

APLICACIONES DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Eusebio Dionicio Padilla

Resumen

La razón principal para la existencia del acero inoxidable es su resistencia a la corrosión. El cromo es el principal elemento aleante y el acero inoxidable debe contener por lo menos 11% . El Cromo es un elemento reactivo, pero las aleaciones que contienen Cromo se pasivan, exhibiendo una excelente resistencia a muchos ambientes.

Se dispone de un gran número de aleaciones resistentes a la corrosión, con propiedades mecánicas definidas, variando el costo en forma considerable. En nuestro medio, a pesar que la demanda de estos materiales ha aumentado significativamente, la industria nacional sigue cubriendo casi el 90% de sus necesidades de aceros inoxidables con apenas dos o tres tipos de estas aleaciones, siendo los más representativos las aleaciones AISI 304 y AISI 316.

Abstract

The main reason for the existence of the stainless steels is their resistance to corrosion. Chromium is the main alloying element, and the steel should contain at least 11%. Chromium is a reactive element but it and its alloys passivate and exhibit excellent resistance to many environments. A large number of stainless steels are available their corrosion resistance, mechanical properties, and cost vary over a broad range. For this reason, it is important to specify the exact stainless steel desired for a given application. In our country are used in 90% its; however two or three types of stainless steels are used: AISI 304 and AISI 316

I.-INTRODUCCION

Las propiedades de los aceros inoxidables son influenciados significativamente por su composición química, la que a su vez determina las características microestructurales de estas aleaciones. En la actualidad, los aceros inoxidables se pueden clasificar en forma general en cuatro grandes familias:

- Los aceros inoxidables ferríticos.
- Los aceros inoxidables austeníticos.

- Los aceros inoxidables martensíticos
- Los aceros inoxidables austenoferríticos (dúplex)

Además de estos, existen otros nuevos tipos de aceros inoxidables como los aceros inoxidables endurecibles ferrítico-martensíticos.

1.1 Aceros Inoxidable Ferríticos

Este tipo de aleaciones tienen contenidos de Cr entre 12 y 29% y muy bajos contenidos de Ni (<2%) Reciben su nombre debido a que su microestructura está constituida completamente por ferrita.

Este tipo de aceros inoxidables son los más económicos debido a su bajo contenido de Ni. Sin embargo, las ventajas económicas que se derivan de ello no se pueden aprovechar del todo en estas aleaciones debido principalmente a los problemas tecnológicos asociados a la elevada tendencia a precipitación de fases secundaria (dificultad de elaborar productos de gran espesor y problemas de soldabilidad). Sin embargo, debido a su buena resistencia a la corrosión bajo tensión (CBT), a la corrosión por picaduras y por resquicios, en medios conteniendo cloruros, pueden ser seleccionados en determinadas aplicaciones, como alternativa a los aceros inoxidables austeníticos.

Los aceros inoxidables ferríticos son magnéticos, tienen una buena ductilidad y son resistentes a la corrosión y oxidación a temperaturas elevadas. El acero inoxidable tipo AISI 430 es el más representativo de este grupo, tiene aproximadamente 17% Cr y es considerado como una aleación multi propósito para aplicaciones en las cuales las exigencias de resistencia a la corrosión, especialmente en las uniones soldadas, no sean importantes. El acero inoxidable del tipo AISI 444 (18% Cr 2% Mo) posee una mejor resistencia a la corrosión por picaduras y por resquicios, equivalente al acero inoxidable austenítico del tipo AISI 316.

En los últimos años se han desarrollado aceros inoxidables ferríticos diseñados especialmente para su empleo en la fabricación de tubos de condensadores para agua de mar. Aleaciones para esta aplicación suelen tener contenidos de Cr > 26% y Mo > 3% y se les denomina aceros inoxidables super-ferríticos.

1.2 Aceros inoxidables Austeníticos

Este es el grupo más popular de la familia de aceros inoxidables. Son aleaciones no magnéticas endurecibles por conformado en frío (en cuyo caso es posible que se vuelvan ligeramente magnéticas) pero no por tratamiento térmico. Su microestructura está constituida fundamentalmente por granos de austenita. La presencia de Ni en estos aceros permite estabilizar la fase austenítica, pues de otro modo la adición única de Cr produciría una microestructura ferrítica a temperatura ambiente.

Los aceros inoxidable austeníticos tienen una excelente resistencia a la corrosión, muy buena conformabilidad y en términos generales son fácilmente soldables (mejor que los ferríticos).

El acero inoxidable del tipo AISI 304 (19% Cr – 10% Ni) es el más representativo de este grupo de aleaciones. Posee una buena resistencia a la corrosión atmosférica y se lo emplea en forma significativa en la industria química, alimentaria y médica. Cuando las condiciones de servicio exigen una mayor resistencia a la corrosión por picaduras se emplea el acero inoxidable del tipo AISI 316 (17% Cr – 12% Ni – 2% Mo) que es empleado mayormente en procesos industriales como la elaboración del papel y en la industria alimentaria.

El proceso AOD permitió obtener aceros inoxidables con contenidos de S inferiores incluso a 0,001%. Esto permitió reducir los problemas de fragilidad en caliente y se dio inicio al desarrollo de aceros inoxidables cada vez más aleados.

De esta manera, vieron la luz nuevos tipos de aleaciones más resistentes como el grado AISI 317 (18% Cr – 13% Ni – 3,5% Mo) y los aceros inoxidables “super-austeníticos” con adiciones mayores de Mo y N. En este último grupo destacan las aleaciones del tipo 20% Cr – 18% Ni – 6% Mo – 0,2% N (AvestaTM 654 SMO) y la aleación producida comercialmente en 1992, del tipo 24% Cr – 22% Ni – 7,3% Mo – 3% Mn – 0,5% N (AvestaTM 654 SMO), considerada como uno de los aceros inoxidables austeníticos comerciales de mayor aleación fabricado hasta la fecha, capaz de competir en resistencia a la corrosión con la mayoría de las super aleaciones de base Níquel.

Estas nuevas aleaciones son empleadas en procesos químicos donde hay presencia de medios muy agresivos (elevadas concentraciones de cloruros y altas temperaturas de operación). Aplicaciones típicas son las plantas de procesamiento de la pulpa de papel, sistemas de conducción de agua de mar, construcción de elementos estructurales de plataformas offshore, etc. La Tabla 1 muestra algunos tipos de aceros inoxidables austeníticos con sus composiciones químicas nominales.

1.3 Los Aceros Inoxidables Martensíticos

Son aleaciones que tienen una estructura austenítica a elevadas temperaturas y que puede ser transformada a martensita después de un tratamiento térmico de temple, elevando su dureza y resistencia al desgaste. El contenido de carbono de estas aleaciones varía en un amplio rango (entre 0.15% y 1% C), mientras que el contenido de Cr suele oscilar entre el 12% y 18%. Los aceros inoxidables de bajo contenido de carbono (0.15% C) están asociados a un menor contenido de Cr en el acero, debido a que éste tiende a estabilizar la ferrita a elevadas temperaturas, lo que impide al acero sufrir la transformación martensítica después del temple.

Todos los aceros inoxidables martensíticos pueden ser templados y revenidos y la dureza alcanzada dependerá del contenido de carbono de la aleación. En aceros

de bajo carbono la dureza máxima es de 45 HRC y en los aceros de alto contenido de carbono la dureza puede alcanzar valores próximos a 60 HRC. Al igual que los aceros al carbono, estas aleaciones son susceptibles a la fragilidad de revenido cuando son tratados térmicamente después del temple en el rango de 450 a 540° C.

La Tabla 1 muestra la composición química de algunos de los aceros inoxidable de mayor empleo en la industria. Dentro de este grupo el acero inoxidable más representativo es el tipo AISI 410 (12% Cr- 0,15% C – 1,0% Mn) que junto al acero AISI 431 puede ser empleado en la fabricación de pernos, ejes de bombas, válvulas, alabes de turbinas a gas y vapor. Aceros inoxidables martensíticos de alto contenido de carbono (>0,2% C) son empleados como acero para cuchillería (tipos AISI 420 y AISI 440). La resistencia a la corrosión de este tipo de aceros inoxidables está asociado a su contenido de Cr y a su microestructura. Las aleaciones de mayor contenido de C exhiben una menor resistencia a la corrosión en condición de temple y revenido, debido a la mayor susceptibilidad a la precipitación de carburos de cromo que presentan estos materiales. En términos generales se pueden decir que los aceros inoxidables martensíticos presentan una menor resistencia a la corrosión que las demás familias de aceros inoxidable, pero tienen una resistencia mecánica elevada. Algunas aleaciones pueden ser tratadas térmicamente para alcanzar valores de resistencia superiores a 1400 Mpa (2000,000 psi). En la Tabla 1 se muestran las composiciones químicas de los aceros inoxidables martensíticos más representativos.

1.4 Aceros Inoxidables Dúplex

Estos aceros inoxidables, prácticamente desconocidos en nuestro medio, no son precisamente nuevas aleaciones, pues fueron producidas por primera vez hace ya más de 60 años. Sin embargo, los primeros aceros inoxidables dúplex presentaron una serie de inconvenientes, como una elevada susceptibilidad a la precipitación de fases secundarias (como la fase sigma), baja tenacidad, baja resistencia a la corrosión y poca soldabilidad.

El empleo del N como elemento de aleación revolucionó el desarrollo de estas aleaciones y permitió la aparición de la segunda generación de aceros inoxidables dúplex en la década de los 80, del cual es más representativo es sin lugar a dudas el acero inoxidable del tipo 22% Cr-5% Ni. Estas aleaciones son muy resistentes a la CBT y a la corrosión por picaduras inducida por cloruros. Como su nombre lo indica, los aceros inoxidables dúplex están constituidos micro estructuralmente por dos fases: ferrita y austenita.

Estos materiales tienen la ventaja adicional de tener una elevada resistencia mecánica alcanzando valores de límite elástico entre 700-900 Mpa (el doble de límite elástico que los aceros inoxidables austeníticos) lo que puede representar en muchos casos un ahorro significativo en costos de material. Un ejemplo de ello es la aplicación de estos materiales en la fabricación de tanques de almacenamiento para buques de carga, donde el acero inoxidable dúplex 2205 ha

mostrado tener una resistencia superior al acero inoxidable austenítico 317 LN y ha permitido un ahorro significativo en peso de la estructura.

Otro campo de aplicación importante es la industria alimentaria donde los aceros inoxidables dúplex del tipo 2304 y 2205 pueden reemplazar ventajosamente a los aceros inoxidables del tipo 304L y 316L, reduciendo el riesgo de CBT y de contaminación del proceso productivo.

TABLA 1 : Distintos Tipos de Aceros Inoxidables									
AISI	UNS	%C	%Mn	%Si	%Cr	%Ni	%P	%S	Otros
ACEROS INOXIDABLES FERRÍTICOS									
405	S40500	0,08	1	1	13	--	0,04	0,03	0,2 Al
430	S43000	0,12	1	1	17	--	0,04	0,03	--
434	S43000	0,12	1,25	1	17	--	0,04	0,03	1,0 Mn
446	S44600	0,20	1,5	1	25	--	0,04	0,03	0,25 N
18SR		0,004	0,3	1	18	--	--	--	2,0 Al, 0,4 Ti
AI 29-4 2	S44800	0,01	0,3	0,2	29	2,2	0,025	0,02	3,8 Mo
ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS									
303	S30300	0,15	2	1	18	9	0,2	>0,15	0,06 Mo
304	S30400	0,08	2	1	19	9,2	0,045	0,03	--
316	S31600	0,08	2	1	17	12	0,045	0,03	2,0 Mo
317	S31700	0,08	2	1	19	13	0,045	0,03	3,5 Mo
321	S32100	0,08	2	1	19	14	0,045	0,03	Ti=5xC min
347	S34700	0,08	2	1	18	11	0,045	0,03	Cb+Ta=10xC min
20 Mo6		0,03	1	0,8	24	35	0,03	0,03	5,7 Mo,3Cu
254 Smo	S31254	0,03	1	0,8	20	18	0,03	0,01	6,2Mo 9,7Cu 0,2N
ACEROS INOXIDABLES MARTENSÍTICOS									
403	S40300	0,15	1	0,5	12,2		0,04	0,03	

410	S41000	0,15	1	1	12,2		0,04	0,03	
416	S41600	0,15	1,25	1	13	--	0,04	0,03	0,6Mo
431	S43100	0,2	1	1	16	1,9	0,04	0,03	-
440A	S44002	0,67	1	1	17	--	0,04	0,03	0,75 Mo
416 PLUS	S41610	0,15	1	1	13	--	0,06	>0,15	0,6 Mo

EL desarrollo de los aceros inoxidable dúplex ha dado origen a nuevas aleaciones más resistentes como mayores contenidos de Cr, Mo y N. Esta nueva generación corresponde a los aceros inoxidable super-dúplex (25% Cr – 7% Ni – 4%Mo – 0.25% N) cuya resistencia a la corrosión por picadura suele ser equivalente a la de los aceros inoxidable super-austeníticos. En la Tabla 2 se presentan algunos aceros inoxidable duplex de mayor difusión en el mercado.

1.4 Aceros Inoxidables endurecidos por precipitación

Son aceros inoxidable del Cr –Ni que contienen adicionalmente otros elementos de aleación como el Cu y Al que favorecen la precipitación de fases secundarias y elevan significativamente la dureza y resistencia mecánica del material cuando es sometido a un tratamiento térmico de envejecimiento. Estos materiales ofrecen una alternativa para obtener una buena resistencia mecánica por medio de una tratamiento térmico a menor temperatura que puede ser aplicado incluso después de la fabricación de la pieza o elemento mecánico.

Las propiedades mecánicas (resistencia y dureza) que se pueden alcanzar con estas aleaciones son superiores inclusive a las obtenidas por los aceros inoxidable martensíticos (aprox. 1480 Mpa). Asimismo, debido a que el contenido de Cr es mayor que en estos últimos la resistencia a la corrosión resulta también ser superior. Los aceros inoxidable endurecibles por precipitación pueden ser del tipo martensítico, semi-austeníticos y austeníticos. La Tabla 3 presenta algunos tipos de aceros inoxidable endurecibles por precipitación.

Tablas 2: Distintos tipos de aceros inoxidable dúplex						
UNS	NOMBRE COMERCIAL	%Cr	%Ni	%Mo	%N	Otros
S32304	SAF 2304 SR 35N	23	4	0,2	0,1	
S32404	UR 50 VEW A903	21 18,5	7 5	2,5 2,7	0,07 0,07	1,5 Cu 1,5 Si
S31803	UR 45N SAF 2205	22	5,3	3	0,16	

S31260	DP-3	25	6,5	3	0,16	0,5 Cu 0,3 W
S32550	UR 52 N	25	6,5	3	0,18	1,6 Cu
S32200	VEW A905	26	3,7	2,3	0,34	6 Mn
S32760	ZERON 100	25	7	3,6	0,25	0,7 Cu 0,7 w
S32550	UR 52N+	25	6	3,8	0,26	1,5 Cu

Tabla 3: Distintos tipos de aceros inoxidables endurecidos por precipitación

AIISI	NOMBRE COMERCIAL	%C	%Cr	%Ni	Otros
MARTENSÍTICOS					
635	Stainless W	0,07	16,5	6,8	0,5 mN/0,5 Si/0,4 Al/0,8Ti
630	17 - 4 PH	0,04	16,0	4,0	0,25 Mn/0,6 Si/3,2 Cu/ 0,25 (Cb+Ta)
----	15 - 5 PH	0,07	15,0	4,0	4,0 Cu/0,35 (Cb+Ta)
SEMIAUSTENÍTICOS					
631	17 - 7 PH	0,07	17,0	7,0	0,6 Mn/1,15 Al
632	PH 15 - 7 Mo	0,07	15,0	7,0	2,20 Mo/1,15Al
633	AM - 350	0,10	16,5	4,3	2,75 Mo/0,10N
600	A286	0,08	15	26	1,3 Mo/0,3V/2,0Ti/ 0,35 Al/0,003B/0,4Si
----	17 - 10 P	0,12	17,0	10,0	0,75 Mn/0,6 Si/0,25 P
----	17 - 14 CuMo	0,12	16,0	14,0	3,0Cu/2,5Mo/0,5 Cb 0,25Ti/0,50Si/0,7 5Mn

II.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. - FONTANA, Mars. Corrosion Engineering. Mc Graw Hill Book Company. EEUU, 1985
- 2.- NACE, 1985. Basic Corrosion Course. EEUU, 1985
- 3.- FLINN, R / TROJAN, P. Materiales de Ingeniería y sus aplicaciones. Mc. Graw Hill, México, 1982
- 4.- ASKELAND, Donald. La Ciencia e Ingeniería de los materiales. Grupo Ed. Iberoamérica, México, 1985
- 5.- EVANS, U. The Corrosion and Oxidation of Metals. Edward Arnold Ltd, 1981
- 6.- JONES, D.A. Principles and Prevention of Corrosion. Macnillan Publishing Company, 1992