

Aleación 310/S-309/S

INFORMACIÓN GENERAL

Las aleaciones 309/309S y 310/310S son aceros inoxidable austeníticos, utilizadas mayormente para aplicaciones de temperatura elevada. Su alto contenido de cromo y níquel proporcionan una resistencia a la corrosión comparable, y la retención de una mayor fracción de fuerza en temperatura ambiente, que la aleación austenítico común, 304.

ESTÁNDARES

309 - UNS S30900 / W.N. 1.4828 / DIN X15CrNiSi 20 12

309S - UNS S30908 / W.N. 1.4833 / DIN X7CrNi2 3 14

310 - UNS S31000 / W.N. 1.4841 / DIN X15CrNiSi 25 20

310S - UNS S31008 / W.N. 1.4845 / DIN X12CrNi 25 21

APLICACIONES

Las aleaciones superiores de acero inoxidable exhiben por lo general una excelente Resistencia a temperaturas elevadas, junto con resistencia a la fluencia y deformación por ataques ambientales. Como tal, se utilizan ampliamente en la industria de tratamiento térmico para partes de hornos como las Cintas transportadoras, rodillos, piezas de los quemadores, los soportes refractarios, retortas y revestimientos de hornos, ventiladores, tubos, cestos y bandejas para sostener piezas chicas. Estas aleaciones también se utilizan en la industria de procesos químicos para contener ácidos concentrados calientes, amoniaco y dióxido de azufre. En la industria de procesamiento de alimentos, se utilizan en contacto con ácido acético y ácido cítrico caliente.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

	309 (UNS S30900)	309S (UNS S30908)
C	0,2	0,08
Mn	2,0	2,0
P	0,045	0,045
S	0,03	0,03
Si	0,075	0,075
Cr	22,0 - 24,0	22,0 - 24,0
Ni	12,0 - 15,0	12,0 - 15,0
Fe	BALANCE	BALANCE

	310 (UNS S31000)	310S (UNS S310008)
C	0,25	0,08
Mn	2,0	2,0
P	0,045	0,045
S	0,03	0,03
Si	1,75	1,5
Cr	24,0 - 26,0	24,0 - 26,0
Ni	19,0 - 22,0	19,0 - 22,0
Fe	BALANCE	BALANCE

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

Resistencia a la Corrosión Acuosa

Las aleaciones 309/309S y 310/310S se utilizan principalmente a temperaturas elevadas para aprovechar de su resistencia a la corrosión. Sin embargo, ambos de estas aleaciones son resistentes a la corrosión acuosa debido a su alto contenido de cromo y níquel.

A pesar de que su mayor contenido de níquel proporciona una mejoría marginal con respecto al agrietamiento por corrosión de cloruro bajo tensión, en comparación con los aceros inoxidable 18-8, las aleaciones 309/309S y 310/310S no son inmunes a este tipo de ataque.

Ciertas aplicaciones especifican el uso de la aleación 310/310S donde se requiere una resistencia mayor a la corrosión acuosa.

Resistencia a la Oxidación en Temperaturas Elevadas

Los aceros inoxidable son resistentes a la oxidación a través de la oxidación selectiva del cromo, lo cual forma un óxido muy estable con crecimiento lento (Cr₂O₃ o cromia). Dado suficiente cromo en la aleación subyacente, una capa de superficie compacta y adherente de óxido de cromo se establece, lo cual impide la formación de óxidos de otros óxidos que crecen más rápido, y también sirve como una barrera a degradación adicional. La velocidad de oxidación es controlada por el transporte de especies cargadas a través de la escala de cromia externo. Mientras la escala de la superficie se espesa, la tasa de oxidación disminuye drásticamente porque las especies cargadas deben viajar más lejos. Este proceso, el análogo de alta temperatura de pasivación durante corrosión en bajas temperaturas, se conoce como la formación de incrustaciones de protección.

La resistencia a la oxidación de los aceros inoxidable austeníticos se puede aproximar por su contenido de cromo. Aleaciones con resistencia infalible al calor contienen por lo general un 20% (en peso) de cromo. Sustitución de hierro con níquel también mejora el comportamiento de una aleación en altas temperaturas. Las aleaciones 309/309S y 310/310S son materiales altamente aleados y son, por lo tanto, muy resistentes a la oxidación.

Una muestra de metal oxidado aumentará en peso correspondiente a la cantidad de oxígeno incorporado en la escala y cualquier oxidación interna. La mediación del cambio de peso de una muestra que ha sido expuesto a altas temperaturas durante un período de tiempo es una manera de determinar la resistencia a la oxidación de una aleación. Mayores ganancias de peso indican, por lo general, oxidación más severa.

Otras Formas de Degradación

Otras especies aparte del oxígeno presentes en el ambiente de alta temperatura pueden causar la degradación acelerado de acero inoxidable. La presencia de azufre puede provocar un ataque de sulfuración. La sulfuración de los aceros inoxidable es un proceso complicado que depende en gran medida de los niveles relativos de azufre y oxígeno, junto con la forma de azufre presente. El ataque de sulfuración todavía puede ocurrir en regiones en las que esta

Aleación 310/S-309/S

barrera ha sido dañada. La sulfatación se intensifica en aleaciones con una cantidad significativo (25% o más) de níquel. Níquel y sulfuro de níquel forman un bajo punto de fusión eutéctica lo cual puede provocar daños catastróficos a la aleación subyacente en temperaturas elevadas.

Los altos niveles de especies que contienen carbono en el ambiente pueden dar lugar a la entrada indeseada de carbono y la formación subsiguiente de carburos internos. Por lo general, la carburación tiene lugar en temperaturas superiores a 1.470°F (800°C). La formación de una zona de metal internamente carburado puede causar cambios indeseados en las propiedades físicas y mecánicas. Por lo general, la presencia de oxígeno evitará este ingreso con la formación de una capa externa protectora. Los niveles mas altos de níquel y cilicio son algo eficaz en la reducción a la susceptibilidad de la carburación. La formación de polvo metálico es una forma específica de ataque de carburación que generalmente se produce en temperaturas mas bajas (660-1.650°F o 350-900°C). Esto puede resultar en un ataque local catastrófico a través de la formación de cráteres profundos por un mecanismo complejo que convierte el metal solido en una mezcla de grafito y partículas de metal.

Nitruración puede ocurrir en la presencia de gas nitrógeno. Los óxidos son generalmente más estables que los nitruros así que en un ambiente que contiene oxígeno, típicamente se formará una capa de óxido. Estas capas de óxido son buenas barreras al ingreso del nitrógeno de manera que nitruración es raramente una preocupación en el aire o los gases típicos de los productos de combustión. Nitruración puede ser un problema en el nitrógeno purificado y es de interés especialmente en entornos de amoniaco craqueado donde la potencial de oxígeno es muy baja. A temperaturas relativamente bajas se formará una película de nitruro en la superficie. En temperaturas altas (superior a 1832°F o 1.000°C) la difusividad del nitrógeno es lo suficientemente rápido que el nitrógeno penetra profundamente al metal y causa la formación de nitruros internos sobre los límites del grano y dentro de los granos. Esto puede comprometer las propiedades mecánicas.

La inestabilidad metalúrgica, o la formación de nuevas fases durante la exposición a altas temperaturas, pueden tener un efecto negativo en cuanto a las propiedades mecánicas y reducir la resistencia a la corrosión. Las partículas de carburo tienden a precipitar en los límites del grano (sensibilización) cuando los aceros austeníticos se mantienen a, o se templen lentamente, entre el rango de temperaturas de 800-1.650°F (427-899°C). Los contenidos altos de cromo y níquel en estas aleaciones resultan en una solubilidad inferior de carbono, lo cual tiende a aumentar la susceptibilidad a la sensibilización. El templeado forzado (gas o líquido) se recomienda durante el intervalo de temperatura crítica, en particular para secciones más gruesas. El tiempo a temperatura requerida para formar carburos de cromo aumenta con la disminución del contenido de carbono. Por lo tanto, las versiones de bajo carbono de estas aleaciones son más resistentes pero no inmunes a la sensibilización. Cuando se calienta a temperaturas 1200-1.850°F (649-1.010°C) por periodos largos, las aleaciones 309/309S y 310/310S pueden exhibir ductilidad disminuida a temperatura ambiente debido a la precipitación de partículas quebradizas (fase sigma y carburos). La fase sigma se forma a menudo en los límites del grano y puede reducir la ductilidad. Este efecto se puede revertir, y la ductilidad puede ser restaurada por completo con el recocido a temperaturas suferidas.

Corrosión de Picaduras/Hendiduras

Las aleaciones 18-8 se han utilizado con gran éxito en aguas dulces que contienen niveles bajos de iones de cloruro. Por lo general, se considera 100ppm de cloruro el límite para las aleaciones 18-8, especialmente si hay grietas presentes. Niveles más altas de cloruro pueden causar corrosión de picaduras y hendiduras. Para condiciones mas severas, con niveles más altos de cloruro, un pH bajo, y/o temperaturas altas, se recomienda el uso de aleaciones con un contenido mas alto de molibdeno, como la aleación 316. No se recomiendan las aleaciones 18-8 en ambientes expuestos al mar.

PROPIEDADES FÍSICAS

Aleación 309		
Densidad	lb _m /in ³	g/cm ³
a 68°F (20°C)	0,29	8,03
Coef. de Expansión Térmica	(µin/in)•°F	(µm/m)•°K
a 68 - 212°F (20 - 100°C)	8,7	15,6
a 68 - 932°F (20 - 500°C)	9,8	17,6
a 68 - 1832°F (20 - 1000°C)	10,8	19,4
Resistividad Térmica	µΩ•in	µΩ•cm
a 68°F (20°C)	30,7	78,0
a 1200°F (648°C)	45,1	114,8
Conductividad Térmica	Btu/hr•ft•°F	Btu/hr•ft•°F
a 68 - 212°F (20 - 100°C)	9,0	15,6
a 68 - 932°F (20 - 500°C)	10,8	18,7
Calor Específico	Btu/lb _m •°F	J/kg•K
a 32 - 212°F (0 - 100°C)	0,12	502
Permeabilidad Magnético (recocido)	1.02	
Modulo de Elasticidad (recocido)	psi	GPa
en tensión (E)	29x10 ⁶	200
en cortante(G)	11,2x10 ⁶	77

Aleación 310		
Densidad	lb _m /in ³	g/cm ³
a 68°F (20°C)	0,29	8,03
Coef. de Expansión Térmica	(µin/in)•°F	(µm/m)•°K
a 68 - 212°F (20 - 100°C)	8,8	15,9
a 68 - 932°F (20 - 500°C)	9,5	17,1
a 68 - 1.832°F (20 - 1.000°C)	10,5	18,9
Resistividad Térmica	µΩ•in	µΩ•cm
a 68°F (20°C)	30,7	78,0
a 1200°F (648°C)	--	--
Conductividad Térmica	Btu/hr•ft•°F	Btu/hr•ft•°F
a 68 - 212°F (20 - 100°C)	8,0	13,8
a 68 - 932°F (20 - 500°C)	10,8	18,7
Calor Específico	Btu/lb _m •°F	J/kg•K
a 32 - 212°F (0 - 100°C)	0,12	502

Aleación 310/S-309/S

Aleación 310	
Permeabilidad Magnético (recocido) a 200H	1,02
Modulo de Elasticidad (recocido)	psi GPa
en tensión (E)	29x10 ⁶ 200
en cortante(G)	11,2x10 ⁶ 77

PROPIEDADES MECÁNICAS

Propiedades Mecánicas Típicas a Corto Plazo

Todas las pruebas de tracción se realizaron de acuerdo con la norma ASTM E8. La información consiste en los resultados promedios de un mínimo de 2 y un máximo de 10 muestras.

Aleación 309

Temperatura		Limite Elástico 0,2% Desplazamiento		Resistencia a la Tracción		Elongación
(°F)	(°C)	ksi	MPa	ksi	MPa	%
77	25	42,0	290	90,0	621	49
400	204	35,0	241	80,0	552	46
800	427	30,0	207	72,0	497	40
1.000	538	24,0	166	66,0	455	36
1.200	649	22,0	152	55,0	379	35
1.400	760	20,0	138	36,0	248	40
1.600	871	18,5	128	21,0	145	50
1.800	928	--	--	10,1	69	65

Aleación 309S

Temperatura		Limite Elástico 0,2% Desplazamiento		Resistencia a la Tracción		Elongación
(°F)	(°C)	ksi	MPa	ksi	MPa	%
77	25	50,9	351	97,1	670	44,6
200	93	44,5	308	88,8	612	39,0
400	204	37,4	258	81,7	563	34,5
600	316	33,4	230	80,2	553	31,6
800	427	29,6	204	77,1	531	32,1
1.000	538	26,7	184	71,2	491	26,6
1.200	649	24,7	170	55,9	386	28,8
1.400	760	22,2	153	36,0	248	22,5
1.500	816	20,1	138	24,7	170	64,8
1.600	871	16,6	114	20,7	142	73,3
1.800	982	8,2	56	10,8	74	--
1.900	1.038	4,6	32	6,6	46	--

Aleación 310

Temperatura		Limite Elástico 0,2% Desplazamiento		Resistencia a la Tracción		Elongación
(°F)	(°C)	ksi	MPa	ksi	MPa	%
77	25	42,4	292	89,5	617	45
400	204	31,5	217	76,6	528	37,5
800	427	27,2	188	74,8	516	37
1.000	538	24,2	167	70,1	483	36
1.200	649	22,6	156	57,2	394	41,5
1.500	816	19,7	136	30,3	209	66
1.800	982	--	--	11,0	76	65
2.000	982	--	--	7,0	48	77

Aleación 310S

Temperatura		Limite Elástico 0,2% Desplazamiento		Resistencia a la Tracción		Elongación
(°F)	(°C)	ksi	MPa	ksi	MPa	%
77	25	45,6	314	90,5	624	42,6
200	93	41,4	286	83,4	575	41,3
400	204	36,9	254	77,3	533	35,8
600	316	34,6	239	75,2	519	35,0
800	427	30,3	209	73,6	508	33,5
1.000	538	29,4	203	70,2	484	37,0
1.200	649	25,8	178	57,0	393	32,0
1.400	760	21,4	147	37,7	260	54,0
1.600	871	16,1	111	22,5	155	56,5
1.800	982	8,2	56	11,8	81	93,3
1.900	1.038	4,0	27	6,5	44	121,0

PROPIEDADES DE FABRICACIÓN

Las aleaciones 309/309S y 310/310S de acero inoxidable son ampliamente utilizadas con tratamientos y/o procesos térmicos debido a sus propiedades de alta temperatura y resistencia a la corrosión. Por lo mismo suelen a ser formadas en estructuras complejas. Acero carbono leve se conoce generalmente como el estándar de rendimiento en la mayoría de operaciones de formación de metales. Con respecto al acero carbono, los aceros inoxidables austeníticos presentan una diferencia significativa, son mas resistentes y tienden a endurecerse mas rápidamente. Aunque esto no altera los métodos generales utilizados para el corte, mecanizado, formación, etc., sí afecta las características específicas de estos métodos.

El corte y mecanizado de los aceros inoxidables austeníticos se realiza fácilmente usando técnicas estándar, normalmente empleadas para el acero dulce común con algunas modificaciones. Su comportamiento durante el corte puede ser muy diferente—son más resistentes y tienden a endurecerse con más rapidez. Los chips producidos son fibrosos y duros y retienen una ductilidad considerable. Las herramientas deben ser bien afiladas y agarradas

Aleación 310/S-309/S

de manera firme. Generalmente se utilizan cortes más profundos en velocidades más lentas para las zonas endurecidas. Debido a su baja conductividad térmica y alto coeficiente de expansión térmica, se debe considerar la eliminación de calor y las tolerancias dimensionales durante las operaciones de corte y mecanizado.

Los aceros inoxidable austeníticos son fácilmente moldeables en frío por métodos convencionales, tales como la flexión, la formación por estiro, formación de laminados, formación por martillo, y la hidroformación. Se endurecen rápidamente, lo cual se manifiesta con cada vez mayor cantidad de fuerza necesario para continuar la deformación. Esto se traduce en la necesidad de utilizar maquinarias de formación más fuertes, y eventualmente limita la cantidad de deformación posible sin formar grietas.

Un rango relativamente pequeño de temperaturas puede ser utilizado para un trabajo eficaz en los tratamientos térmicos de las aleaciones 309 y 310, debido a numerosos factores ambientales y metalúrgicos. La forja debe comenzar en el rango de 1.800-2.145°F (980-1.120°C) y terminar no más frío que 1.800°F (980°C). Trabajar en temperaturas más altas puede resultar en una caída de ductilidad-caliente debido a factores ambientales y metalúrgicos, particularmente la formación de ferrita. El trabajo en temperaturas más bajas puede resultar en la formación de sigma o sensitización. Después de la forja la pieza de trabajo debe ser enfriado rápidamente a un calor negro.

Soldadura

Los grados austeníticos se consideran generalmente lo más soldables de los aceros inoxidable. Se pueden soldar utilizando todos los procesos comunes. Esto tiende a ser cierto en cuanto a las aleaciones 309/309S y 310/310S. Cuando se requiere metal de relleno, se tiende a usar composiciones similares. El contenido elevado de aleación en estos grados puede hacer que el baño de fusión sea lento. Si la fluidez del baño de fusión llega a ser problemática, un metal de relleno con contenido de silicio puede ayudar (ej. ER309Si, ER309LSi).

Las aleaciones 309/309S y 310/310S exhiben un coeficiente de expansión térmica relativamente alto y un bajo nivel de conductividad térmica, y forman bajos niveles de ferrita al solidificar el metal de la soldadura. Estos factores pueden llevar a la fisuración en caliente. El problema puede ser más grave para las juntas restringidas y/o anchas. Metal de relleno con un contenido de aleación inferior (por ejemplo, ER308) aumentará la cantidad de ferrita en el depósito de soldadura y reducirá la tendencia de la fisuración en caliente. La dilución posterior del metal base puede disminuir la resistencia al calor y la corrosión de la soldadura.

Las aleaciones de grado "S" son relativamente bajas en carbono. Con prácticas de soldadura adecuadas, la corrosión intergranular de la zona afectada por el calor es poco probable. La termocoloración se debe quitar para asegurar la restauración completa de la resistencia a la corrosión cerca de la soldadura. La trituración o cepillado con un cepillo de acero inoxidable se puede utilizar para quitar la termocoloración. El decapado con ácido también quita la termocoloración. Se puede tratar piezas pequeñas en un baño, y las piezas más grandes se pueden decapar de manera local con una pasta especial que consista en una mezcla de ácido nítrico y HF o ácido clorhídrico. Un lavado con agua debe seguir este proceso de inmediato, con el cuidado de eliminar por completo todos los restos de la pasta decapado.

Tratamiento Térmico

Los aceros inoxidable austeníticos son tratados con calor para eliminar los efectos de la conformación en frío o disolver los carburos precipitados de cromo. El tratamiento térmico más seguro para llevar a cabo ambos requisitos es la solución de recocido que se lleva a cabo en la gama de 1.850 a 2.050 °F (1.010 a 1.121 °C). Enfriamiento desde la temperatura de recocido debería ser a tasas suficientemente altas, de 1.500 a 800° F (816 - 427 ° C) para evitar reprecipitación de carburos de cromo.

Estos materiales no pueden ser endurecidos a través del tratamiento térmico.

Recocido

La razón principal para el recocido de estas aleaciones es producir una microestructura recristalizada con un tamaño de grano uniforme y para la disolución de precipitados de carburo de cromo perjudiciales. Para garantizar el recocido completo las piezas deben mantenerse en el rango de 2.050-2.150 ° F (1.120-1.175 ° C) durante aproximadamente 30 minutos por pulgada de espesor. Esto es sólo una recomendación general - casos específicos pueden requerir una mayor investigación. Cuando esta apropiadamente recocido, estos grados son principalmente austeníticos a temperatura ambiente. Algunas pequeñas cantidades de ferrita pueden estar presentes.

La formación de escala de óxido es inevitable durante el recocido al aire en las aleaciones 309/309S y 310/310S. La escala que forma es generalmente rica en cromo y relativamente adherente. En general, la escala del recocido debe ser quitada antes de procesamiento o servicio adicional. Hay dos métodos típicos para la eliminación de escala - mecánica y química. Una combinación de limpieza con arena de sílice o bolas de vidrio antes de la extracción química de la escala es generalmente eficaz en la eliminación de la escala.

Chilexpo Ltda. no garantiza la exactitud de la información contenida en este documento y recomienda que los usuarios investiguen en profundidad aspectos técnicos y especificaciones antes de realizar una compra. Esta información técnica ha sido recopilada de diversas fuentes en línea, incluyendo ATI®, SSC®, y Outokumpu® entre otras. Esta ficha técnica ha sido proporcionada solo para fines informativos y no ha sido verificada de forma independiente por Chilexpo Ltda.