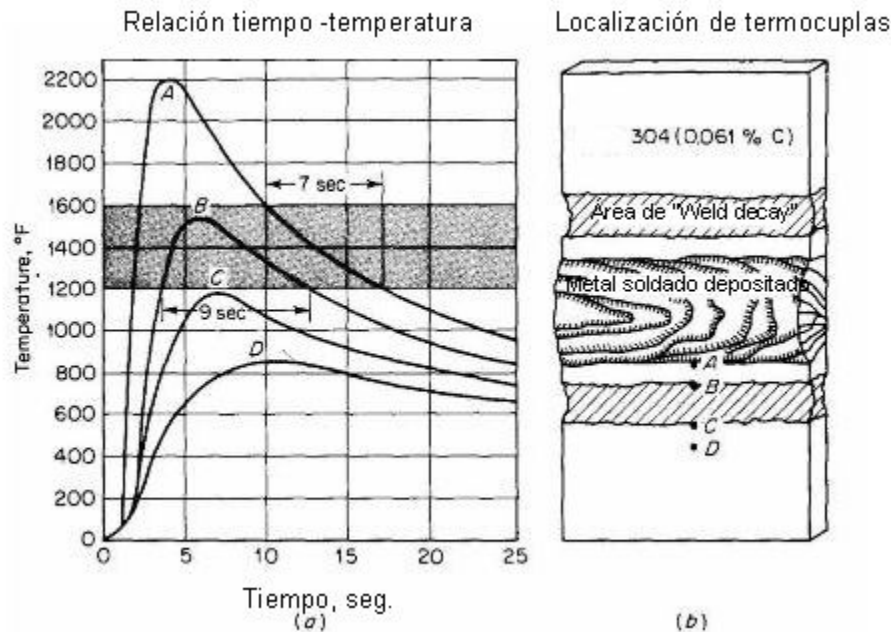
**TABLA 1:** Composición química del acero inoxidable**SOLDABILIDAD DEL ACERO INOXIDABLE**

Como se mencionó antes, los aceros inoxidable austeníticos son ampliamente utilizados en la industria por su magnífica relación costo-beneficio: exhiben excelente resistencia a la corrosión en la mayoría de ambientes industriales, poseen buena resistencia mecánica y ductibilidad, son trabajables en frío (conformado, rolado, doblado) y poseen buena soldabilidad.

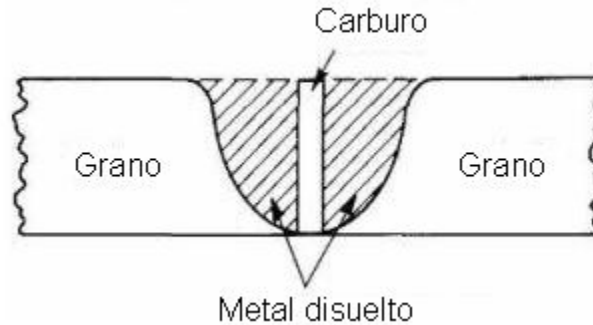
Durante la unión de aceros inoxidables, por soldadura, el aporte térmico de la operación somete una franja de material a temperaturas entre 425 y 875°C. En este rango, la solución sólida de austenita sobresaturada en carbono, que presenta el acero inoxidable de la serie 300 se descompone con la precipitación de carburo de cromo, en las uniones intergranulares, lo que ocasiona un agotamiento de cromo en la región adyacente al borde de grano, por debajo del límite requerido para que ocurra pasivación del acero. En la aleación así sensibilizada, expuesta a un medio agresivo, se establecen pares activo-pasivo, con una relación de áreas anódicas (borde del grano) a catódicas (centro del grano) muy desfavorables. Cuando esos carburos forman una red continua sobre los bordes de grano, la sensibilización es máxima.

Cuando una aleación se ha sensibilizado, queda susceptible a la corrosión intergranular, que no es otra cosa que un ataque corrosivo localizado en, ó al lado de los límites de los granos de la microestructura de la aleación. La aleación se desintegra, con muy poca o nula pérdida de peso.

Hoy se acepta universalmente que la corrosión intergranular de los aceros inoxidables austénicos ocurre por el empobrecimiento de cromo en las áreas adyacentes al límite de los granos, por la precipitación de los carburos de cromo durante el calentamiento ocurrido en zonas cercanas a la soldadura y que alcanzaron la temperatura de sensibilización (o sensitización) ver figura 1 y 2.



**FIGURA 1:** Temperatura durante un arco de soldadura de un acero inoxidable 304



**FIGURA 2:** Sección transversal de una soldadura en un acero inoxidable

### CONTROL DE LA SENSITIZACIÓN

Como el fenómeno de corrosión intergranular en zonas aledañas a la soldadura (weld decay) en uniones de aceros inoxidable austeníticos se debe fundamentalmente a la precipitación de carburos de cromo en los límites de grano, el control de este problema tiene que ver con que se evite la formación o precipitación de dichos carburos. A continuación se mencionan algunas acciones que pueden tomarse para evitar la corrosión intergranular:

**Selección de la aleación:** utilizar aleaciones menos susceptibles a la corrosión intergranular, como aquellas de muy bajo contenido de carbono (si el carbono es bajo, pocos carburos podrán formarse). Algunos ejemplos son 304L, 304 ELC, 316 y 316L (L: low carbon, ELC: extra low carbon).

**Aleaciones especiales:** conteniendo elementos conocidos como estabilizadores, que evitan la formación de carburos de cromo, tales como columbio, tantalio y titanio.

**Realizando tratamiento térmico,** conocido como temple; pero requiere calentar toda la pieza y enfriarla rápidamente, lo que resulta poco práctico en la realidad.

**Control de variables de soldadura,** para evitar calentamiento excesivo. Recuerde que la resistencia eléctrica de los aceros inoxidable es 6 veces mayor que la del acero carbono, el punto de fusión casi 100°C menor y la conductividad térmica es casi la mitad. Todo esto para decir, que el proceso de soldadura de acero inoxidable requiere de personal y equipos muy calificados.

**Selección de electrodos o metal de aporte:** En la soldadura de los aceros inoxidable, la selección del material de aporte requiere un conocimiento claro del efecto de los distintos elementos de aleación y la micro estructura del depósito de soldadura. Dependiendo de la composición exacta, el depósito puede tener estructura austenítica, ferrítica, martensítica, o una combinación de ellas. Los diagramas de Schaeffler y de DeLong, son valiosas herramientas que permiten conocer de antemano, con razonable exactitud, la micro estructura final del depósito a ejecutar. De esta manera, se puede seleccionar el electrodo más apropiado para obtener una estructura determinada, dependiendo del fenómeno que se quiera prevenir; como fisuración en caliente, fisuración en frío o corrosión intergranular.

## CONCLUSIONES

Los aceros inoxidable, en general, y los austeníticos en particular tienen un comportamiento excelente a la corrosión y exigencias mecánicas. Varios de ellos pueden ser conformados en complicadas formas por procesos mecánicos y/o por soldadura. Lamentablemente, si no se toman las medidas del caso, durante el proceso de soldadura puede generarse el fenómeno de sensitización, que deja vulnerable una zona cercana a las soldaduras, a la corrosión intergranular, que tiene efectos desastrosos en operación.

Este daño puede prevenirse (y difícilmente corregirse) utilizando aleaciones un poco más sofisticadas y controlando extremadamente los procesos de soldadura.

En los artículos "[Diagrama de Schaeffler](#)" y "[soldabilidad de los aceros inoxidables](#)" puede obtenerse más información sobre la soldabilidad de los aceros inoxidables.

## NOVEDADES

### PICASSO, GRABADO EN EL MUSEO

Cien grabados del artista malagueño Pablo Picasso se disfrutaron en el Museo de Antioquia por estos días.

Estas obras pertenecen a la fundación Mapfre desde el año pasado, cuando las adquirió, y constituyen un trabajo que el artista español hizo por solicitud del marchante de artes francés Ambroise Vollard. Por eso se llama La suite Vollard.

[Leer más...](#)



**Si usted no recibe esta publicación directamente de INDISA S.A. o si desea recomendarnos a alguien para que la reciba, [presione aquí](#)**

Para consultar las ediciones anteriores del boletín INDISA On line, puede entrar a <http://indisaonline.8m.com/>. En esta página se encuentran todos los boletines en formato de página web, para que usted pueda grabarlos en su computador e imprimirlos.



Tel: (574) 2605533

Medellín-Colombia

[mercadeo@indisa.com.co](mailto:mercadeo@indisa.com.co)

<http://www.indisa.com.co/>