

I Seminario de Hidráulica

CORROSIÓN EN COMPONENTES SUMERGIDOS



Corrosión

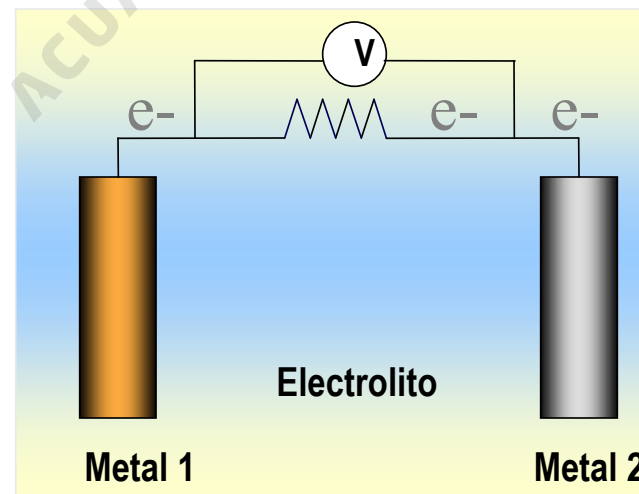
Es el deterioro de una estructura, normalmente de metal, debido a la interacción del mismo con el medio ambiente.



Celda de Corrosión

La corrosión es un proceso electroquímico relacionado con el flujo de electrones y iones. La pérdida de metal (corrosión) ocurre en el ánodo. La corrosión electroquímica se relaciona con la transferencia de electrones a través de las interfaces metal/electrolito. La corrosión tiene lugar dentro de una celda (o pila) de corrosión, que consiste en cuatro partes, las cuales son:

- Ánodo
- Cátodo
- Electrolito
- Paso Metálico



Causas de la Corrosión

La corrosión puede ser dividida en dos tipos – una reacción espontánea o una reacción por corrientes vagabundas.

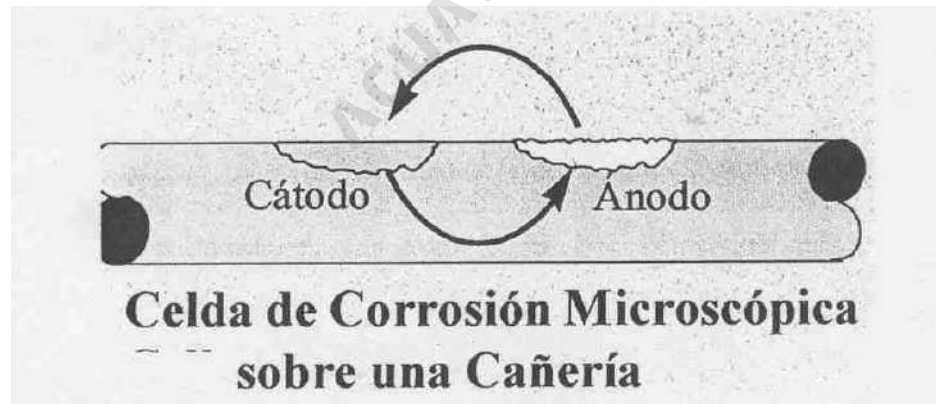
La corrosión natural o espontánea se debe a la acción localizada de celdas sobre la superficie de la estructura. Estas celdas se originan por las diferencias de potencial causadas por factores como irregularidades en la superficie, diferencias en el electrolito alrededor de la estructura, y otros.

Las reacciones por las existencias de corrientes vagabundas ocurren cuando una fuente de corriente, externa a la estructura, provoca corrosión en la misma.



Corrosión Galvánica

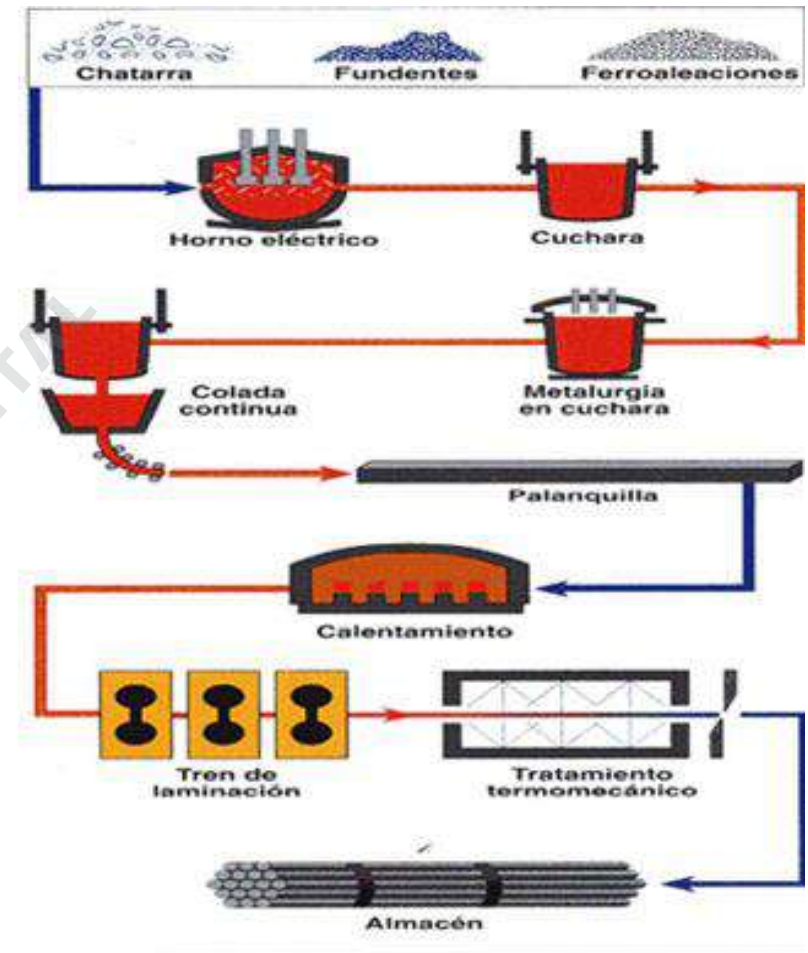
El mismo metal puede ser la fuente para la aparición de un voltaje impulsor de una celda de corrosión. Una diferencia de potencial puede deberse a las diferencias en los niveles naturales de energía de los diferentes metales o a variaciones de composición en la aleación.



Corrosión Galvánica

En la naturaleza, los metales se encuentran en forma de compuestos químicos llamados piritas. Para transformar estos compuestos químicos (piritas) en metales se utilizan varios procesos - mecánicos, químicos, y eléctricos-.

Más allá del proceso en si, durante la transformación el metal absorbe energía. La cantidad de energía requerida por un metal durante el proceso de refinación determina su potencial o grado de actividad.



Corrosión Galvánica

La serie galvánica es una forma útil de ordenar los materiales según su actividad. Esta serie se basa en los metales en agua de mar, pero se aplica a metales en agua dulce y enterrados. Cuando se conectan dos metales diferentes, se genera un voltaje entre ellos. El metal más activo (más cercano al extremo anódico) será el ánodo de la celda.

Los potenciales son aproximados, ya que varían según el medio, y están referidos a un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre, utilizado generalmente en agua dulce.



Table 1.1 Practical Galvanic Series for Materials in Neutral Soils and Water

Material	Potential Volts (CSE) ^a
Carbon, Graphite, Coke	+0.3
Platinum	0 to -0.1
Mill Scale on Steel	-0.2
High Silicon Cast Iron	-0.2
Copper, Brass, Bronze	-0.2
Mild Steel in Concrete	-0.2
Lead	-0.5
Cast Iron (Not Graphitized)	-0.5
Mild Steel (Rusted)	-0.2 to -0.5
Mild Steel (Clean and Shiny)	-0.5 to -0.8
Commercially Pure Aluminum	-0.8
Aluminum Alloy (5% Zinc)	-1.05
Zinc	-1.1
Magnesium Alloy (6% Al, 3% Zn, 0.15% Mn)	-1.6
Commercially Pure Magnesium	-1.75

^aTypical potential normally observed in neutral soils and water, measured with respect to copper sulfate reference electrode.

Corrosión por Picaduras (Pitting)

La corrosión por pitting es la disolución localizada y acelerada de un metal, esto como resultado de la película de óxido.

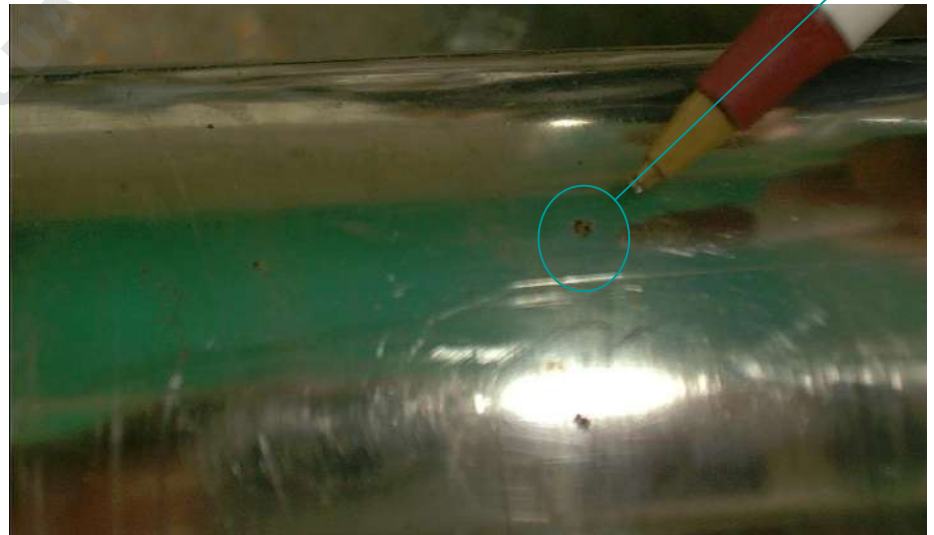
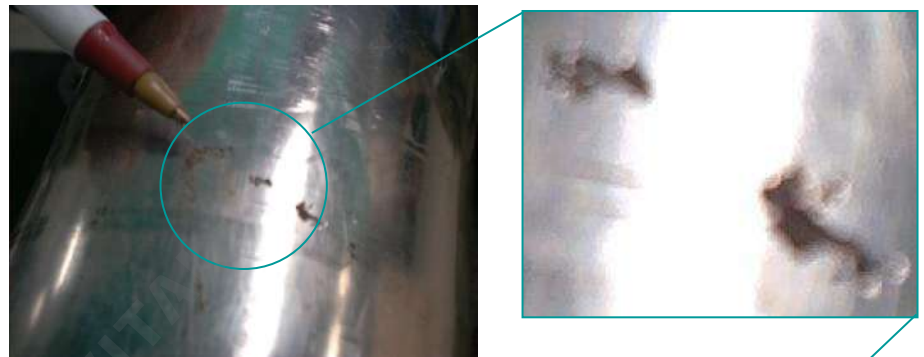
Muchas aleaciones como el acero inoxidable son útiles solo porque producen en forma espontánea película de óxido pasivadora, la cual reduce en forma importante la tasa de corrosión. Sin embargo, estas películas son a menudo susceptibles a la ruptura localizada, lo que da como resultado una acelerada disolución del metal.



Corrosión por Picaduras (Pitting)

Si el ataque se inicia en la superficie abierta, se llama corrosión por picaduras. Esta forma de corrosión puede producir fallas estructurales en componentes por perforación.

La corrosión por pitting se desarrolla solo en presencia de especie aniónicas agresivas y iones cloro. El cloro es un anión de un ácido fuerte, y muchos cationes metálicos muestran considerable solubilidad en soluciones con cloro



Resistividad

La cantidad de corriente que circula por un electrolito se ve afectada por el contenido de iones. A mayor cantidad de iones, menor será la resistividad; a menor resistividad, mayor corriente para el mismo voltaje; y a mayor corriente, mayor velocidad de corrosión. La resistividad es el valor recíproco de la conductividad. La unidad es ohm-cm.

RESISTIVIDAD (ohm-cm)	CARACTERISTICA
Bajo 900	Muy Corrosivo
900 – 2300	Corrosivo
2300 – 5000	Moderadamente Corrosivo
5000 – 10000	Medianamente Corrosivo
Sobre 10000	Menos Corrosivo



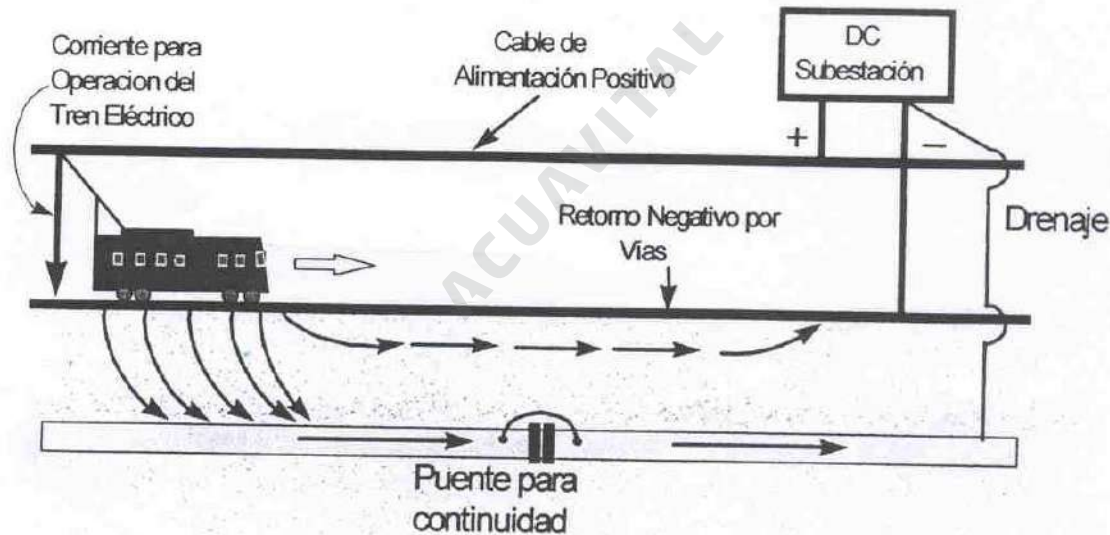
Corrientes de Interferencia

Las corrientes de interferencia son corrientes ajenas al circuito de protección. Estas pueden ser corrientes naturales o corrientes creadas por el hombre.



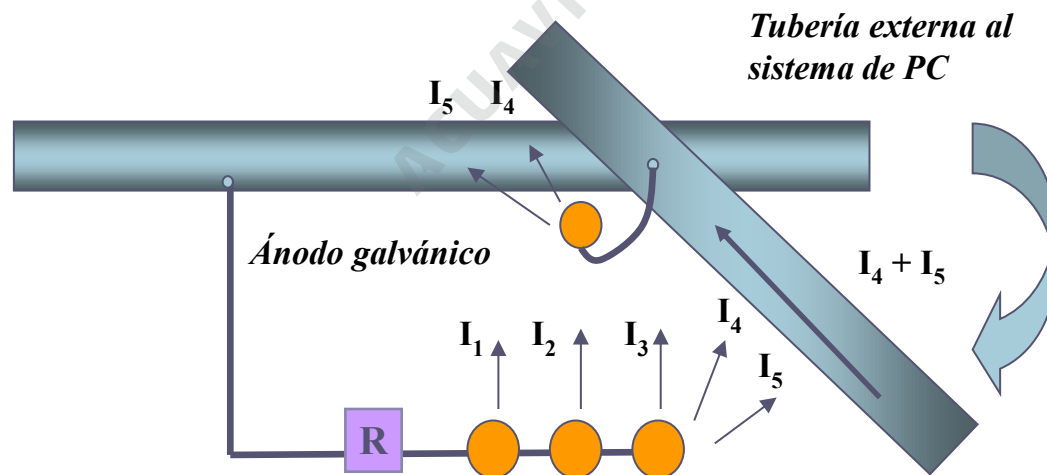
Corrientes de Interferencia

Los daños ocurren en forma localizada, en el sitio donde la corriente de interferencia sale de la estructura y entra a la tierra o agua.



Corrientes de Interferencia

Un método para corregir los efectos de estas corrientes es colocando un ánodo en el punto de descarga de la corriente, a objeto de que se consuma este ánodo en lugar de la estructura que se desea proteger.



Protección Catódica

La Protección catódica ha demostrado ser un método eficaz para mitigar la corrosión de los metales contenidos en una gran variedad de electrolitos.



Protección Catódica

Para la protección del acero en suelos y aguas naturales, la alternativa más económica es la combinación de revestimiento y protección catódica. Esta última, llamada método "activo", protege el acero expuesto por las fallas del revestimiento, considerado a su vez el método "pasivo"



Ánodos de Sacrificio

Los ánodos de sacrificio son aplicables y efectivos donde los requerimientos de corriente sean bajos. Donde las estructuras a ser protegidas estén bien recubiertas y donde exista baja resistividad del electrolito



Ánodos de Sacrificio

VENTAJAS

- 1. No se necesita una fuente externa de energía**
- 2. Mínimos costos de mantenimiento luego de la instalación**
- 3. Se disminuyen los problemas de interferencia con otras estructuras**
- 4. Los costos de instalación son bajos**

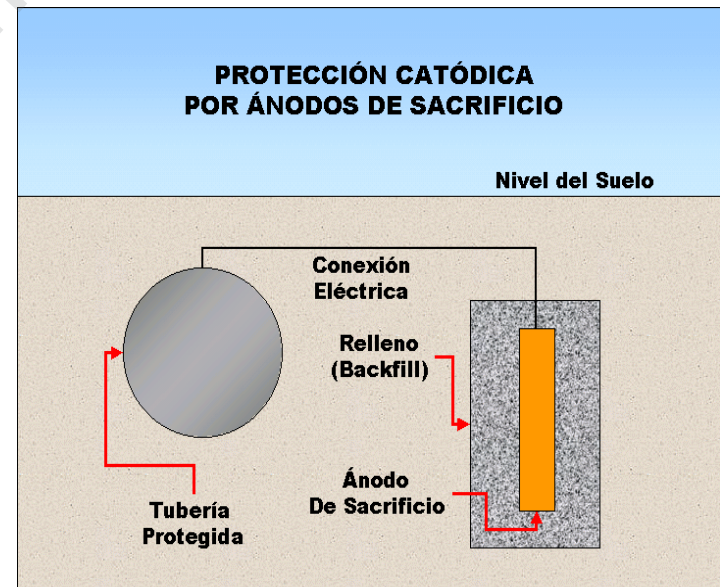
DESVENTAJAS

- 1. Potencial impulsor limitado**
- 2. La corriente de salida es limitada y baja**
- 3. Limitaciones en la resistividad del electrolito**
- 4. No aplicable para proteger tuberías de gran longitud, desnuda o pobremente revestidas**



Ánodos de Sacrificio

El cinc y el magnesio son los dos metales más usados como ánodos de sacrificio, aunque las aleaciones de aluminio son usadas en agua de mar. Estos metales son normalmente electronegativos al acero, cobre, aluminio o los metales usuales que son protegidos contra la corrosión.



Selección de Materiales

La corrosión tiene lugar como resultado de una diferencia de potencial entre dos componentes de un sistema. Debe haber un ánodo y un cátodo.

Si se construye una estructura compleja con materiales cercanos en la serie galvánica, se reduce la posibilidad de que existan diferencias de potencial; en cambio, utilizar materiales muy separados en la serie galvánica puede crear una celda de corrosión. Cuando las consideraciones mecánicas lo permiten, elija siempre materiales que no tengan o tengan la menor cantidad posible de diferencia de potencial entre sí con respecto a un electrolito común.



Selección de Materiales

Los aceros inoxidables constituyen el grupo de materiales metálicos más versátiles, soldables y más resistentes a la corrosión empleados por la ingeniería en general. Un porcentaje importante de las fallas encontradas en campo para estos aceros inoxidables se debe a la corrosión localizada y entre este tipo la corrosión por picadura es muy común.

Controlar los factores metalúrgicos es una de las soluciones más prácticas para minimizar este tipo de fallas, por lo que nuevos tipos de aceros inoxidables están siendo desarrollados. Estos nuevos aceros inoxidables contienen grandes cantidades de Cromo y Molibdeno, a quien recientemente se le está buscando sustitutos para tratar de minimizar los costos en la producción de los mismos y por supuesto colocar en el mercado otros elementos que cumplan función similar.



Selección de Materiales

TABLE 2 Chemical Requirements

NOTE 1—CD-4MCu has been deleted from A 743/A 743M and added to A 890/A 890M. CD-4MCu may now be supplied and purchased in compliance with A 890/A 890M. The chemical and mechanical property requirements of CD-4MCu were identical in A 743/A 743M and A 890/A 890M at the time of removal from A 743/A 743M.

Grade	Type	Composition, %													
		Carbon, max	Man- ganese, max	Silicon, max	Phospho- rus, max	Sulfur, max	Chromium	Nickel	Molybde- num	Colum- bium	Selen- ium	Copper	Tung- sten, max	Vana- dium, max	Nitrogen
CF-8	19 Chromium, 9 Nickel	0.08	1.50	2.00	0.04	0.04	18.0–21.0	8.0– 11.0	...	...	...	...	...	...	...
CG-12	22 Chromium, 12 Nickel	0.12	1.50	2.00	0.04	0.04	20.0–23.0	10.0– 13.0	...	...	...	...	...	...	...
CF-20	19 Chromium, 9 Nickel	0.20	1.50	2.00	0.04	0.04	18.0–21.0	8.0– 11.0	...	...	...	...	...	...	...
CF-8M	19 Chromium, 10 Nickel, with Molybdenum	0.08	1.50	2.00	0.04	0.04	18.0–21.0	9.0– 12.0	2.0–3.0	...	...	...	...	...	...
CF-8C	19 Chromium, 10 Nickel, with Columbium	0.08	1.50	2.00	0.04	0.04	18.0–21.0	9.0– 12.0	...	A	...	...	...	...	...
CF-16F	19 Chromium, 9 Nickel, Free Machining	0.16	1.50	2.00	0.17	0.04	18.0–21.0	9.0– 12.0	1.50 max	...	0.20– 0.35	...	...	...	...
CF-16Fa	19 Chromium, 9 Nickel, Free Machining	0.16	1.50	2.00	0.04	0.20– 0.40	18.0–21.0	9.0– 12.0	0.40–0.80	...	...	...	...	...	...
CH-10	25 Chromium, 12 Nickel	0.10	1.50	2.00	0.04	0.04	22.0–26.0	12.0– 15.0	...	...	...	...	...	...	...
CH-20	25 Chromium, 12 Nickel	0.20	1.50	2.00	0.04	0.04	22.0–26.0	12.0– 15.0	...	...	...	...	...	...	...
CK-20	25 Chromium, 20 Nickel	0.20	2.00	2.00	0.04	0.04	23.0–27.0	19.0– 22.0	...	...	...	...	...	...	...
CE-30	29 Chromium, 9 Nickel	0.30	1.50	2.00	0.04	0.04	26.0–30.0	8.0– 11.0	...	...	...	...	...	...	...
CA-15	12 Chromium	0.15	1.00	1.50	0.04	0.04	11.5–14.0	1.00 max	0.50 max	...	...	...	...	...	...

Selección de Materiales

 A 743/A 743M

TABLE 2 Continued

Grade	Type	Composition, %													
		Carbon, max	Man- ganese, max	Silicon, max	Phospho- rus, max	Sulfur, max	Chromium	Nickel	Molybde- num	Colum- bium	Sele- nium	Copper	Tung- sten, max	Vana- dium, max	Nitrogen
CA-15M	12 Chromium	0.15	1.00	0.65	0.040	0.040	11.5–14.0	1.0 max	0.15–1.0	...	...	...	...	...	...
CB-30	20 Chromium	0.30	1.00	1.50	0.04	0.04	18.0–21.0	2.00 max	...	...	...	B	...	...	...
CC-50	28 Chromium	0.50	1.00	1.50	0.04	0.04	26.0–30.0	4.00 max	...	...	...	...	...	...	...
CA-40	12 Chromium	0.20– 0.40	1.00	1.50	0.04	0.04	11.5–14.0	1.0 max	0.5 max	...	...	...	...	...	...
CA-40F	12 Chromium, Free Machining	0.20– 0.40	1.00	1.50	0.04	0.20– 0.40	11.5–14.0	1.0 max	0.5 max	...	...	...	...	...	...
CF-3	19 Chromium, 9 Nickel	0.03	1.50	2.00	0.04	0.04	17.0–21.0	8.0– 12.0	...	...	...	...	...	...	...
CF10SMnN	17 Chromium, 8.5 Nickel with Nitrogen	0.10	7.00– 9.00	3.50– 4.50	0.060	0.030	16.0–18.0	8.0– 9.0	...	...	...	...	...	...	0.08– 0.18
CF-3M	19 Chromium, 10 Nickel, with Molybdenum	0.03	1.50	1.50	0.04	0.04	17.0–21.0	9.0– 13.0	2.0–3.0	...	...	...	...	...	...
CF-3MN	19 Chromium, 10 Nickel, with Molybdenum, and Nitrogen	0.03	1.50	1.50	0.040	0.040	17.0–22.0	9.0– 13.0	2.0–3.0	...	...	...	...	...	0.10– 0.20
CG6MMN		0.06	4.00– 6.00	1.00	0.04	0.03	20.5–23.5	11.5– 13.5	1.50–3.00	0.10– 0.30	...	...	...	0.10– 0.30	0.20– 0.40
CG-3M (J92999)	19 Chromium, 11 Nickel, with Molybdenum	0.03	1.50	1.50	0.04	0.04	18.0–21.0	9.0– 13.0	3.0–4.0	...	...	...	...	...	...
CG-8M	19 Chromium, 11 Nickel, with Molybdenum	0.08	1.50	1.50	0.04	0.04	18.0–21.0	9.0– 13.0	3.0–4.0	...	...	...	...	...	...

Selección de Materiales

CN-3M (J94652)		0.03	2.0	1.0	0.03	0.03	20.0–22.0	23.0–27.0	4.5–5.5	...	...	...	...	...	...
CN-3MN	21 Chromium, 24 Nickel with Molybdenum and Nitrogen	0.03	2.00	1.00	0.040	0.010	20.0–22.0	23.5–25.5	6.0–7.0	...	...	0.75 max	...	...	0.18– 0.26
CN-7M	20 Chromium, 29 Nickel, with Copper and Molybdenum	0.07	1.50	1.50	0.04	0.04	19.0–22.0	27.5–30.5	2.0–3.0	...	...	3.0– 4.0	...	...	...
CN-7MS	19 Chromium, 24 Nickel, with Copper and Molybdenum	0.07	1.00	2.50– 3.50	0.04	0.03	18.0–20.0	22.0–25.0	2.5–3.0	...	...	1.5– 2.0	...	...	...
CA-6NM	12 Chromium, 4 Nickel	0.06	1.00	1.00	0.04	0.03	11.5–14.0	3.5–4.5	0.40–1.0	...	...	...	...	...	...
CA6N	11 Chromium, 7 Nickel	0.06	0.50	1.00	0.02	0.02	10.5–12.5	6.0–8.0	...	...	...	...	...	...	...
CA-28MWV	12 Chromium, with Molybdenum, Tungsten and Vanadium	0.20– 0.28	0.50– 1.00	1.0	0.030	0.030	11.0–12.5	0.50– 1.00	0.90–1.25	...	...	...	0.90– 1.25	0.20– 0.30	...
CK-3MCuN	20 Chromium 18 Nickel, with Copper and Molybdenum	0.025	1.20	1.00	0.045	0.010	19.5–20.5	17.5– 19.5	6.0–7.0	...	...	0.50– 1.00	...	...	0.180– 0.240
CK-35MN	23 Chromium, 21 Nickel, with Molybde- num and Nitrogen	0.035	2.00	1.00	0.035	0.020	22.0–24.0	20.0– 22.0	6.0–6.8	...	...	0.40	...	...	0.21–0.32
CB-6 (J91804)	16 Chromium, 4 Nickel	0.06	1.00	1.00	0.04	0.03	15.5–17.5	3.5–5.5	0.5 max	...	...	...	...	...	...

^a Grade CF-8C shall have a columbium content of not less than eight times the carbon content and not more than 1.0%. If a columbium-plus-tantalum alloy in the approximate Cb:Ta ratio of 3:1 is used for stabilizing this grade, the total columbium-plus-tantalum content shall not be less than nine times the carbon content and shall not exceed 1.1%.

^b For Grade CB-30 a copper content of 0.90 to 1.20% is optional.



Selección de Materiales

Table 2 Compositions of standard stainless steels

Type	UNS number	C	Mn	Si	Composition, %(a)		P	S	Others
					Cr	Ni(b)			
Austenitic types									
201	S20100.....	0.15	5.5-7.5	1.00	16.0-18.0	3.5-5.5	0.06	0.03	0.25 N
202	S20200.....	0.15	7.5-10.0	1.00	17.0-19.0	4.0-6.0	0.06	0.03	0.25 N
205	S20500.....	0.12-0.25	14.0-15.5	1.00	16.5-18.0	1.0-1.75	0.06	0.03	0.32-0.40 N
301	S30100.....	0.15	2.00	1.00	16.0-18.0	6.0-8.0	0.045	0.03	....
302	S30200.....	0.15	2.00	1.00	17.0-19.0	8.0-10.0	0.045	0.03	....
302B	S30215.....	0.15	2.00	2.0-3.0	17.0-19.0	8.0-10.0	0.045	0.03	....
303	S30300.....	0.15	2.00	1.00	17.0-19.0	8.0-10.0	0.20	0.15 min	0.6 Mo(c)
303Se	S30323.....	0.15	2.00	1.00	17.0-19.0	8.0-10.0	0.20	0.06	0.15 min Se
304	S30400.....	0.08	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-10.5	0.045	0.03	....
304H	S30409.....	0.04-0.10	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-10.5	0.045	0.03	....
304L	S30403.....	0.03	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-12.0	0.045	0.03	....
304LN	.....	0.03	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-10.5	0.045	0.03	0.10-0.15 N
S30430	S30430.....	0.08	2.00	1.00	17.0-19.0	8.0-10.0	0.045	0.03	3.0-4.0 Cu
304N	S30451.....	0.08	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-10.5	0.045	0.03	0.10-0.16 N
305	S30500.....	0.12	2.00	1.00	17.0-19.0	10.5-13.0	0.045	0.03	....
308	S30800.....	0.08	2.00	1.00	19.0-21.0	10.0-12.0	0.045	0.03	....
309	S30900.....	0.20	2.00	1.00	22.0-24.0	12.0-15.0	0.045	0.03	....
309S	S30908.....	0.08	2.00	1.00	22.0-24.0	12.0-15.0	0.045	0.03	....
310	S31000.....	0.25	2.00	1.50	24.0-26.0	19.0-22.0	0.045	0.03	....
310S	S31008.....	0.08	2.00	1.50	24.0-26.0	19.0-22.0	0.045	0.03	....
314	S31400.....	0.25	2.00	1.5-3.0	23.0-26.0	19.0-22.0	0.045	0.03	....
316	S31600.....	0.08	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.045	0.03	2.0-3.0 Mo
316F	S31620.....	0.08	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.20	0.10 min	1.75-2.5 Mo
316H	S31609.....	0.04-0.10	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.045	0.03	2.0-3.0 Mo
316L	S31603.....	0.03	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.045	0.03	2.0-3.0 Mo
316LN	.....	0.03	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.045	0.03	2.0-3.0 Mo; 0.10-0.30N
316N	S31651.....	0.08	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	0.045	0.03	2.0-3.0 Mo; 0.10-0.16 N

Selección de Materiales

317	S31700	0.08	2.00	1.00	18.0-20.0	11.0-15.0	0.045	0.03	3.0-4.0 Mo
317L	S31703	0.03	2.00	1.00	18.0-20.0	11.0-15.0	0.045	0.03	3.0-4.0 Mo
321	S32100	0.08	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-12.0	0.045	0.03	5 × %C min Ti
321H	S32109	0.04-0.10	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-12.0	0.045	0.03	5 × %C min Ti
329	S32900	0.10	2.00	1.00	25.0-30.0	3.0-6.0	0.045	0.03	1.0-2.0 Mo
330	N08330	0.08	2.00	0.75-1.5	17.0-20.0	34.0-37.0	0.04	0.03	....
347	S34700	0.08	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-13.0	0.045	0.03	10 × %C min Nb + Ta(c)
347H	S34709	0.04-0.10	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-13.0	0.045	0.03	10 × %C min Nb + Ta
348	S34800	0.08	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-13.0	0.045	0.03	0.2 Cu; 10 × %C min Nb + Ta(c)
348H	S34809	0.04-0.10	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-13.0	0.045	0.03	0.2 Cu; 10 × %C min Nb + Ta(c)
384	S38400	0.08	2.00	1.00	15.0-17.0	17.0-19.0	0.045	0.03	....
Ferritic types									
405	S40500	0.08	1.00	1.00	11.5-14.5	....	0.04	0.03	0.10-0.30 Al
409	S40900	0.08	1.00	1.00	10.5-11.75	....	0.045	0.045	6 × %C min Ti(e)
429	S42900	0.12	1.00	1.00	14.0-16.0	....	0.04	0.03	....
430	S43000	0.12	1.00	1.00	16.0-18.0	....	0.04	0.03	....
430F	S43020	0.12	1.25	1.00	16.0-18.0	....	0.06	0.15 min	0.6 Mo(c)
430FSe	S43023	0.12	1.25	1.00	16.0-18.0	....	0.06	0.06	0.15 min Se
434	S43400	0.12	1.00	1.00	16.0-18.0	....	0.04	0.03	0.75-1.25 Mo
436	S43600	0.12	1.00	1.00	16.0-18.0	....	0.04	0.03	0.75-1.25 Mo; 5 × %C min Nb + Ta(f)
442	S44200	0.20	1.00	1.00	18.0-23.0	....	0.04	0.03	....
446	S44600	0.20	1.50	1.00	23.0-27.0	....	0.04	0.03	0.25 N

(continued)

(a) Single values are maximum values unless otherwise indicated. (b) For some tubemaking processes, the nickel content of certain austenitic types must be slightly higher than shown. (c) Optional. (d) 0.10% max Ta. (e) 0.75% maximum. (f) 0.70% maximum.

Selección de Materiales

Table 2 (continued)

Type	UNS number	C	Mn	Si	Composition, %(a)		P	S	Others
					Cr	Ni(b)			
Martensitic types									
403	S40300.....	0.15	1.00	0.50	11.5-13.0	.....	0.04	0.03	.....
410	S41000.....	0.15	1.00	1.00	11.5-13.0	.....	0.04	0.03	.....
414	S41400.....	0.15	1.00	1.00	11.5-13.5	1.25-2.50	0.04	0.03	.....
416	S41600.....	0.15	1.25	1.00	12.0-14.0	.....	0.04	0.03	0.6 Mo(c)
416Se	S41623.....	0.15	1.25	1.00	12.0-14.0	.....	0.06	0.06	0.15 min Se
420	S42000.....	0.15 min	1.00	1.00	12.0-14.0	.....	0.04	0.03	.....
420F	S42020.....	0.15 min	1.25	1.00	12.0-14.0	.....	0.06	0.15 min	0.6 Mo(c)
422	S42200.....	0.20-0.25	1.00	0.75	11.0-13.0	0.5-1.0	0.025	0.025	0.75-1.25 Mo; 0.75-1.25 W; 0.15-0.3 V
431	S43100.....	0.20	1.00	1.00	15.0-17.0	1.25-2.50	0.04	0.03	.....
440A	S44002.....	0.60-0.75	1.00	1.00	16.0-18.0	.....	0.04	0.03	0.75 Mo
440B	S44003.....	0.75-0.95	1.00	1.00	16.0-18.0	.....	0.04	0.03	0.75 Mo
440C	S44004.....	0.95-1.20	1.00	1.00	16.0-18.0	.....	0.04	0.03	0.75 Mo
501	S50100.....	0.10 min	1.00	1.00	4.0-6.0	.....	0.04	0.03	0.40-0.65 Mo
501A	S50300.....	0.15	0.30-0.60	0.50-1.00	6.0-8.0	.....	0.03	0.03	0.45-0.65 Mo
501B	S50400.....	0.15	0.30-0.60	0.50-1.00	8.0-10.0	.....	0.03	0.03	0.9-1.1 Mo
502	S50200.....	0.10	1.00	1.00	4.0-6.0	.....	0.04	0.03	0.40-0.65 Mo
503	S50300.....	0.15	1.00	1.00	6.0-8.0	.....	0.04	0.04	0.45-0.65 Mo
504	S50400.....	0.15	1.00	1.00	8.0-10.0	.....	0.04	0.04	0.9-1.1 Mo
Precipitation-hardening types									
PH 13-8 Mo	S13800.....	0.05	0.10	0.10	12.25-13.25	7.5-8.5	0.01	0.008	2.0-2.5 Mo; 0.90-1.35 Al; 0.01 N
15-5 PH	S15500.....	0.07	1.00	1.00	14.0-15.5	3.5-5.5	0.04	0.03	2.5-4.5 Cu; 0.15-0.45 Nb + Ta
17-4 PH	S17400.....	0.07	1.00	1.00	15.5-17.5	3.0-5.0	0.04	0.03	3.0-5.0 Cu; 0.15-0.45 Nb + Ta
17-7 PH	S17700.....	0.09	1.00	1.00	16.0-18.0	6.5-7.75	0.04	0.03	0.75-1.5 Al

(a) Single values are maximum values unless otherwise indicated. (b) For some tubemaking processes, the nickel content of certain austenitic types must be slightly higher than shown. (c) Optional. (d) 0.10% max Ta. (e) 0.75% maximum. (f) 0.70% maximum.



GRACIAS

