

NICKEL REVISTA

LA REVISTA DEDICADA AL NÍQUEL Y SUS APLICACIONES

NICKEL, VOL. 34, NÚM. 1, 2019

Níquel: el gran posibilitador

*Una guía para ingenieros sobre
el acero al níquel*

*Garrison Crossing: el acero
inoxidable conectando
comunidades*

*Baterías de mayor duración
para Fórmula E*





GRUPO BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS

ESTUDIO DE CASO 15 PROYECTO DE EXPANSIÓN EN MÓNACO



GRUPO BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS

Se utilizaron más de 4000 toneladas de barras de refuerzo de acero inoxidable para construir los cajones y su dique de construcción flotante.



GRUPO BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS

Mónaco, el segundo país más pequeño del mundo y el estado soberano más densamente poblado, está inmerso en un ambicioso proyecto de escaso impacto medioambiental: una ampliación de la ciudad hacia el mar de seis hectáreas, valorada en 2300 millones de dólares.

Desarrollada por la empresa de construcción francesa Bouygues Travaux Publics, la construcción de la infraestructura marítima está actualmente en curso, y está previsto que la parte sumergida se termine en 2020. Anse du Portier (o Cala Portier, como se le conoce en español), se ha diseñado para encajar naturalmente en el paisaje costero y ajustarse al flujo de agua cerca de la costa.

El lecho marino se dragará y se rellenará con piedras de cantera para sostener un malecón, que consta de 18 cámaras rellenas de hormigón llamadas cajones. Los cajones, de 30 m de longitud y 24 m de altura con un peso unitario de 10,000 toneladas, serán remolcados por barco desde Marsella a Mónaco.

La empresa franco-española SENDIN ha utilizado más de 4000 toneladas de barras de refuerzo de acero inoxidable para construir los enormes cajones en su dique de construcción flotante en el puerto de Marsella. Elegido por su alta resistencia a la corrosión frente a los cloruros del agua marina y por su durabilidad, así como para evitar un costoso mantenimiento futuro, se utilizó el acero inoxidable dúplex tipo 2304 (UNS S32304) con diámetros de entre 12 y 40 mm, suministrado por el grupo Roldan-Acerinox.

En última instancia, el nuevo distrito, Anse du Portier, cuya finalización está prevista para 2025, albergará hasta 1000 residentes en apartamentos y chalets, y contará con un parque ajardinado, un paseo marítimo y un puerto deportivo. **Ni**

EDITORIAL: “EL POSIBILITADOR” EL NÍQUEL HACIENDO POSIBLE LA VIDA Y MUCHAS COSAS

El níquel rara vez desempeña funciones por sí solo, pero en sus diversas formas es espectacular en funciones de apoyo. A veces de manera prominente, otras de manera sutil, pero siempre permitiendo que las tecnologías, los procesos y los productos destaquen.



El crecimiento saludable de una rama contrasta claramente con el follaje que no recibió níquel suplementario.

Otro ejemplo pequeño e invisible es la espuma aislante de superaleación de níquel reductora de ruido y resistente al calor para motores a reacción que podría reducir el ruido de los aviones, mejorando la vida cerca de los aeropuertos.

Incluso los omnipresentes aceros inoxidable al níquel encuentran nuevas aplicaciones, permitiendo que la maquinaria y los procesos funcionen de manera más eficaz durante más tiempo.

Ahora bien, hemos elegido destacar en este número todas las aleaciones de aceros al níquel que no son catalogadas como “acero inoxidable”. Conjuntamente, son esenciales para miles de soluciones de ingeniería y se destacan sus características distintivas y ejemplos de sus diversas aplicaciones.

El níquel desempeña muchas funciones: es resistente y dúctil; conductor y magnético...o no; se usa en aplicaciones de alta o baja temperatura...o ambas; se presenta en forma sólida, disuelta o en aleación; y es esencial para la vida. Las estrellas van y vienen, pero los numerosos talentos y funciones de “El Posibilitador” perduran.

Clare Richardson
Editora, Revista Nickel

Las funciones son “totalmente naturales”. Todo lo que puede hacer el níquel radica en sus características innatas, incluida su función poco conocida como micronutriente.

La esencialidad del níquel no es algo que todo el mundo sepa, ni tampoco lo es el hecho de que existen fertilizantes que contienen níquel para cultivos específicos. Asimismo, las baterías de níquel metal-hidruro y de níquel-cadmio se han visto eclipsadas por el “litio” a ojos de los consumidores. Pocos saben que el níquel es fundamental para el éxito revolucionario de las composiciones químicas de litio dominantes en los sistemas de almacenamiento de energía modernos.



Las aplicaciones criogénicas como el almacenamiento y envío de GNL utilizan acero con 9% de níquel.

ÍNDICE

- 02 **Estudio de caso núm. 15**
Proyecto de expansión en Mónaco
- 03 **Editorial**
Níquel, "El Posibilitador"
- 04 **Actualidades de Nickel**
- 06 **Garrison Crossing**
El acero inoxidable conectando comunidades
- 08 **Aceros al níquel**
El níquel es el ingrediente secreto
- 12 **Los medicamentos, las vacunas y el acero inoxidable**
Biorreactores de un solo uso
- 14 **Coches de carreras de Fórmula E**
Baterías más duraderas
- 15 **Nuevas publicaciones**
- 15 **Detalles UNS**
- 16 **El imponente alce**
Storelgen de Noruega

La revista Nickel es una publicación del Nickel Institute
www.nickelinstitute.org

Dr. Hudson Bates, Presidente;
Clare Richardson, Editora
communications@nickelinstitute.org

Colaboradores: Gary Coates, Richard Matheson, Bruce McKean, Geir Moe, Kim Oakes, Nigel Ward, Odette Ziezold

Diseño: Constructive Communications

El material aquí contenido ha sido preparado para información general del lector y no deberá utilizarse ni tomarse como base para aplicaciones específicas sin antes obtener asesoramiento. Aunque se considera que el material es técnicamente correcto, el Nickel Institute, sus miembros, su personal y sus consultores no afirman ni garantizan que sea adecuado para ningún uso general o específico ni aceptan ningún tipo de obligación o responsabilidad respecto a la información aquí contenida. ISSN 0829-8351

Impreso en papel reciclado en Canadá por Hayes Print Group

Créditos de las imágenes:

Portada: Shutterstock©Wojciech Wrzesien
pág. 3 Shutterstock.com©Alexyz3d
pág. 8 iStockPhoto.com©Bet_Noire
pág. 9 iStockPhoto.com©umenie
pág. 11 iStockPhoto.com©mypokcik, iStockPhoto.com©antpkr
pág. 16 Shutterstock©mariusz.ks

Errata: Vol 33/N.o 3, 2018 Figura 1, pág. 10 corregida y disponible en línea

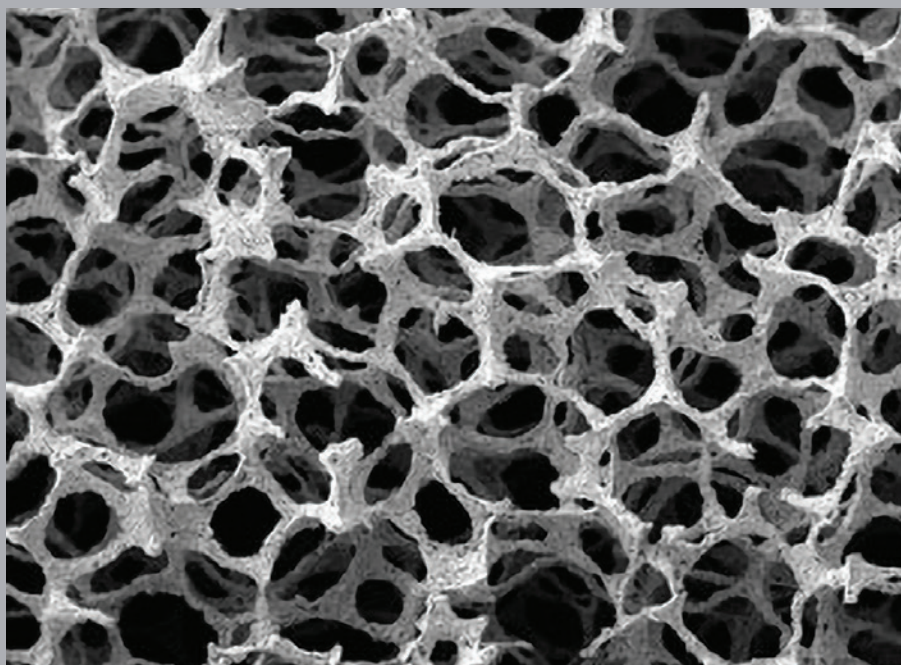
NICKEL

ACTUALIDADES



Silencio, por favor

Se ha desarrollado una nueva espuma de superaleación para reducir el estruendo de los motores de aviones. Un equipo de A*STAR ha demostrado cómo las espumas de polímero normales pueden usarse como base para crear espumas metálicas de superaleación supresoras de ruido y resistentes al calor. Los investigadores revistieron una espuma de polímero con una suspensión de la superaleación a base de níquel, luego quemaron el polímero para obtener una espuma metálica de celda abierta con la misma estructura que el polímero original. Al poner a prueba las propiedades acústicas de estas espumas metálicas, descubrieron que cuanto más pequeños eran los poros, más larga y más difícil sería la trayectoria de la onda de sonido a través del material, y mayor el tiempo que el material tiene para amortiguar la energía acústica convirtiéndola en calor (un fenómeno conocido como efecto termoviscoso).





Una idea brillante

En el pequeño pueblo japonés de Namie, cerca de Fukushima, el fabricante de automóviles Nissan y su filial, 4R Energy Corporation, están convirtiendo las baterías de coches eléctricos en farolas que funcionan con energía solar. Han ideado una forma innovadora de reciclar las baterías de vehículos eléctricos ricas en níquel, manganeso, cobalto y litio. El proyecto, denominado “The Reborn Light”, proporciona alumbrado público a los residentes como parte de las iniciativas de recuperación en la región devastada por el terremoto y el tsunami de 2011. Este nuevo tipo de iluminación exterior está alimentada por una combinación de paneles solares y baterías usadas del vehículo eléctrico Nissan LEAF. Como parte de la revitalización de la ciudad, estas farolas independientes sensacionalmente diseñadas suministran electricidad en zonas que no están conectadas a la red principal.



Un poco de níquel les ayuda a crecer

Se trata de una solución que ha demostrado ser incluso más importante a medida que cambian los patrones meteorológicos. En el sur de los Estados Unidos, una zona en la que predominan los nogales pacaneros, las temperaturas primaverales más frescas y los retrasos en el calentamiento están provocando la aparición de más orejas de ratón en el follaje en desarrollo. Los síntomas de las orejas de ratón, que se ha descubierto que son consecuencia de una deficiencia de níquel, son entre otros la punta redondeada o roma de los folíolos, hojas y folíolos más pequeños, órganos del árbol atrofiados, sistemas de raíces mal desarrollados, retraso de la brotación y necrosis de las puntas de los folíolos. La tierra más fría limita la absorción del níquel disponible, el cual es necesario para un follaje sano. ¿La buena nueva? Los nogales pacaneros no necesitan mucho níquel y el problema puede prevenirse midiendo las temperaturas de la tierra cada año y tratándolos con aplicaciones foliares de níquel cuando sea necesario.

Una larga vida en Marte

Si bien la NASA declaró oficialmente la muerte de su rover *Opportunity Mars* el 13 de febrero de 2019, será recordado por su inesperada longevidad en condiciones extremas. Desplegado en 2004 y conocido como *Oppy*, realizó mediciones durante 14 años. Alimentado por paneles solares, las baterías de iones de litio almacenaban la energía excedente para ayudar en períodos de intensa demanda de energía. La composición química no cambió mucho en los primeros años debido al éxito continuado del *Opportunity*. La composición química de óxido de níquel-cobalto (NCO) de *Oppy* fue mejorada a níquel-cobalto-aluminio (NCA) para la misión *InSight* lanzada en noviembre de 2018. La composición química de NCA proporcionó un mejor rendimiento.



GARRISON CROSSING: EL ACERO INOXIDABLE CONECTANDO COMUNIDADES

PEDELTA, VISTA AEREA



Si bien otros puentes peatonales en Norteamérica han utilizado acero inoxidable para parte de sus estructuras, y muchos puentes de carretera usan barras de refuerzo de acero inoxidable en hormigón, Garrison Crossing es el primer proyecto de dos puentes construidos exclusivamente con acero inoxidable. Se eligió el acero inoxidable dúplex tipo 2205 por su alta resistencia a la corrosión producida por las sales de deshielo.

Ubicada justo al oeste del centro de la ciudad de Toronto, Canadá, la zona histórica de 17.4 hectáreas del Fuerte York es un oasis de tranquilidad en una ciudad vibrante. Data de 1793, cuando la pequeña ciudad era conocida como York y servía como defensa del puerto, formada por una guarnición de soldados. Si bien el sitio es actualmente una importante atracción turística, el espacio verde conocido como Garrison Commons es un lugar muy frecuentado por los residentes de la ciudad. Sin embargo, el acceso al lugar para los peatones y los ciclistas era a través de un transitado puente de carretera que cruzaba dos líneas de ferrocarril principales.

Se llevó a cabo un concurso para construir dos puentes para peatones/ciclistas, a los que ahora se les conoce como Garrison Crossing, y el consorcio ganador estaba dirigido por Dufferin Construction. Pedelta Structural Engineers, una innovadora empresa de ingeniería internacional, ideó los primeros puentes de Norteamérica construidos exclusivamente con acero inoxidable. Se eligió una aleación dúplex tipo 2205 (UNS S32205) no solo por su alta resistencia y otras propiedades estructurales necesarias en climas fríos, sino también por su alta resistencia a la corrosión producida por las sales de deshielo. No será necesario pintarlos durante su larga vida útil y los costos de mantenimiento serán muy bajos. Juan Sobrino, presidente de Pedelta y diseñador principal de este proyecto explicó, “he usado acero inoxidable en muchos puentes en Europa, así que estaba muy familiarizado con la forma en que debía usarse estructuralmente para el proyecto Garrison Crossing”. Era preciso superar varios retos. No existe ningún

código para puentes en Norteamérica que haga referencia a los aceros inoxidables, así que tuvimos que convencer a las autoridades de que el diseño era seguro y rentable. Fue necesario conseguir una fusión de ideas y un alto grado de coordinación entre todos los coparticipes. AISC (Instituto Americano de Construcción en Acero) elaboró Directrices de diseño para el acero inoxidable estructural en 2013, y existe un código europeo que facilitó más orientación.

La fabricación de los puentes fue, sin duda, un elemento muy crítico, y el trabajo se le adjudicó a una empresa local, Mariani Metal Fabricators. Mariani había realizado anteriormente trabajos espectaculares en acero inoxidable, incluido el Monumento Conmemorativo de las Fuerzas Aéreas justo en las afueras de Washington D.C. Aunque habían fabricado antes acero inoxidable dúplex, este fue su trabajo más grande con dúplex, para el que fueron necesarias unas 350 toneladas del tipo 2205. Según Vince Mariani, presidente y fundador de la



empresa, “conocíamos los retos antes de empezar el trabajo, entre ellos el grosor especial y las tolerancias de planeidad de la placa, la limpieza en el taller y en la obra, y especialmente los requisitos especiales de soldadura”. El acabado de la superficie del acero es fundamental, así que todas las piezas se pulieron mediante

un chorro de bolas de vidrio. Incluso las barandillas son del tipo 2205.

Los puentes ya están instalados y se están realizando los toques finales. Estos no son solamente puentes, sino que constituyen una forma de conectar a las comunidades de una manera sostenible, ecológica y duradera.

Ni



Izquierda: impresión artística de los puentes terminados

Arriba: uno de los puentes durante el proceso de fabricación en Mariani Metal Fabricators

Abajo: puente instalado antes del acabado con las barandillas



RESISTENTE, DURO Y TENAZ

LAS MUCHAS FORMAS EN QUE LOS ACEROS ALEADOS QUE CONTIENEN NÍQUEL CUMPLEN



El acero de baja aleación endurecible se utiliza para los cigüeñales, engranajes y trenes de aterrizaje de aviones; todos se benefician del contenido en níquel.

Acero para herramientas – cuchilla de tijera de acero endurecido por corriente de aire



CUCHILLA DE TIJERA MILWAUKEE

La mayor parte de la producción de níquel se destina al acero inoxidable. Pero un considerable 8% se utiliza en la producción de aceros aleados que son necesarios para proporcionar características específicas para aplicaciones especializadas y a menudo críticas.

Los aceros aleados incluyen una amplia variedad de materiales a base de hierro. El contenido de níquel varía desde muy bajo, ~0.3% en algunos aceros aleados, hasta el 20% en aceros maraging. Cada aleación está concebida para tener una cierta combinación de mayor resistencia, dureza, resistencia al desgaste o tenacidad que los aceros ordinarios al carbono. Se utilizan típicamente en equipos que suministran potencia, forma y que cortan metales, o se usan a temperaturas bajas cuando los aceros al carbono carecen de la tenacidad adecuada. Para simplificar, los aceros aleados pueden dividirse en varios tipos, con propiedades específicas para los usos finales específicos. Los aceros aleados al níquel son esenciales en la construcción de herramientas y maquinaria que permiten a la industria fabricar otras herramientas y maquinaria. Véase la tabla de la página 9.

Acero de baja aleación endurecible

Estos aceros constituyen una categoría de materiales ferrosos que exhiben propiedades mecánicas superiores a las de los aceros ordinarios al carbono. Esto se logra agregando elementos aleantes como el níquel, el cromo y el molibdeno, seguido de un tratamiento térmico de temple (enfriamiento rápido) y revenido. Estos elementos, al ser disueltos en austenita antes del temple, aumentan su templabilidad. El níquel complementa el efecto de endurecimiento del cromo y el molibdeno y es importante para aportar tenacidad a la microestructura martensítica dura que resulta del tratamiento térmico de temple y revenido. Véase la tabla a continuación.

Acero para herramientas

El acero para herramientas es un término que se aplica a una variedad de aceros de gran dureza y resistentes a la abrasión

Comparación de los valores mecánicos típicos de AISI 4340 en condición de recocido y enfriado rápido y templado con los del acero al carbono AISI 1045

BARRA REDONDA DE 75 MM (3 PULG.) DE DIÁMETRO	LÍMITE ELÁSTICO MPa (ksi)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MPa (ksi)	% ALARGAMIENTO
AISI 4340 recocido	588 (86)	752 (110)	21
AISI 4340 ASTM A434 clase BD	847 (124)	963 (141)	18
AISI 1045 normalizado	410 (60)	629 (92)	22



que se utilizan para aplicaciones como troqueles (estampado o extrusión), corte o recorte, fabricación de moldes, o aplicaciones de impacto como los martillos (personales o industriales). Su tratamiento térmico es similar al de los aceros de baja aleación endurecibles.

Los aceros para herramientas endurecidos por corriente de aire reducen la distorsión causada por el enfriamiento rápido con agua y poseen un equilibrio entre resistencia al desgaste y tenacidad.

Los aceros para herramientas de moldeo de plástico son aceros con bajo contenido de carbono a los que se les

da forma, se carburizan, se endurecen y luego se templan hasta obtener una alta dureza de superficie, que hace que sean ideales para los moldes de inyección y de fundición a presión.

Alta resistencia y baja aleación (acero patinable)

La estructura de grano más fino de estos aceros proporciona una mayor resistencia comparada con la de los aceros ordinarios al carbono. Este grano más fino se logra influyendo las temperaturas de transformación de manera que la conversión de la austenita en ferrita y perlita se produzca a una temperatura

El acero maraging con 18% de contenido de níquel posee la resistencia al impacto y a la fatiga necesaria para el tren de aterrizaje.

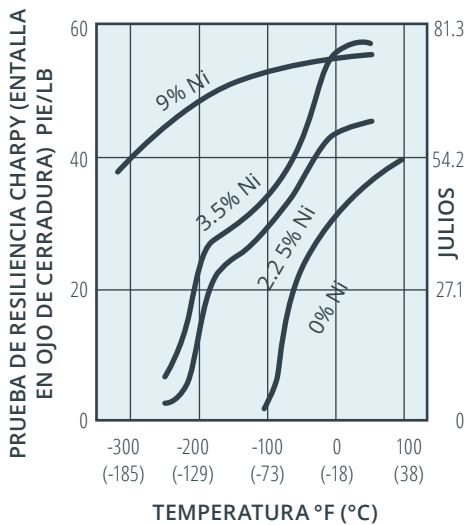
Composición química típica de algunos aceros aleados destacados que contienen níquel.

TIPO DE ACERO	GRADO (UNS)	C	Ni	Cr	Fe	OTRO	APLICACIONES
De baja aleación endurecible	AISI 4340 (G43400)	0.4	1.8	0.8	bal	Mo	Engranajes de transmisión, ejes y trenes de aterrizaje
	AISI 4320H (H43200)	0.2	1.8	0.5	bal	Mo	Engranajes y piñones con superficie endurecida para la resistencia al desgaste pero que poseen un núcleo tenaz
	AR450	0.26	0.70	1.0	bal	Mo	Placa resistente a la abrasión para conductos, revestimientos de camiones volquetes, rejillas, placas balísticas
Acero para herramientas endurecido por corriente de aire	A9 (T30109)	0.5	1.5	5.0	bal	Mo, V	Matrices de embutir y conformadoras, cuchillas de tijera
Acero para herramientas - Molde de plástico	P6 (T51606)	0.1	3.5	1.5	bal		Fundición a presión de zinc y troqueles de moldear para inyección plástica
"Acero patinable" de alta resistencia y baja aleación (HSLA)	A588 Gr C (K11538)	0.1	0.35	0.5	bal	Cr, Cu, V	Proporcionar mejor relación resistencia-peso que el acero ordinario al carbono y mayor resistencia a la corrosión atmosférica para su uso en la construcción de puentes
Acero al níquel	Acero al 9% de níquel (K8und1340)	0.13	9.0	-	bal		Aplicaciones criogénicas como el almacenamiento de GNL
Acero maraging	Maraging 300 (K93120)	0.03	18.5	-	bal	Co, Mo, Al, Ti	Carcasas de motores de cohetes, fuselajes, árboles de transmisión, trenes de aterrizaje de aviones, moldes de inyección, troqueles

Las propiedades deseables de los aceros maraging pueden resumirse así:

- Resistencia muy alta a temperatura ambiente
- Tratamiento térmico simple, que resulta en una distorsión mínima
- Tenacidad superior a las fracturas comparada con la del acero templado y revenido de un nivel de resistencia similar
- Se fabrica fácilmente con buena soldabilidad

Figura 1: Efecto del níquel sobre la resistencia a los impactos de placas normalizadas y templadas de media pulgada de acero bajo en carbono



más baja durante el enfriamiento por aire. A los bajos niveles de carbón típicos de los aceros HSLA, elementos como la sílice, el cobre, el níquel y el fósforo son especialmente eficaces para producir perlita fina.

La adición de cromo, cobre y níquel produce una capa de óxido estable que se adhiere al metal base y es mucho menos porosa que la capa de óxido que se forma en el acero estructural ordinario. El resultado es una tasa de corrosión muy inferior que permite la utilización de estos aceros sin revestimiento.

La tabla que figura a continuación muestra la diferencia entre las propiedades mecánicas del acero estructural al carbono ASTM A36 y el acero estructural de baja aleación y alta resistencia ASTM A588 grado C.

Acero al níquel

Los aceros ferríticos con alto contenido de níquel, típicamente más del 3%, tienen un amplio uso en aplicaciones que implican exposición a temperaturas desde 0 °C hasta -196 °C. Dichas aplicaciones incluyen los depósitos de almacenamiento para gases de hidrocarburos licuados, así como las estructuras y la maquinaria diseñadas para utilizarse en regiones frías. Estos aceros utilizan el efecto del contenido de níquel para reducir la temperatura de transición de impacto, mejorando así la tenacidad a temperaturas bajas.

En los aceros al carbono y en la mayoría de los aceros de baja aleación, a medida que baja la temperatura por debajo de 24 °C (75 °F), aumentan la resistencia y la dureza, mientras que la resistencia a la ductilidad y la tenacidad disminuyen. El níquel mejora la tenacidad a baja temperatura, como se ilustra en los resultados del ensayo de resiliencia Charpy de la Figura 1.

Se aplicó por primera vez en recipientes de contención de oxígeno líquido en 1952, y desde entonces el acero con 9% de níquel se ha utilizado principalmente para el cuerpo interior de los depósitos de GNL. Se escoge en lugar de los aceros inoxidable austeníticos debido a la combinación de gran resistencia y tenacidad a la fractura fiable a temperaturas muy bajas de hasta -196 °C.

Acero maraging

Los aceros maraging son aleaciones de Fe-Ni con bajo contenido de carbono, que contienen ~18% de níquel y adicionalmente son aleados con cobalto, molibdeno, titanio y otros elementos. Estas aleaciones se templean a martensita, lo cual va seguido de un tratamiento térmico de endurecimiento por precipitación a 480-500 °C, que promueve la precipitación de intermetálicos como Ni₃Mo y Ni₃Ti. Estos aceros poseen una alta tenacidad a la fractura y su resistencia a la fatiga de impactos indica que son útiles para situaciones de carga de impacto repetido, como en los componentes electromecánicos. La temperatura de tratamiento térmico relativamente baja produce una distorsión mucho menor que el temple de aceros de baja aleación endurecibles, por lo que son deseables para piezas largas y finas.

Si bien la cantidad de níquel utilizado en estos aceros aleados es menos significativa que en la producción de acero inoxidable, su variedad es amplia y desde el aspecto industrial son posibilitadores importantes.

Para ayudar a los ingenieros y especificadores a determinar el mejor material para su aplicación, el Nickel Institute brinda asesoramiento técnico gratuito.

www.nickelinstitute.org



La siguiente tabla muestra la diferencia en las propiedades mecánicas del acero estructural al carbono ASTM A36 y del acero estructural de baja aleación de alta resistencia ASTM A588 grado C.

GRADO	LÍMITE ELÁSTICO MPa (ksi) mín	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MPa (ksi) mín	% DE ALARGAMIENTO mín
ASTM A36	250 (36)	400 (58)	23
ASTM A588 Gr C	345 (50)	485 (70)	21



GLOSARIO DE TÉRMINOS

Austenita es la estructura atómica del acero que existe por encima de 727°C. Es una solución sólida no magnética de hierro y carbono.

Cementita es un compuesto de hierro y carbono con la fórmula Fe₃C.

A medida que aumenta el contenido de carbono del acero también lo hace la cantidad de cementita y la cantidad de perlita con el consiguiente aumento de resistencia. El aumento del contenido de carbono es la manera más fácil de aumentar la resistencia mecánica y la dureza, pero con el aumento de la resistencia hay una consiguiente disminución de la tenacidad.

Nota: al reducir el tamaño de grano (haciéndolo más fino) también se aumenta la resistencia mecánica sin la consiguiente disminución de la tenacidad.

Ensayo de resiliencia Charpy es una prueba estandarizada que mide la cantidad de energía absorbida por un cupón de metal de tamaño estándar cuando se rompe.

Ferrita es la estructura atómica del acero que existe por debajo de 727°C. La ferrita tiene una solubilidad en carbono inferior a la austenita y, por lo tanto, cuando el acero se enfría por debajo de 727°C el exceso de carbono se aglomera como cementita y se estratifica con la ferrita para formar perlita. Por consiguiente, a temperatura ambiente la microestructura

del acero consta de islas de perlita en ferrita.

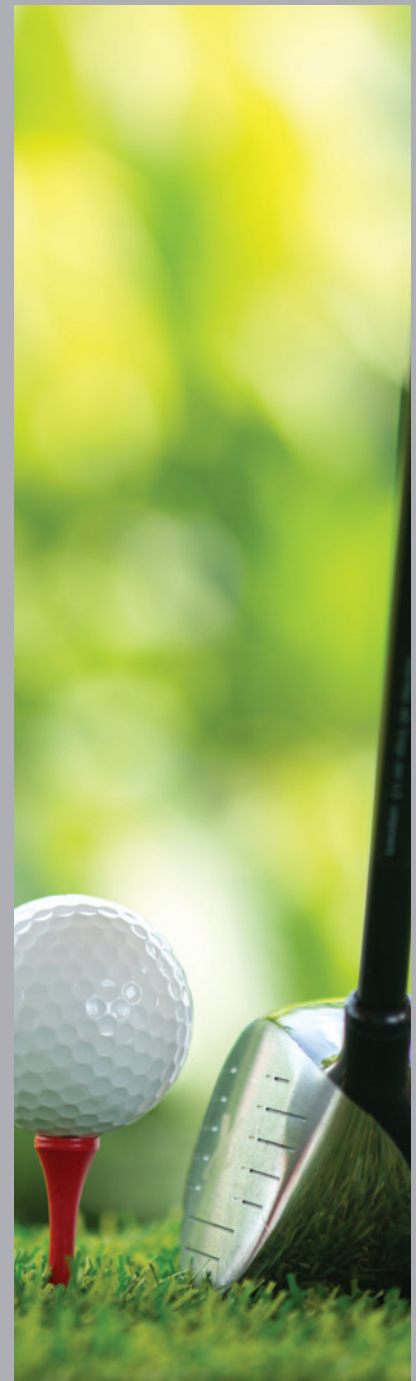
Templabilidad es la capacidad del acero de lograr cierta dureza a una profundidad determinada después del enfriamiento rápido (temple).

Martensita es una estructura magnética de acero formada templando austenita a un ritmo tan elevado que los átomos de carbono no tienen tiempo para difundirse en la estructura cristalina en cantidades lo suficientemente grandes para formar cementita. Como consecuencia del temple, la austenita se transforma en una estructura muy deformada que está sobresaturada de carbono, lo cual aumenta la resistencia mecánica y la dureza.

Perlita es una estructura laminar compuesta de capas alternantes de ferrita y cementita.

Endurecimiento por precipitación es una técnica de tratamiento térmico utilizada para aumentar la resistencia mecánica o la dureza de los metales maleables, promoviendo la formación (precipitación) de una dispersión de partículas finas de compuestos metálicos (intermetálicos) que endurecen la estructura cristalina del metal.

Tenacidad es la capacidad de un material para absorber energía y deformarse plásticamente, resistiendo así a la rotura cuando se somete a tensión.



El acero maraging es un material de alto rendimiento que puede encontrarse en la superficie o en el cabezal entero de los palos de golf de alta calidad.

MEDICAMENTOS, VACUNAS Y ACEROS INOXIDABLES PRODUCCIÓN MÁS ÁGIL Y DIVERSA

GE HEALTHCARE



Arriba: Biorreactor de tanque agitado Xcellerex™ de GE Healthcare

Al permitir una puesta en marcha y un cambio entre campañas de producción rápidos, las tecnologías de un solo uso permiten a los fabricantes adaptarse rápidamente a las necesidades del mercado.

La menor necesidad de la manipulación abierta reduce también el riesgo de contaminación.

La demanda de productos biológicos (medicamentos hechos de moléculas complejas fabricados con microorganismos vivos, plantas o células animales) está creciendo rápidamente.

Para capacidades de producción superiores a 2000-3000 kg/año, los aceros inoxidables al níquel están permitiendo que la producción de medicamentos biológicos sea económicamente viable.

Por debajo de ese nivel de producción, las tecnologías de un solo uso son rentables.

La vía biológica permite la producción de medicamentos más específicos y especializados, con mayor potencia. Esto ha aumentado la variedad pero con series de producción individuales más pequeñas, que a su vez exigen procesos de producción más flexibles para responder con mayor rapidez a los cambios de la demanda.

Ante esto, se ha desarrollado una nueva forma de fabricación con la utilización de biorreactores de un solo uso. Los biorreactores son recipientes para cultivar organismos (levadura, bacterias o células animales) en condiciones controladas. Hechos normalmente de acero inoxidable tipo 304L (UNS S30403) (porque el revestimiento de un solo uso dentro del recipiente está en contacto con el producto), se usan cada vez más en procesos industriales biofarmacéuticos para producir medicamentos biológicos, vacunas, anticuerpos, terapias celulares y génicas y biosimilares.

En biorreactores de un solo uso, los recipientes de apoyo de acero inoxidable están revestidos de polietileno de tipo médico para la producción de un lote de cierta molécula. Los revestimientos se desechan después de la producción

de cada lote. Esto significa que puede usarse el mismo equipo de producción de acero inoxidable para la fabricación de moléculas diferentes en pequeños lotes. En el pasado, para cambiar de un producto a otro, el equipo de producción tenía que limpiarse a fondo o era preciso construir un equipo nuevo. En biotecnología, cuando evitar la contaminación es de suma importancia, el proceso de limpieza puede durar de tres a cuatro días y utilizar enormes cantidades de agua. El revestimiento extraíble elimina o minimiza la cantidad de limpieza del equipo antes de empezar otro lote de un compuesto totalmente diferente; así se aumenta la tasa de utilización del equipo y se reduce el tiempo de inactividad.

El futuro de los biorreactores de un solo uso

De cara al futuro, con el crecimiento continuo previsto de la demanda de nuevos medicamentos y productos químicos, pero volúmenes de producción más pequeños, la utilización de los biorreactores de un solo uso permite que la fabricación flexible y los sistemas más pequeños sean cada vez más prácticos y apropiados. Debido a las ventajas que ofrecen los biorreactores de un solo uso



Izquierda: Biorreactor de tanque agitado Xcellerex™ de GE Healthcare

en cuanto a la reducción de la limpieza, la reducción de la esterilización por vapor, los menores costos de los servicios, el diseño flexible de la instalación y la mejora de la rentabilidad del capital, estos biorreactores también permiten que se construyan más instalaciones en los mercados emergentes, permitiendo así la producción distribuida.

El grado más común

Para todas las formas de fabricación de fármacos, la seguridad, la pureza y la potencia de los productos son esenciales. El acero inoxidable al níquel es un

material importante y rentable en los equipos de fabricación de medicamentos, proporcionando a la maquinaria y a los tubos superficies lisas, fáciles de limpiar y desinfectar y, si es necesario, descontaminar. Típicamente, en el sector farmacéutico, los grados más comunes son el acero inoxidable tipo 316 (S31600) para el equipo de procesamiento en contacto con los reactivos, y el acero inoxidable tipo 304 (S30400) para las estructuras de apoyo. Ambos se fabrican de manera sencilla en la compleja maquinaria de procesos. Ni

FlexFactory lidera con el ejemplo

Los productos biofarmacéuticos son medicamentos a base de proteínas que se usan cada vez más para tratar muchas enfermedades como cánceres, artritis reumatoide, diabetes y trastornos de coagulación de la sangre. La demanda mundial de estos tipos de medicamentos está creciendo rápidamente, impulsada por el envejecimiento de la población mundial y el paso a tratamientos de precisión específicos. Ante esto, Parrish Galliher, Director Tecnológico de Bioprocesos Previos de la división de Ciencias de la Vida de GE Healthcare, ha sido el primero en aplicar la FlexFactory, basada en tecnologías modernas de un solo uso, que ofrece a los productores un acceso rápido a los procesos de biofabricación clave, los cuales pueden adaptarse a cualquier instalación nueva o existente. Asimismo da a los fabricantes la flexibilidad de modificar procesos individuales a medida que cambian las necesidades de producción, o incluso de desarrollar una línea de producción totalmente nueva en un plazo de nueve a doce meses. “Antes había que empezar a construir una planta con cinco años de antelación porque se tardaba ese tiempo en la construcción, y cinco años es una eternidad en la biotecnología”, explica Galliher. “Los medicamentos empiezan a usarse y entran en desuso por diversas razones, y en realidad la mitad de la instalaciones quedaban obsoletas cuando se terminaban; así es el ritmo de cambio en la industria”.

Los biorreactores de un solo uso tienen varias ventajas:

- *reducen la necesidad de procedimientos de validación de limpieza y esterilización costosos y largos entre lotes,*
- *reducen los residuos sólidos,*
- *contribuyen a aumentar la capacidad de producción anual,*
- *reducen los costos de capital y operaciones,*
- *aumentan la velocidad y la flexibilidad para establecer el proceso, permitiendo una puesta en marcha y un cambio entre campañas de producción rápidos,*
- *permiten una reacción más veloz a las necesidades de mercado rápidamente cambiantes, y*
- *minimizan el riesgo de contaminación debido a que todos los componentes que entran en contacto con el material del proceso están encerrados en unidades desechables.*

LA CARRERA PARA APOYAR BATERÍAS DE “VE” DE MAYOR DURACIÓN



MCLAREN AUTOMOTIVE LIMITED

“De alguna forma McLaren parece haber logrado lo imposible aumentando el número de celdas por coche de 165 a 209, ampliando los límites del peso, y casi duplicando la densidad de energía.”

Muchos tienen curiosidad por saber cómo lo han logrado.”

—Global Mining Observer

La Fórmula E está atrayendo la atención de los fabricantes de automóviles más grandes del mundo. Concebida en 2011 y lanzada en Beijing en septiembre de 2014, el público de los campeonatos de coches totalmente eléctricos de Fórmula E ha aumentado rápidamente hasta 200 millones, las velocidades han subido también de 220 kph a 299 kph (de 137 mph a 186 mph) y la autonomía ha aumentado más del doble.

La innovación en las baterías es la impulsora de esos aumentos

Cada equipo de Fórmula E debe usar la misma tecnología de baterías, originalmente baterías de iones de litio con capacidad de 28 kWh. Williams recibió el encargo de fabricar las primeras baterías, y ahora se ha contratado a McLaren Applied Technologies para que las suministre, creando una nueva batería que casi ha duplicado la cantidad de energía utilizable hasta 54 kWh, así que los pilotos pueden completar la distancia entera de la carrera en un solo coche. Como en el caso de las baterías Williams, la composición química dentro de las baterías de Fórmula E de McLaren es un secreto técnico muy protegido, pero una posibilidad es que McLaren esté usando un diseño con alto contenido de níquel para una mejor densidad de energía, con una composición química de 8-1-1, usando ocho partes de níquel por cada parte de cobalto y manganeso.

Pueden pasar años hasta que se conozca el secreto de la batería de McLaren, así que hasta entonces, se trata de disfrutar de este deporte apasionante y de inspiración innovadora.

Ni

NICKEL

REVISTA DIGITAL

WWW.NICKELINSTITUTE.ORG

SUSCRÍBASE gratis a la revista *Nickel*. Recibirá un ejemplar impreso o un aviso por correo electrónico cada vez que se publique un nuevo número. www.nickelinstitute.org

LEA la revista digital *Nickel* en varios idiomas. www.nickelinstitute.org/library/

CONSULTE LOS NÚMEROS ANTERIORES de la revista *Nickel*, desde julio de 2009, en nuestra hemeroteca digital.

www.nickelinstitute.org/library/

SÍGANOS en Twitter @Nickellnstitute



CONÉCTESE en LinkedIn: visite la página del Nickel Institute



VEA videos sobre el níquel en el canal del Nickel Institute en YouTube



www.youtube.com/user/Nickellnstitute

NUEVAS PUBLICACIONES

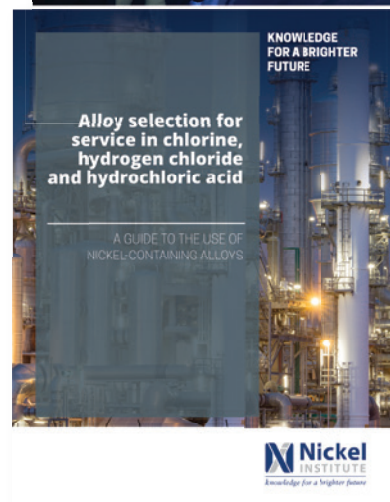
El Nickel Institute ha publicado dos guías técnicas recién revisadas para asistir en la utilización eficaz de materiales que contienen níquel.

Las Directrices para la fabricación soldada de aleaciones de níquel para servicio resistente a la corrosión (11012) constituyen una guía útil para soldadores, ingenieros de materiales e ingenieros de diseño. Para el soldador, muestra un enfoque práctico que resulta útil para los no ingenieros. Para el ingeniero de materiales, es una referencia útil que ofrece descripciones de los diversos tipos de aleaciones de níquel y sus características metalúrgicas y trata las inspecciones no destructivas que son útiles para asegurar la calidad de la fabricación. Para el ingeniero de diseño, trata las consideraciones de diseño para optimizar el rendimiento frente a la corrosión de aleaciones de níquel y el uso de capas resistentes a la corrosión

aplicadas mediante recubrimiento por soldadura, revestimiento de láminas y chapas revestidas.

Selección de aleaciones para servicio en cloro, cloruro de hidrógeno y ácido clorhídrico (10020), examina el efecto corrosivo del cloro, del cloruro de hidrógeno y del ácido clorhídrico con una gama de materiales, incluidos los aceros, aceros inoxidables, aleaciones a base de níquel, aleaciones a base de cobre, titanio, circonio y tántalo en varias condiciones. Esta publicación técnica del Nickel Institute totalmente revisada constituye una guía útil para los ingenieros de materiales.

Puede descargarse gratuitamente en www.nickelinstitute.org



Ni

Detalles del UNS Composiciones químicas (en porcentaje en peso) de las aleaciones y los aceros inoxidables mencionados en este número de la revista Nickel.

UNS	Al	C	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	N	Ni	P	S	Si	Ti	V
S30400 p. 13	-	0.03 máx.	-	18.0- 20.0	-	bal.	2.00 máx.	-	0.10 máx.	8.0- 12.0	0.045 máx.	0.030 máx.	0.75 máx.	-	-
S30403 p. 12	-	0.08 máx.	-	18.0- 20.0	-	bal.	2.00 máx.	-	0.10 máx.	8.0- 10.0	0.045 máx.	0.030 máx.	0.75 máx.	-	-
S31600 p. 13, 16	-	0.08 máx.	-	16.0- 18.0	-	bal.	2.00 máx.	-	0.10 máx.	10.0- 14.0	0.045 máx.	0.030 máx.	0.75 máx.	-	-
S32304 p. 2	-	0.03 máx.	-	21.5- 24.5	0.05- 0.60	bal.	2.50 máx.	0.05- 0.60	0.05- 0.20	3.0- 5.5	0.040 máx.	0.030 máx.	1.00 máx.	-	-
S32205 p. 6	-	0.030 máx.	-	22.0- 23.0	-	bal.	2.00 máx.	3.00- 3.50	0.14- 0.20	4.50- 6.50	0.030 máx.	0.020 máx.	1.00 máx.	-	-
G43400 p. 8	-	0.37- 0.43	-	0.70- 0.90	-	bal.	0.60- 0.80	0.20- 0.30	-	1.65- 2.00	0.035 máx.	0.040 máx.	0.15- 0.30	-	-
H43200 p. 8	-	0.17- 0.23	-	0.35- 0.65	-	bal.	0.40- 0.70	0.20- 0.30	-	1.55- 2.00	0.035 máx.	0.040 máx.	0.15- 0.30	-	-
T30109 p. 8	-	0.45- 0.55	-	4.75- 5.50	0.25 máx.	bal.	0.5 máx.	1.30- 1.80	-	1.25- 1.75	0.03 máx.	0.03 máx.	0.95- 1.15	-	0.80- 1.40
T51606 p. 8	-	0.05- 0.15	-	1.25- 1.75	0.25 máx.	bal.	0.35- 0.70	-	-	3.25- 3.75	0.03 máx.	0.03 máx.	0.10- 0.40	-	-
K11538 p. 8	-	0.15 máx.	-	0.30- 0.50	0.20- 0.50	bal.	0.80- 1.35	-	-	0.25- 0.50	0.04 máx.	0.05 máx.	0.15- 0.30	-	0.001- 0.10
K81340 p. 8	-	0.13 máx.	-	-	-	bal.	0.90 máx.	-	-	8.5- 9.5	0.035 máx.	0.040 máx.	0.15- 0.30	-	-
K93120 p. 8	0.05- 0.15	0.03 máx.	8.5- 9.5	0.5- máx.	0.5 máx.	bal.	0.10 máx.	4.6- 5.2	-	18.0- 19.0	0.010 máx.	0.010 máx.	0.10 máx.	0.5- 0.8	-



STORELGEN, EL IMPONENTE ALCE



La fabricación de Storelgen duró seis meses y fue enviado por piezas desde China.

Es 50 cm más alto que Mac el Alce de Canadá.

En la carretera E3 en Noruega, un majestuoso alce se eleva 10.3 metros y mide 11.5 metros de largo, lo que lo convierte en la escultura de alce más grande del mundo. El gigantesco alce, conocido como “Storelgen” (el gran alce), viene además con enormes heces de alce esparcidas por la zona de picnic para regocijo de los cansados viajeros.

El sitio se eligió para dar a los conductores un motivo para detenerse y estirar las piernas y como recordatorio de estar atentos a la fauna del lugar. Tan solo en 2015 más de 1000 alces fueron atropellados por vehículos, antes de que se erigiera Storelgen en octubre de ese año.

Storelgen fue creado por la artista noruega Linda Bakke en colaboración con la Administración de Carreteras Públicas

Noruegas y costó aproximadamente US \$236,000. La estatua se fabricó en China utilizando un acero inoxidable tipo 316 (UNS S31600) con acabado pulido de espejo “para que la estatua dure lo más posible y requiera el mínimo mantenimiento”, dice la artista. “Y también era un objetivo superar a Mac el Alce de Canadá y ser la escultura de alce más grande del mundo, y la más bonita”.

NI