

Aleaciones 321/321H y 347

INFORMACIÓN GENERAL

Las aleaciones 321 y 347 son aceros inoxidable estabilizados que ofrecen como su ventaja principal una excelente resistencia a la corrosión intergranular después de su exposición a temperaturas en el rango de precipitación de carburos de cromo desde 800 a 1500°F (427 - 816°C). La aleación 321 se estabiliza contra la formación de carburos de cromo por la adición de titanio. La 347 se estabiliza por la adición de columbio y titanio.

Mientras que las aleaciones 321 y 347 continúan siendo empleadas para el servicio prolongado en el rango de temperaturas de 800 a 1500°F (427 a 816°C), la aleación 304L ha suplantado estas calidades para aplicaciones que involucran operaciones de soldadura o calentamiento a corto plazo.

Los aceros inoxidable 321 y 347 también son ventajosos para el servicio en altas temperaturas debido a sus buenas propiedades mecánicas. Los aceros inoxidable 321 y 347 ofrecen mejores propiedades de deformación y rotura por tensión que la aleación 304. Esto se traduce en tensiones mayores permitidas en temperaturas elevadas para estas aleaciones estabilizadas para aplicaciones en calderas y recipientes a presión ASME. Las aleaciones 321 y 347 tienen una temperatura máxima de 1500°F (816°C), igual a la aleación 304, mientras que la aleación 304L está limitada a 800°F (426°C).

ESTÁNDARES

321: UNS S32100 / W.N. 1.4541 / DIN X8CrNiTi 18 10

321H: UNS S32109 / W.N. 1.4941 / DIN X8CrNiTi 18 10

347: UNS S34700 / W.N. 1.4550 / DIN X6CrNiNb 18 10

APLICACIONES

Estas aleaciones exhiben una excelente resistencia a temperaturas elevadas junto con su resistencia a la fluencia y ataque por elementos en el ambiente. Por lo tanto se utilizan ampliamente en la industria de tratamiento térmico para piezas de hornos, tales como; cintas transportadoras, rodillos, piezas de quemadores, revestimientos de hornos, ventiladores, tubos, ganchos, cestos y bandejas para sostener piezas pequeñas. Estos grados también se utilizan en la industria de procesos químicos para contener ácidos concentrados calientes, amoníaco y dióxido de azufre. En la industria de procesamiento de alimentos se utilizan en procesos que implican el contacto con ácido acético caliente y ácido cítrico.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Porcentaje por Peso		
	321	347
C	0,08	0,08
Mn	2,0	2,0
P	0,045	0,045
S	0,03	0,03
Si	0,75	0,075
Cr	17,0 - 19,0	17,0 - 19,0

Porcentaje por Peso		
	321	347
Ni	9,0 - 12,0	9,0 - 12,0
Nb + Ta	--	10xC min. a 1,0 máx.
Ta	--	--
Ti	5x(C+N) min. a 0,7 máx.	--
Co	--	--
N	0,1	--
Fe	BALANCE	BALANCE

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN Y OXIDACIÓN

Corrosión General

Las aleaciones 321 y 347 ofrecen una resistencia similar a la corrosión general como la aleación no estabilizada 304. El calentamiento durante largos periodos de tiempo en el rango de precipitación de carburo de cromo puede afectar a la resistencia general de las aleaciones 321 y 347 en elementos severamente corrosivos.

En la mayoría de los ambientes, ambas aleaciones muestran una resistencia similar a la corrosión. Sin embargo, la 321 en estado recocido es algo menos resistente en ambientes fuertemente oxidantes que la aleación 347 recocida. Por esta razón, se prefiere la aleación 347 para aplicaciones acuosas y otros ambientes de bajas temperaturas. La exposición al rango de temperaturas entre 800°F y 1500°F (427°C - 816°C) reduce la resistencia global a la corrosión de la aleación 321 en un grado mucho mayor que la aleación 347. La aleación 347 se utiliza mayormente en aplicaciones de alta temperatura, donde una resistencia a la sensibilización es esencial, evitando así la corrosión intergranular en temperaturas más bajas.

Corrosión Intergranular

Las aleaciones 321 y 347 han desarrollado para aplicaciones en las que las aleaciones de cromo-níquel no estabilizadas, tales como la 304, serían susceptibles a la corrosión intergranular.

Cuando se mantienen las aleaciones de cromo-níquel no estabilizadas en el rango de temperatura de 800°F a 1500°F (427°C - 816°C), el carburo de cromo se precipita en los bordes del grano. En la presencia de ciertos elementos fuertemente corrosivos, estos límites de grano son preferencialmente atacados, de esto resulte un debilitamiento general del metal y puede ocurrir una desintegración completa.

Elementos orgánicos o agentes acuosos débilmente corrosivos, la leche o productos lácteos y/o condiciones atmosféricas raramente producen corrosión intergranular, aun cuando existen grandes cantidades de carburos precipitados. Cuando se suelde material de calibre delgado, el tiempo en el rango de temperaturas entre 800°F y 1500°F (427°C - 816°C) es tan corto que con la mayoría de elementos corrosivos, los tipos no estabilizados generalmente son satisfactorios. La medida en que la precipitación de carburo puede ser perjudicial va depender de la cantidad de tiempo que se ha expuesto la aleación a temperaturas entre 800°F a 1500°F (427°C -

Aleaciones 321/321H y 347

816°C) y también sobre el ambiente en que se encuentra. Incluso los tiempos de calentamiento mas largos involucrados en la soldadura de calibres gruesos no dañan a los grados "L" no estabilizados, donde el contenido de carbono se mantienen en cantidades bajas de 0.03% o menos.

Por lo general, las aleaciones 321 y 347 se ocupan para para maquinaria pesada soldada que no puede ser recocida y que se opera dentro las temperaturas de 800°F a 1500°F (427°C - 816°C). La experiencia adquirida en una amplia gama de condiciones ha proporcionado datos suficientes para predecir la posibilidad de ataque intergranular en la mayoría de aplicaciones.

Agrietamiento por Corrosión Bajo Presión

Los aceros inoxidable austeníticos 321 y 347 son susceptibles a la corrosión bajo tensión (SCC) en haluros similares a los del acero inoxidable 304. Esto da como resultado debido a su contenido similar de níquel. Las condiciones que causan corrosión bajo tensión son: (1) la presencia de iones haluro (por lo general cloruro), (2) esfuerzos de tracción residuales, y (3) temperaturas que exceden alrededor de 49°C. Tensión puede ocurrir como resultado de la deformación de la aleación durante la formación o por la expansión, o debido a soldadura que resulte en tensión por los ciclos termale que se utilizan. Se podrá reducir los niveles de tensión con el recocido o tratamientos térmicos después de la deformación en frío, lo que reduce la sensibilidad al SCC por haluro. Las aleaciones estabilizadas 321 y 347 son buenas opciones en el estado sin tensión dentro de ambientes que de otra forma podrían causar la corrosión intergranular de las aleaciones no estabilizadas.

Las aleaciones 321 y 347 son particularmente útiles en condiciones que causan corrosión de ácido polythionico bajo tensión en los aceros inoxidable austeníticos no estabilizados, como por ejemplo la aleación 304. La exposición de aceros inoxidable austeníticos no estabilizados resultará en la precipitación de carburos de cromo en los límites del grano. Después de enfriar a temperatura ambiente en un entorno que contiene sulfuro, el sulfuro (a menudo sulfuro de hidrogeno) reacciona con la humedad y el oxigeno para formar ácidos polythionicos que atacan los limites de granos sensibilizados, bajo condiciones de tensión, formarán fisuras intergranulares. La corrosión bajo tensión por ácido polythionico ha ocurrido en ambientes de refineries de petróleo donde los sulfuros son comunes. Las aleaciones estabilizadas 321 y 347 ofrecen una solución a la corrosión por ácido polythionico mediante su habilidad de resistencia a la sensibilización durante servicio en temperaturas elevadas. Para una resistencia optima, estas aleaciones se deben utilizar en el estado térmicamente estabilizado si las condiciones de servicio podrían resultar en sensibilización

Corrosión de Picaduras/Hendiduras

La resistencia de las aleaciones 321 y 347 a la corrosión por picaduras y hendiduras en la presencia de iones de cloruro es similar a la de las aleaciones 304 o 304L debido a su contenido similar de cromo. Por lo general un 100ppm de cloruro en ambientes acuosos se considera el límite tanto para aleaciones estabilizados como para los no estabilizados, particularmente si hay grietas presentes. Los altos niveles de iones de cloruro pueden causar corrosión de picaduras y hendiduras. Para condiciones más severas, con niveles mayores

de cloruro, menor pH y/o temperaturas altas, se debe considerar las aleaciones con molibdeno, como la 316. Las aleaciones 321 y 347 estabilizadas pasan la prueba de 100 horas con un spray de 5% spray salina (ASTM B117) sin oxidación ni descoloración. Sin embargo, la exposición de estas aleaciones a nieblas salinas del mar causaría corrosión de picaduras y hendiduras acompañado por descoloración severa. Las aleaciones 321 y 347 no se recomiendan para la exposición a ambientes marinos.

Resistencia a la Oxidación en Temperaturas Elevadas

Las aleaciones 321 y 347 exhiben resistencia a la oxidación similar a otros aceros inoxidable austeníticos 18-8. Muestras preparadas de material estándar fueron expuestas a un ambiente aire de temperaturas elevadas dentro del laboratorio. Periódicamente, se pesaron para determinar el grado de formación de escala. Los resultados se han reportado como cambios de peso en unidades de miligramos por centímetro cuadrado.

Tiempo de Exposición	Cambio en Peso (mg/cm ²)				
	1300°F	1350°F	1400°F	1450°F	1500°F
168 Hrs.	0,032	0,046	0,054	0,067	0,118
500 Hrs.	0,045	0,065	0,108	0,108	0,221
1.000 Hrs.	0,067	--	0,166	--	0,338
5.000 Hrs.	--	--	0,443	--	--

Las aleaciones 321 y 347 se diferencian principalmente por pequeñas adiciones de aleación, los cuales no afectan a su resistencia a la oxidación. Por lo tanto estos resultados son representativos de los dos grados. Sin embargo, puesto que la tasa de oxidación se puede influenciar por la exposición a factores ambientales y otros factores según las formas de cada producto, estos resultados se deben interpretar solo como una indicación general de la resistencia a la oxidación de estas calidades.

PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas de las aleaciones 321 y 347 son muy similares, y para todos fines prácticos pueden considerarse iguales. Los valores dados en la tabla que sigue se aplican a las dos aleaciones.

Cuando están apropiadamente recocidas, las aleaciones 321 y 347 consisten principalmente en la austenita y carburos de titanio o columbio. Pequeñas cantidades de fase sigma pueden formar durante la exposición a temperaturas entre 1000°F y 1500°F (593°C - 816°C) por periodos largos.

Las aleaciones estabilizadas 321 y 347 no se pueden endurecer por tratamientos térmicos.

Módulo de Elasticidad en Tensión	28X10 ⁶ psi (193 GPa)	
Densidad	321	0,286 lb/in ³ o 7,92 g/cm ³
	347	0,288 lb/in ³ o 7,96 g/cm ³

Aleaciones 321/321H y 347

Coefficiente Promedio de Expansión Térmica

Rango de Temperatura			
°F	°C	in/in/°F	cm/cm/°C
68 - 212	20 - 100	$9,2 \times 10^{-6}$	$16,6 \times 10^{-6}$
68 - 1.112	20 - 600	$10,5 \times 10^{-6}$	$18,9 \times 10^{-6}$
68 - 1.832	20 - 1.000	$11,4 \times 10^{-6}$	$20,5 \times 10^{-6}$

Conductividad Térmica

Rango de Temperatura			
°F	°C	Btu•in/hr•ft ² •°F	W/m•K
68 - 212	20 - 100	12,5	16,3
68 - 932	20 - 500	14,7	21,4

Calor Específico

°F	°C	Btu/lb•°F	J/kg•K
23 - 212	0 - 100	0,12	500

Resistividad Eléctrica

Rango de Temperatura		
°F	°C	microhm • cm
68	20	72
213	100	78
392	200	86
752	400	100
1.112	600	111
1.472	800	121
1652	900	126

Punto de Fusión

2250 - 2635°F, 1398 - 1446°C

Permeabilidad Magnética

Por lo general, las aleaciones 321 y 347 son no magnéticos en el estado recocido, con valores de permeabilidad magnética menores de 1.02 a 200H. Los valores de permeabilidad variarán con diferencias en composición y se aumentarán con la deformación en frío. La permeabilidad de soldaduras que contienen ferrita será mayor.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Propiedades en Temperaturas Elevadas

La fuerza de estas aleaciones estabilizadas es notable superior que la de la aleación no estabilizada 304 en temperaturas superior a 1000°F (538°C). Las aleaciones 321H y 347H, con mayor cantidad de carbono, muestra fuerza aun mayor a temperaturas superior a 1000°F (537°C).

Rotura de Tensión y Propiedades de Fluencia

La fuerza elevada en cuanto la rotura de tensión y fluencia a temperaturas altas de estos aceros estabilizados es mayor que las aleaciones no estabilizadas 304 y 304L. Estas propiedades superiores de aleaciones 321 y 347 permiten el diseño de componentes presurizados para uso en temperaturas elevadas.

Resistencia al Impacto

Las aleaciones 321 y 347 tienen una excelente resistencia a temperatura ambiente y en temperaturas bajo cero. En la siguiente tabla se encuentran los valores de impacto de Charpy V-notch para la aleación 347 en estado recocido, después de mantener la muestra por una hora a la temperatura indicada. Información para la aleación 321 sería similar.

Temperatura		Energía Absorbida	
°F	°C	Ft - lb	Joules
24	75	90	122
-32	-25	66	89
-62	-80	57	78

Resistencia a la Fatiga

La resistencia a la fatiga de prácticamente todos los metales se ve afectada por condiciones de corrosión, el acabado de la superficie y su forma. Por esta razón, no hay valores definidos que representen la resistencia a la fatiga bajo todas las condiciones de funcionamiento. La resistencia a la fatiga de las aleaciones 321 y 347 son aproximadamente 35% de sus resistencias a la tracción.

PROPIEDADES DE FABRICACIÓN

Soldadura

Los aceros inoxidable austeníticos se consideran generalmente lo más soldables de los aceros inoxidable, se pueden soldar utilizando todos los procesos comunes. Dos consideraciones importantes para las juntas de soldadura en estas aleaciones son; (1) la evitación del agrietamiento a solidificar y (2) La preservación de la resistencia a la corrosión de la soldadura y zonas afectadas por el calor.

Aleaciones 321/321H y 347

Es importante mantener el nivel del elemento estabilizador presente en las aleaciones 321 y 347 durante la soldadura. La 321 es más propensa a la pérdida de titanio. La 347 es más resistente a la pérdida de columbio. Se debe ejercitar caución para evitar la captación de carbono de aceites, otras fuentes y nitrógeno del aire. Practicas que incluyen atención a la limpieza y la buena protección de gas inerte se recomienda para estos grados.

Metal con una estructura totalmente austenítico es más susceptible al agrietamiento durante la soldadura. Por lo tanto, las aleaciones 321 y 347 se han diseñado para solidificar con una pequeña cantidad de ferrita para minimizar la susceptibilidad al agrietamiento. Aceros estabilizados con columbio son más susceptibles a agrietamiento en caliente que aceros estabilizados con titanio.

Metales de relleno coincidentes están disponibles para la soldadura de las aleaciones 321 y 347. A veces se utiliza el metal de relleno de la aleación 347 para soldar la 321.

Estas aleaciones estabilizadas se pueden unir a otros aceros inoxidables o aceros al carbono. La aleación 309 o metales de relleno a base de níquel se han utilizado para este propósito.

Tratamiento Térmico

El rango de temperatura para el recocido de las aleaciones 321 y 347 es de 1800 a 2000°F a (928 -1093°C). Mientras que el propósito principal del recocido es obtener suavidad y ductilidad elevada, estos aceros pueden ser recocidos por alivio de tensión dentro del rango de precipitación de carburos 800 a 1500°F (427 - 816°C), sin peligro de corrosión intergranular subsiguiente.

Para ductilidad máxima, se recomienda un rango de temperaturas más altas para el recocido, entre 1800 y 2000°F (928 - 1093°C).

Cuando se requiere lo máximo en resistencia a la corrosión, puede ser necesario emplear un recurso correctivo con la aleación 321 que se conoce como el recocido estabilizador. Esto consiste en el calentamiento del metal entre 1550 y 1650°F (843 - 899°C) por

hasta 5 horas, dependiendo del grosor. Este rango está por encima del rango donde se forman carburos de cromo y es lo suficientemente alto para causar la disociación de alguno que se puede haber formado previamente. Este tratamiento adicional se requiere con menos frecuencia para la aleación 347.

Cuando los tratamientos térmicos se realizan en un ambiente oxidante, el oxido debe ser eliminado después del recocido en una solución de descalcificación tal como una mezcla de ácidos nítricos y fluorhídricos. Estos ácidos se deben remover por completo a través de un enjuague de la superficie.

No se puede endurecer estas aleaciones a través de tratamientos térmicos.

Limpieza

A pesar de su resistencia a la corrosión, los aceros inoxidables necesitan cuidado durante la fabricación y durante su uso para mantener su apariencia, incluso bajo condiciones normales de servicio.

Durante la soldadura se ocupan procesos de gas inerte. Escala que se forma a partir de estos procesos se pueden remover con un cepillo de acero inoxidable. El uso de un cepillo de acero carbono dejara partículas de acero al carbono en el superficie los cuales eventualmente producirán herrumbre superficial. Para aplicaciones más severas, las áreas soldadas se deben tratar con una solución descalcificate, tal como una mezcla de ácidos nítrico y fluorhídrico, para eliminar el tinte de calor.

Para material expuesto a ambientes interiores, industria ligera, o servicio suave, se requiere una mantención mínima. Solo zonas protegidas deben ser lavadas de vez en cuando con un chorro de agua a presión. En grandes zonas industriales el lavado frecuente es recomendable para eliminar los depósitos de tierra que a la larga pueden causar la corrosión y deterior el aspecto de la superficie del acero inoxidable.

CHILEXPO®

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.