NICKEL REVISTA

LA REVISTA DEDICADA AL NÍQUEL Y SUS APLICACIONES

NICKEL, VOL. 35, NÚM. 3, 2020

En los extremos el níquel amplía el alcance

En control a temperaturas bajo cero

La innovación impulsa a los vehículos eléctricos a llegar más lejos

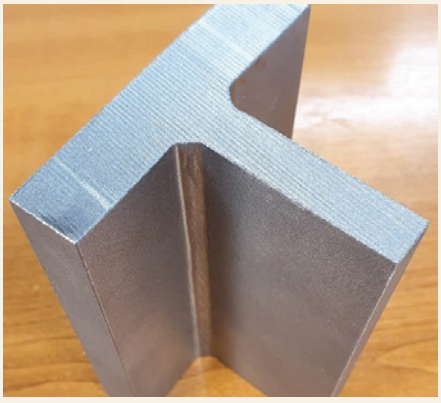
Las aleaciones de níquel en el espacio resistentes al calor y al frío

DAVID LEVENE POR WILLIAM MATTHEWS ASSOCIATES

ESTUDIO DE CASO 20
PUENTE DE TINTAGEL

El puente de Tintagel fue diseñado por Ney & Partners (Arquitectos e ingenieros estructurales principales) y William Matthews Associates (Coarquitectos). El contratista de las estructuras de acero fue Underhill Engineering Ltd. y el contratista principal American Bridge. El Instituto de Construcción con Acero (SCI) y Arup Materials estudiaron la corrosividad del sitio y proporcionaron asesoramiento en la selección de materiales.

MILLSTOCK STAINLESS



Las secciones en T dúplex hechas a medida fueron suministradas por Millstock Stainless y fabricadas por Montanstahl, Suiza.

Las ruinas alrededor del Castillo de Tintagel en Cornwall, Inglaterra, han estado vinculadas durante mucho tiempo a la leyenda del Rey Arturo y los Caballeros de la Mesa Redonda. Algunas de las ruinas están situadas en un promontorio, separadas del continente por un estrecho desfiladero con acantilados rocosos y escarpados. Hasta hace poco, cruzar este desfiladero implicaba tomar un difícil camino por un acantilado para llegar a un corto puente peatonal y luego subir por un sendero similar en el otro lado.

Una pasarela terminada en 2019 atraviesa ahora el desfiladero a una mayor altura. Este nuevo puente consta de dos secciones en voladizo que se encuentran en lo alto del desfiladero.

Debido a los estrechos carriles que conducen al sitio y a las limitaciones de los equipos de elevación, se eligió un diseño ligero en acero. Seis secciones prefabricadas manejables fueron ensambladas en el sitio para cada viga voladiza.

A fin de proporcionar una durabilidad a largo plazo en este entorno marino, así como una alta resistencia y un aspecto brillante, los elementos importantes del puente se fabricaron con 20 toneladas de acero inoxidable 2205 dúplex que contiene níquel (UNS S32205).
Se utilizó para las diagonales que unen las cuerdas superiores e inferiores, las vigas transversales, el refuerzo del tablero del puente y el parapeto, así como para dos pasadores de alineación del tablero de 50 mm de diámetro x 430 mm, los bloques de conexión mecanizados para las secciones en voladizo, las barras pulidas (30-65 mm de diámetro) que unen las cuerdas superiores e inferiores del puente, las bandejas para sujetar las tejas de pizarra del tablero del puente y los componentes pulidos de la balaustrada. Además, se utilizaron alrededor de 2.7 toneladas de secciones en T soldadas por láser híbridas desiguales hechas a medida (272 barras de 70 mm de alto x 60 mm de alto).

Este elegante puente, de 66 m de largo y 2.4 m de ancho, permite un acceso mucho más fácil a los visitantes que vienen cada año a descubrir la leyenda del Rey Arturo. Ni

EDITORIAL:
EL NÍQUEL EN LOS EXTREMOS

El año pasado fue un año de extremos. Casi todos hemos tenido que enfrentarnos de una forma u otra a los desafíos que ha presentado. Operar en los extremos, en el punto más alejado de lo que conocemos como «normal», nos resulta ahora muy reconocible. ¡Y no todo está a la altura de las expectativas en esas condiciones!

ex·tremo
/ek' strēmo/
Ver definiciones en:
Política Lógica
adjetivo
1. que alcanza un alto nivel o el más alto; sumo.
«frío extremo»
Similar: más lejano sumo enorme mayor
2. más alejado del centro o de un punto determinado; ultraperiférico.
«extremo noroeste de Escocia»
Similar: más lejos máximo más alejado más remoto

Y así es en la ingeniería y el diseño. Al cumplir nuestros objetivos para la aportación de soluciones que satisfagan las necesidades humanas y las crecientes expectativas, al alcanzar el extremo y explorar nuevas posibilidades, al hacerlo con un trasfondo de mayor sostenibilidad, una vida más larga y un costo menor, el níquel siempre está ahí.

En esta edición de *Nickel* examinamos algunas de las demandas a las que se enfrentan los materiales y las respuestas encontradas en el níquel. Desde soportar las temperaturas extremas en las reacciones químicas y la generación de energía, hasta la resistencia en las condiciones extremas árticas o marinas, el níquel, que permite la durabilidad y la capacidad, posibilita una vida de ciclo extrema para las células de energía con la perspectiva de la batería de «un millón de millas» para la próxima generación de vehículos eléctricos. E incluso las aleaciones de níquel que funcionan en los extremos de nuestro universo. La vida en Marte solo será posible con materiales que contengan níquel para manejar las condiciones de baja temperatura en el planeta rojo.

Volviendo a la Tierra, parte de los esfuerzos del Nickel Institute es ayudar a los ingenieros y a los especialistas en materiales a especificar materiales que contienen níquel con confianza. Estamos constantemente actualizando nuestra extensa biblioteca de publicaciones técnicas disponibles gratuitamente para ayudar a lograr este objetivo. Nuestra última publicación sobre sistemas de enfriamiento por agua de mar aparece en la página 15.

Cualesquiera que sean las grandes incertidumbres para el próximo año, una certeza es que el níquel contribuirá a superar muchos de nuestros desafíos actuales de manera segura, limpia y con fuerza y propósito.

Clare Richardson
Editora, *Nickel*

© INTERNATIONAL POLAR FOUNDATION - RENÉ ROBERT

La estación de investigación Princess Elisabeth resiste las condiciones extremas de la Antártida con su fachada de acero inoxidable 304L que contiene níquel, elegida por su fuerza y resistencia muy por debajo de los 60 °C bajo cero.

ÍNDICE

02 **Estudio de caso n.º 20**
El puente de Tintagel

03 **Editorial**
En los extremos

04 **Actualidades de Nickel**

06 **La batería de «un millón de millas»**
Cátodos de cristal simple que contienen níquel

08 **Temperaturas bajo cero**
En control con el acero inoxidable

11 **Calor extremo**
El níquel lo aguanta

12 **En los extremos**
Las aleaciones de níquel en el espacio

14 **Preguntas y respuestas técnicas**
Las agujas hipodérmicas y la alergia al níquel

15 **Steve Barnett**
1954-2020

15 **Nueva publicación**
Sistemas de enfriamiento por agua de mar

15 **Detalles UNS**

16 **Prepararse para el futuro**
Restauración de la torre de vigilancia contra incendios de Harlem

La revista Nickel es una publicación del Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Dr. Hudson Bates, Presidente
Clare Richardson, Editora

communications@nickelinstitute.org

Colaboradores: Parvin Adeli, Gary Coates, Catherine Houska, Richard Matheson, Geir Moe, Kim Oakes, Ken Rudisuela, Frank Smith, Benoît Van Hecke, 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

Portada: © International Polar Foundation - René Robert
Créditos de imágenes de Stock:
pág. 6 iStock©Jae Young Ju

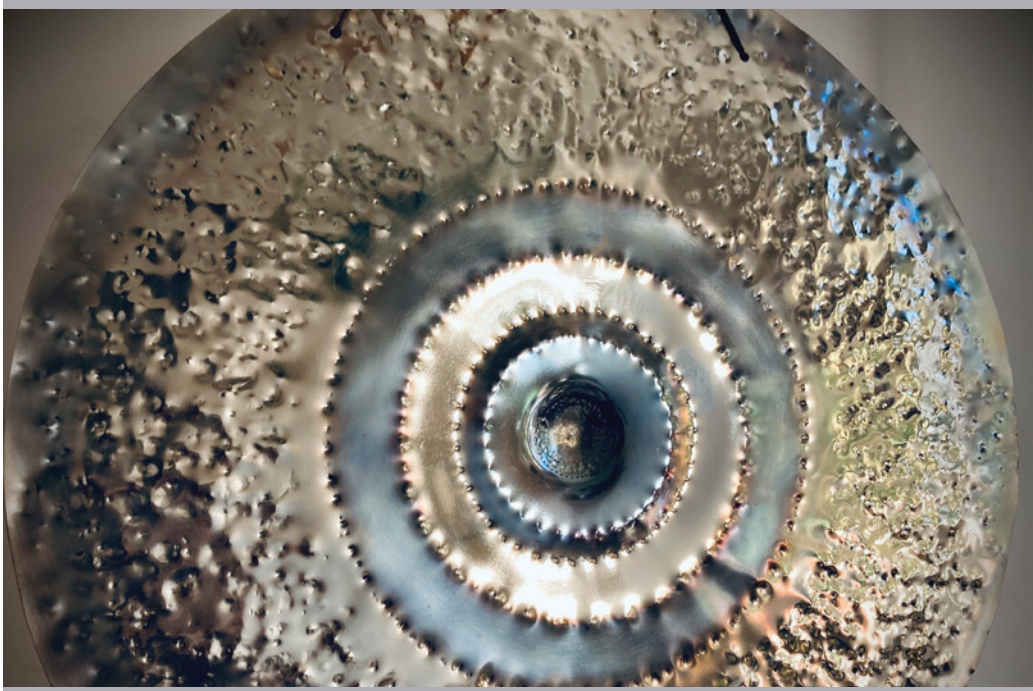
NICKEL

ACTUALIDADES

Un sonido fascinante

El fabricante británico de gongs Philip James (sonidos de Turiya) usa alpaca para crear todos sus instrumentos. «El sonido de un gong es totalmente distinto a cualquier otro —explica Philip—. Ayuda a uno a alcanzar un estado de conciencia profundamente meditativo y trascendido». La alpaca es un material ideal para fabricar gongs y tiene una capacidad de resonancia de sonido insuperable. «La primera vez que oí tocar un gong, me llevó a un lugar tan mágico —dice Philip—, que he estado fascinado por ellos desde entonces». La empresa británica Columbia Metals suministró láminas de 0.8 mm a 1.6 mm de espesor de NS104 (UNS C75700) que contienen un 12 % de níquel y tienen una resistencia a la corrosión y al deslustre muy superior a la de los latones normales. «Cuando se trata de hacer gongs, no hay nada como la alpaca —dice Philip—, es increíble».

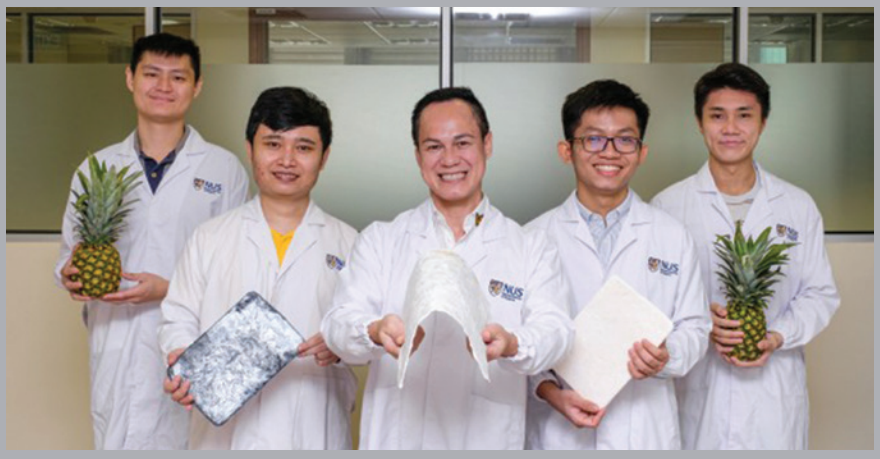
PHILIP JAMES



El magnetismo productivo de las plantas

La savia distintiva de color azul verdoso neón es un signo del níquel, hasta un 25 %, en plantas raras a las que les encantan las altas concentraciones de metal, con raíces que lo atraen como un imán. Hasta la fecha, se han descubierto alrededor de 700 hiperacumuladoras en todo el mundo, y los estudios de campo han examinado su capacidad para prosperar en suelos ricos en metal. Estas plantas pueden ser sometidas a un proceso de fitominería, cosechando la savia y procesándola para extraer níquel puro o para fabricar productos químicos de níquel que son adecuados para usos como la galvanoplastia. Si bien las operaciones mineras convencionales son mucho más viables económicamente para extraer metales de depósitos de alto grado, el nicho de la fitominería serían los depósitos superficiales de bajo grado que se encuentran en suelos ultramáficos en regiones más tropicales como Cuba, Nueva Caledonia, Australia y Malasia. Una vez que ha sido sometido a un proceso de fitominería, se ha observado que el suelo es considerablemente más fértil y está listo para la producción de cultivos alimentarios.

ANTONY VAN DER ENT



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SINGAPUR

Supraciclaje de la hoja de piña

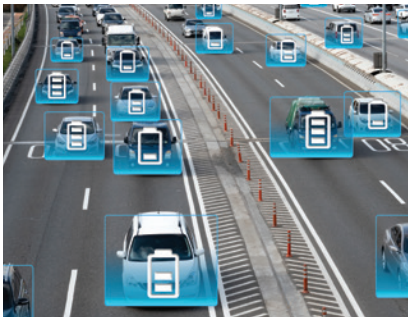
Es una nueva idea que convertirá toneladas de residuos de piña anualmente en un aerogel multiuso, ultraligero y de bajo costo. Investigadores de la Universidad Nacional de Singapur (NUS) han encontrado d un método de utilizar las fibras de las hojas de la piña, recubiertas con un producto químico llamado dietilentriamina (DETA), para crear aerogeles ecológicos que pueden eliminar cuatro veces más iones de níquel de las aguas residuales industriales en comparación con los métodos convencionales. El profesor asociado Duong Hai-Minh, que dirige el equipo, dice: «Debido a su alta porosidad, los aerogeles ecológicos son muy eficientes en la eliminación de iones metálicos, incluso en soluciones diluidas en las que la cantidad de iones metálicos es baja. El proceso de tratamiento es simple, más barato y no genera residuos secundarios. Los aerogeles ecológicos también pueden desorber los iones metálicos y ser reutilizados varias veces, reduciendo aún más los costos». Habiendo desarrollado varias otras aplicaciones útiles, este proyecto de cuatro años de duración ha dado «un gran paso hacia la agricultura sostenible y la gestión de desechos».

CWTEC

En la nariz

¿Conoce la sensación de que una mascarilla de protección contra la COVID mal ajustada empañe sus lentes? El níquel está ayudando a remediar esto a la vez que ofrece comodidad invisible. La empresa alemana cwTec utiliza una fina tira de acero inoxidable que contiene níquel de Norder Band AG para un ajuste perfecto de las mascarillas en los profesionales médicos y los trabajadores de primera línea que usan lentes y necesitan ver con claridad en todo momento. Además de su facilidad de abastecimiento y la ausencia de reacciones alérgicas, la tira de acero inoxidable puede reciclarse junto con los demás materiales de los que está hecha la mascarilla. Todo un logro para apenas un gramo de acero inoxidable con níquel.

UNA NUEVA SOLUCIÓN CRISTALINA
LA INNOVACIÓN QUE IMPULSARÁ A LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS A MAYORES DISTANCIAS



La superación de la ansiedad por la autonomía es una prioridad para los fabricantes de vehículos eléctricos y los creadores de baterías. El profesor Jeff Dahn de la Universidad de Dalhousie y su equipo del Departamento de Física y Ciencias Atmosféricas de Nueva Escocia (Canadá) han estado trabajando en una tecnología de cristal simple de vanguardia que está demostrando ser una solución prometedora para este desafío.

«Nuestro objetivo es ayudar a reducir el costo, aumentar la densidad de energía y mejorar la vida útil de las células de iones de litio», dice Jeff, que ha sido reconocido como uno de los creadores pioneros de las baterías de iones de litio que se utilizan actualmente en todo el mundo en computadoras portátiles y teléfonos celulares.

A través de pruebas de laboratorio, han demostrado cómo la tecnología de cristal simple en cátodos que contienen níquel resiste las microfisuras que se producen con los materiales de electrodos típicos.

Dahn explica: «Las partículas típicas de los cátodos están generalmente orientadas en direcciones aleatorias. Durante el ciclo, cuando el litio se inserta repetidamente entre las capas del cátodo y luego se extrae, el volumen cambia. Y este cambio no es el mismo en todas las direcciones. Los cambios en la dirección perpendicular a las capas son grandes. Así que, si dos partículas primarias se

Cuando se le preguntó sobre el origen del término de la batería de «un millón de millas», Dahn dice, «Esto simplemente surgió de nuestro trabajo. Publicamos un artículo, y una frase del resumen decía, "demostramos que las baterías como esta podrían alimentar vehículos eléctricos durante un millón de millas". Eso cautivó la imaginación de los medios de comunicación».

DANNY ABRIEL DE LA UNIVERSIDAD DALHOUSIE

tocan, se produce este desajuste de volumen que puede llevar a la microfisuración de la partícula en muchos trozos pequeños. En consecuencia, se pierde el contacto eléctrico y se empieza a perder el acceso a la masa activa del cátodo a través de ese proceso.

Una partícula de un cristal simple, por el contrario, es un cristalito que puede ser una partícula de dos o tres micrones. Es un cristal simple entero donde no hay límites de grano, así que todo se expande y se contrae como una unidad. Eso significa que mantener una conexión eléctrica con estas partículas a medida que se expanden y se contraen es relativamente fácil de hacer. El uso de un cristal simple permite mantener una conexión del 100 % con la masa activa del cátodo durante todo el ciclo de carga y descarga. Es muy emocionante».

El equipo de Dalhousie está trabajando en varios cátodos de cristal simple que contienen níquel y que tienen la ventaja de tolerar un extenso ciclo y al mismo tiempo se benefician de una alta densidad de energía. Dahn y su equipo publicaron un artículo en el Journal of The Electrochemical Society, donde concluyen «que las células de este tipo deberían ser capaces de alimentar un vehículo eléctrico durante más de 1.6 millones de kilómetros (1 millón de millas) y durar al menos dos décadas en el almacenamiento de energía de la red».

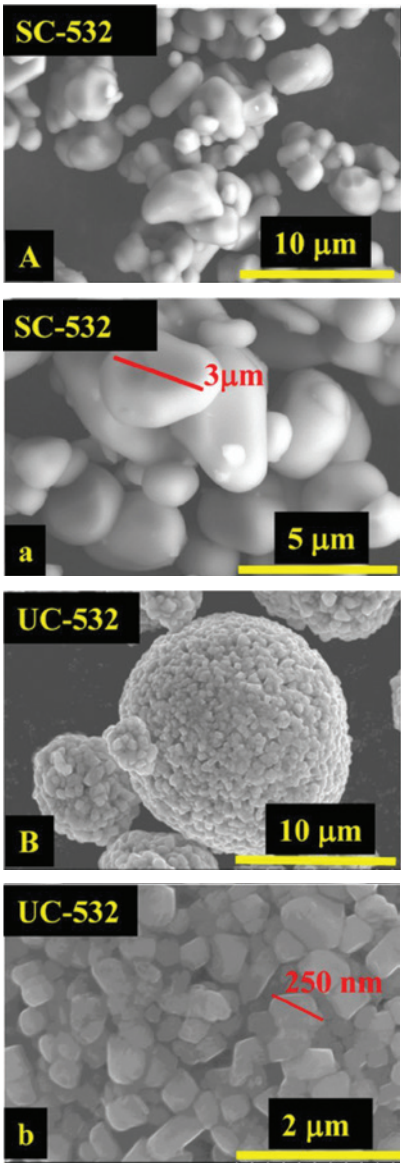
20 años de vida útil

Lo bueno es que esto permitiría que las baterías de los vehículos eléctricos duren tanto tiempo como el vehículo eléctrico que alimentan. Además, el cambio a cristal simple no aumenta el costo notablemente.

«Cuando creamos cristales simples en nuestro laboratorio, lo único que hacemos es cambiar un poco en el lado del precursor y luego aplicar un tratamiento térmico a una temperatura ligeramente más alta para hacer crecer los cristales simples. No hay nada fundamentalmente diferente en todo el proceso de síntesis».

El premio final es la batería de «un millón de millas».

«Esto demuestra que la realización de pruebas de larga duración tiene valor. Algunas de las células que se destacan en este artículo de la batería de un millón de millas todavía están en período de prueba. Las estaba mirando el otro día. Con más de tres años de funcionamiento, las células de temperatura ambiente están ahora a unos 9500 ciclos (que es muy por encima de un millón de millas de conducción) con menos del 10 % de pérdida, por lo que son bastante increíbles». Ni

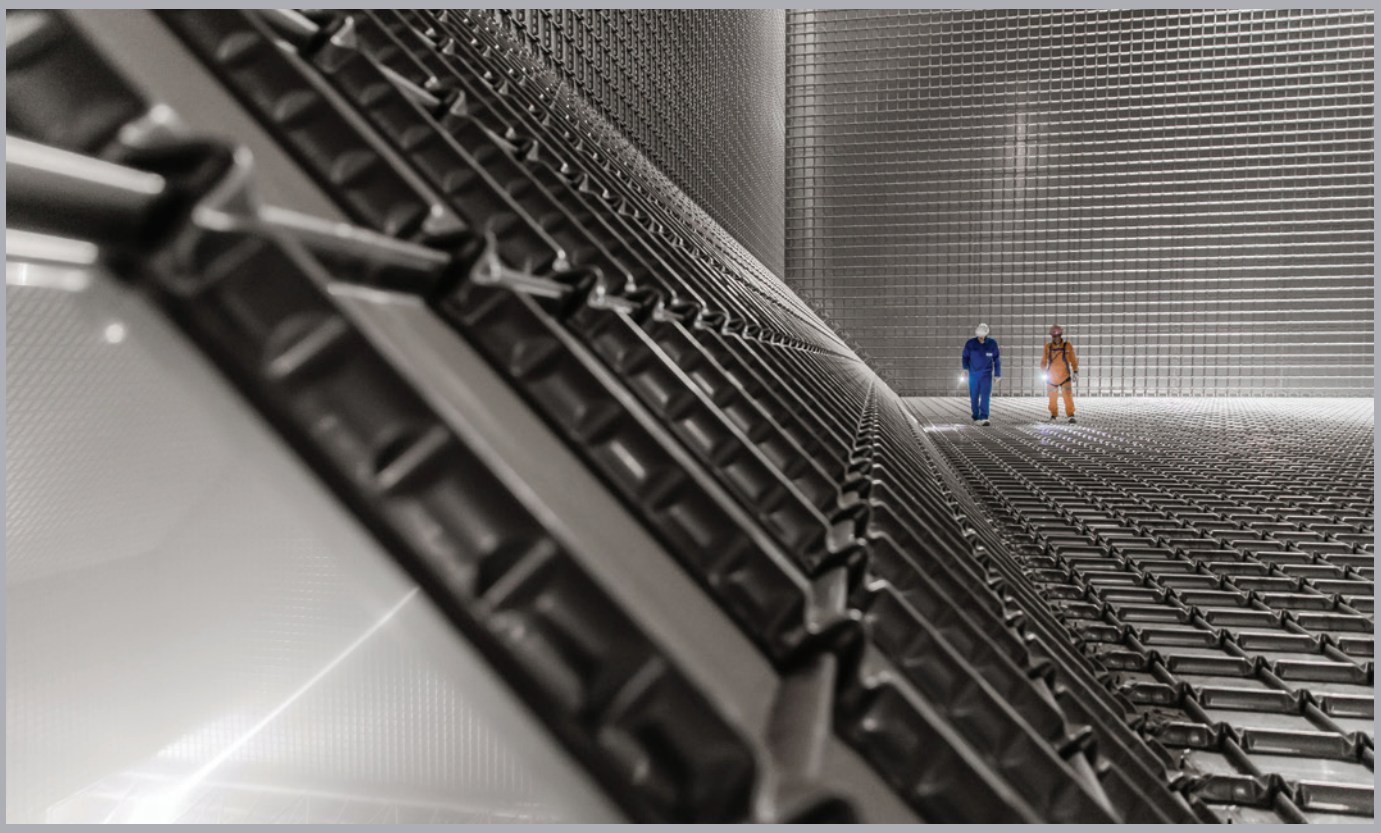


(A, a),
Imágenes SEM de un material comercial de cristal simple Li[$Ni_{0.5}$ $Mn_{0.3}$ $Co_{0.2}$]O_2 (NMC532) (llamado SC-532) con un gran tamaño de grano de ~3 µm [1].

(B, b)
Imágenes SEM de un policristalino comercial (NMC532) sin recubrimiento (UC-532) [1].

[1] Li J., Cameron A. R., Li H., Glazier S., Xiong D., Chatzidakis m., Allen J., Botton G. A. y Dahn J. R. 2017 *J. Electrochem. Soc.* **164** 1534

UN CASO APASIONANTE DE CONTROL DEL NÍQUEL **A TEMPERATURAS BAJO CERO**



©ROLAND MOURON

Interior de un buque cisterna de GNL que muestra el sistema de contención de carga Mark III de acero inoxidable diseñado por GTT.

A medida que hace más frío, e incluso se alcanza la temperatura de congelación, tendemos a perder el control de las cosas. Ya sean personas o vehículos, todos hemos estado en esa pendiente resbaladiza. ¿Pero cómo nos permite el níquel controlar la tecnología cuando el termómetro desciende ominosamente hacia el mínimo absoluto?

Los materiales para las temperaturas bajo cero

Los aceros inoxidables austeníticos (típicamente con 7 a 25 % de níquel) exhiben una excelente tenacidad a temperaturas muy bajas (criogénicas). La tenacidad es la capacidad de un material de absorber energía sin romperse, y es esencial en muchas aplicaciones de ingeniería. Los aceros de construcción tienen buena tenacidad a temperatura ambiente, pero al disminuir la temperatura, la estructura ferrítica se vuelve progresivamente más quebradiza, lo que hace que estos

aceros sean inadecuados para el servicio a temperaturas criogénicas. Por el contrario, los aceros inoxidables austeníticos comunes que contienen níquel conservan una buena tenacidad incluso a temperaturas de helio líquido.

Una segunda familia de materiales que exhibe buenas propiedades criogénicas es la de los aceros con aleación de níquel. La adición del 1.50 al 9.00 % de níquel a una matriz de acero, junto con un tratamiento térmico adecuado, confiere la tenacidad y resistencia necesarias a temperaturas de -60 °C a -200 °C. Sin embargo, sin cromo en la mezcla, estos aceros no son intrínsecamente resistentes a la corrosión, como los aceros inoxidables.

Servicio en el Ártico

Las zonas árticas pueden ser lugares difíciles para contratar personal, soldar metal y llevar y traer mercancías. El factor más crítico con respecto a los aceros para el servicio en el Ártico es la temperatura. Las temperaturas de -50 °C o inferiores no son una excepción y están por debajo de la temperatura de transición de dúctil a quebradizo para la mayoría de los aceros estructurales de carbono y manganeso utilizados para la construcción en los campos petrolíferos del Ártico.

Otros factores que determinan la selección de materiales para el servicio en el Ártico en la industria del petróleo y el gas son la resistencia a la corrosión y la soldabilidad. La primera no es tan importante para las aplicaciones estructurales como para la producción y el transporte de petróleo y gas corrosivos. Es importante que las soldaduras conserven la mayor resistencia a la fractura del metal base utilizado para el servicio en el Ártico. Si la soldadura tiene una resistencia inferior, se producirá una fractura independientemente de la calidad del metal base.

Otro ejemplo proviene de la infraestructura científica en la Antártida, donde se erigió una estación de investigación belga en 2008. La fachada está hecha de paneles de acero inoxidable 304L (UNS S30403) de 1.50 mm. Se eligió este material porque el acero inoxidable austénico (304L) sigue demostrando suficiente resistencia y tenacidad incluso por debajo de los -60 °C.

GNL

A medida que la demanda de energía crece constantemente y el transporte y almacenamiento de energía se vuelven cada vez más cruciales, el gas natural licuado (GNL) se ve atractivo, debido a su relación entre el volumen y la densidad energética. El volumen de gas natural en estado líquido es unas 600 veces menor que su volumen en estado gaseoso en un gasoducto de gas natural. El proceso de licuefacción permite transportar el gas natural a lugares en los que no hay gasoductos de gas natural e incluso utilizar el gas natural como combustible de transporte. Nada de esto sería posible sin el níquel, ya que el gas natural sólo se vuelve líquido por debajo de los -163 °C.

	TEMPERATURA MÍNIMA DE SERVICIO					
	-273 °C	**-196 °C**	**-130 °C**	**-101 °C**	**-60 °C**	**-60 °C**
Datos técnicos	ASTM 304L EN 10088-1	ASTM A353/ A553 EN 10028-4	ASTM A645 EN10028-4	ASTM A203GrE EN 10028-4	ASTM A203GrB	EN10028-4
Tipo de acero	Acero inoxidable austenítico	Acero al 9 % de níquel	Acero al 5 % de níquel	Acero al 3.5 % de níquel	Acero al 2.5 % de níquel	Acero al 1.5 % de níquel
Aplicación típica de almacenamiento	Nitrógeno, hidrógeno, helio	GNL, oxígeno, argón	Etileno (LEG)	Dióxido de carbono, acetileno, etano	Amoníaco, propano, disulfuro de carbono	Amoníaco, propano, disulfuro de carbono

Aumento del contenido de níquel

Disminución de la temperatura de almacenamiento

TWI – GENE MATHERS

© INTERNATIONAL POLAR FOUNDATION - RENÉ ROBERT

Estación Princess Elisabeth, Antártida. La fachada está hecha de paneles de acero inoxidable 304L (S30403) de 1.50 mm.

La resistencia a la temperatura y a la corrosión, así como la soldabilidad son factores determinantes para la selección de materiales para el servicio en el Ártico en la industria del petróleo y el gas.

Como se ha descrito anteriormente, los aceros inoxidables austeníticos y los aceros aleados con níquel son las mejores soluciones para el ensamblaje de los recipientes de almacenamiento y transporte y para la manipulación del gas natural licuado a tan bajas temperaturas.

Diseño de los buques cisterna

Los buques cisterna de GNL navegan predominantemente desde Qatar y Australia a zonas con alta demanda de energía como Japón, China y Corea del Sur. Los modernos diseños de los buques cisterna aprovechan al máximo el espacio del casco al contener el gas licuado en una doble membrana metálica, respaldada por un aislamiento. Para estos sistemas de contención de carga se utiliza exclusivamente acero inoxidable 304L gofrado de calibre fino (para permitir la expansión y la contracción) o la aleación 36 (K93600) más fina y plana, una aleación de níquel al 36 % de baja expansión térmica.

Más gases licuados

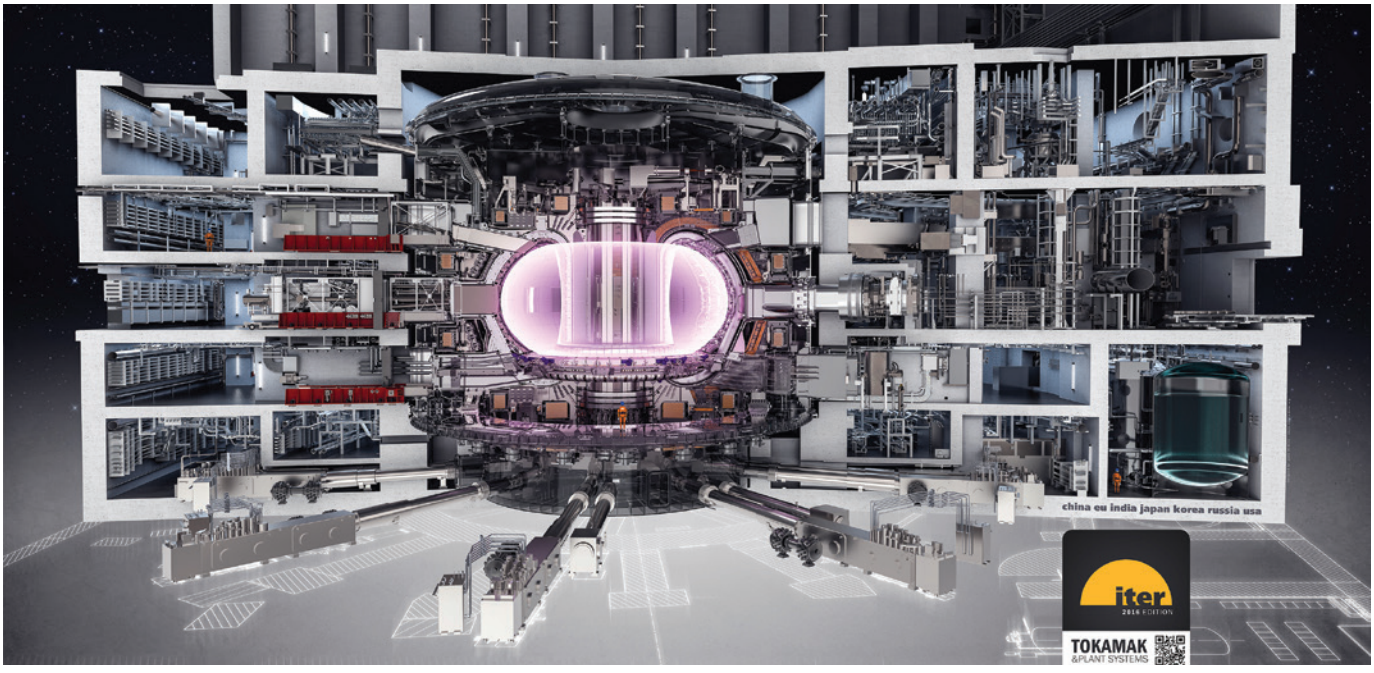
Más abajo en la escala de temperatura del GNL a -163 °C están:

- -183 °C: oxígeno líquido
- -196 °C: nitrógeno líquido
- -253 °C: hidrógeno líquido
- -269 °C: helio líquido

Las aplicaciones se encuentran a menudo en la industria, que depende de estos productos en forma regasificada. El hidrógeno ya se utiliza con frecuencia como precursor industrial del amoníaco en la industria de los fertilizantes. También tiene un gran potencial para descarbonizar la combinación energética. Siempre que se pueda producir suficiente hidrógeno (preferiblemente hidrógeno verde procedente de la energía eólica o solar), su combustión como combustible produce sólo agua y no dióxido de carbono. Como la industria del acero requiere un elevado consumo energético, varios productores ya están estudiando la posibilidad de reducir su huella de carbono mediante un mayor uso del hidrógeno.

No habría exploración espacial sin gases líquidos. El hidrógeno es un combustible ligero y muy potente para los cohetes. Combinado con un oxidante como el oxígeno líquido, el hidrógeno líquido demuestra ser el más eficiente de todos los propulsores de cohetes.

Finalmente, ¿qué podría enfriar un imán superconductor para mantener un estado de plasma? La respuesta es sencilla: el helio líquido. Pero la temperatura no lo es. A -269 °C o 4 grados Kelvin, aquí es donde el níquel despliega todo su potencial... Ni



Sección transversal del ITER, el Reactor Termonuclear Experimental Internacional ubicado en Francia, equipado con un sistema de refrigeración de helio líquido que proporciona refrigeración a 4.5 grados Kelvin.

© ITER.ORG

EL NÍQUEL SOPORTA EL **CALOR EXTREMO**

MCDERMOTT

La mayoría de los procesos químicos reaccionan más rápido, y la generación de energía funciona de forma más eficiente, cuando se calientan. Pero, ¿resistirán los materiales? En la práctica, la temperatura máxima de muchos procesos está limitada por la idoneidad de los materiales. El níquel puede venir al rescate.

Las cuatro propiedades más importantes a la hora de seleccionar un material para una aplicación a alta temperatura son la resistencia, la estabilidad con el tiempo, la reacción limitada con el entorno y la facilidad de fabricación del equipo.

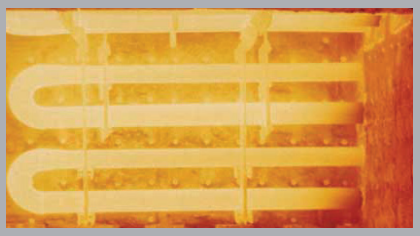
A medida que la temperatura aumenta, los metales se debilitan. Hay muchos aceros más fuertes que los aceros inoxidables de la serie 300 a temperaturas moderadamente elevadas. A 540 °C los aceros inoxidables superan a la mayoría de ellos. Y por encima de 650 °C, las aleaciones que contienen níquel sobresalen. Pero por encima de 540 °C, la resistencia a la fluencia o la resistencia a la rotura por fluencia se convierten en las propiedades más importantes.

A altas temperaturas, pueden ocurrir cambios metalúrgicos con el tiempo. Lo más preocupante es cuando el metal forma fases duras y quebradizas, que pueden volver el material tan frágil como el vidrio. El níquel reduce la velocidad de formación de esas fases, siendo inmunes las aleaciones de Ni-Cr-Fe que contienen al menos un 33 % de níquel.

A temperaturas muy altas, el metal puede reaccionar con su entorno. En el aire, se oxidará. La aleación con cromo y aluminio proporciona una protección adicional. En ambientes reductores con monóxido de carbono, por ejemplo, son el níquel y el silicio los que ayudan a reducir la carburación. En condiciones climáticas más severas, cuando puede producirse una carburación rápida (llamada polvo metálico), se están desarrollando y probando nuevas aleaciones, todas ellas con un alto contenido de níquel.

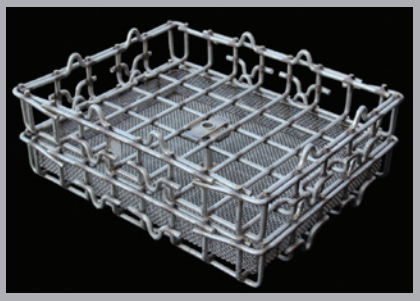
Por último, es necesario fabricar equipos, lo cual implica la formación y la soldadura de metales , en los que destacan los aceros inoxidables que contienen níquel y las aleaciones de níquel. Ni

Los tubos reformadores se producen a partir de aleaciones de níquel fundido, y se utilizan durante cientos de miles de horas a 800-1000 °C en un entorno de carburación. Se utilizan con vapor e hidrocarburos para producir hidrógeno.



ALEACIONES LAMINADAS

Los tubos radiantes calientan indirectamente los hornos. Se utilizan varias aleaciones de níquel, con temperaturas de hasta 1150 °C, aunque el metal pueda tolerar 1200 °C.



©WIRCO_GOODRODFRAMBASKET

Las cestas de tratamiento térmico sostienen las piezas mientras están en los hornos de tratamiento térmico. La aleación que contiene níquel seleccionada dependerá de si la atmósfera es oxidante o reductora. Típicamente ofrecen un servicio robusto.

EN LOS EXTREMOS
LAS ALEACIONES DE NÍQUEL EN EL ESPACIO

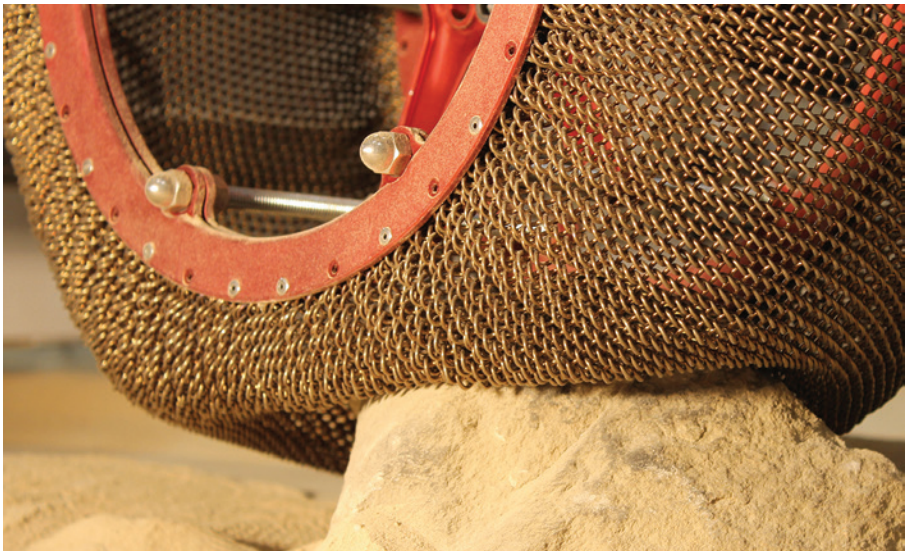
NASA.GOV

Los ingenieros de la NASA fijan la última versión del neumático de muelle SMA a un equipo de prueba. Esta versión pesa 7 kg (15 libras), puede soportar el doble de carga que la versión anterior y funciona mejor a las temperaturas del espacio profundo.

El año 2020 marcó el comienzo de una nueva y apasionante década en la exploración e innovación espacial, en la que las aleaciones que contienen níquel desempeñaron un papel importante en la construcción de cohetes, ruedas y catalizadores, por nombrar algunas aplicaciones.

SpaceX, la empresa estadounidense comprometida con la fabricación aeroespacial y el transporte espacial reutilizable, fabricó sus cohetes Starship y Super Heavy a partir de una versión de acero inoxidable 304 (S30400) que contiene níquel. SpaceX seleccionó el acero inoxidable para el trabajo porque es económico en comparación con la fibra de carbono que cuesta más de sesenta veces más por kilogramo. También es mucho más resistente al calor que la fibra de carbono u otros metales como el aluminio y, por lo tanto, requiere mucho menos, o posiblemente ningún blindaje térmico adicional.

Mientras tanto, la NASA está explorando otra posible aplicación para los materiales que contienen níquel en las ruedas de sus rovers. Las ruedas de goma no son prácticas en la Luna o en Marte, así que las ruedas de los rovers lunares originales del Apolo fueron construidas con acero para muelles. Sin embargo, las ruedas de acero para muelles se deforman en los vehículos más grandes y pesados que están diseñados para ser usados en Marte. Para solucionar esto, la NASA está desarrollando actualmente un neumático de malla metálica construido a partir de nitinol (UNS N01555), una aleación de níquel y titanio, con propiedades de



NASA.GOV

memoria de forma que puede soportar una deformación 30 veces mayor que las ruedas de acero para muelles.

Con el objetivo de transportar a los seres humanos a Marte con el tiempo, la nave interestelar SpaceX con un motor de cohete Raptor es una de las primeras en ser propulsada por metano líquido y oxígeno líquido y diseñada para ser reutilizada 1000 veces. El metano fue seleccionado debido a la intención de producir combustible para cohetes en Marte para alimentar el viaje de regreso. El metano puede ser producido a partir de dióxido de carbono e hidrógeno mediante la reacción de Sabatier, donde el hidrógeno reacciona con el dióxido de carbono a temperaturas elevadas (óptimamente entre 300 y 400 °C) y a alta presión con un catalizador, para producir metano y agua. Uno de los posibles catalizadores es el níquel.

Si bien la atmósfera marciana está compuesta del 95 % de dióxido de carbono, la NASA ha confirmado la presencia de agua en Marte, la materia prima necesaria para producir metano y oxígeno como propulsor de cohetes, así como oxígeno respirable para los astronautas. Y la baja temperatura ambiente en el planeta rojo, además de las bajas temperaturas necesarias para manejar el metano, el hidrógeno y el oxígeno licuados, también requerirán materiales que contengan níquel.

La aleación Ni-Cu K-500 (N05500) también posee una excelente ductilidad a temperaturas criogénicas y resistencia a la ignición en oxígeno puro. Esto la convierte en la opción preferida en las bombas de impulso de oxígeno que suministran oxígeno al motor del cohete.

Motores de cohetes de una pieza

Con su alta resistencia y dureza, la aleación 718 (N07718), una aleación de níquel-cromo endurecible por precipitación que se utiliza en los motores de turborreactores de las aeronaves, también se utiliza en los motores de cohetes y en los recipientes a presión para que puedan manejar los gases licuados criogénicos para la propulsión hasta -250 °C. Sin embargo, las propiedades de la aleación 718 hacen que el mecanizado y la formación sean más difíciles que con otros materiales. La fundición a la cera perdida puede ser problemática ya que la aleación 718 es susceptible a la porosidad, segregación y tamaños de grano muy gruesos, lo que requiere pasos de procesamiento posteriores.

¿La solución? La impresión en 3D permite una utilización más eficaz de las aleaciones a base de níquel, como la aleación 718, en aplicaciones de alto rendimiento con diseños complicados.

La impresión en 3D puede hacer que el procesamiento de la aleación 718 sea más conveniente y sencillo, y asegurar que las propiedades del material se conserven bien. Este proceso elimina la soldadura y el mecanizado y, por tanto, minimiza el desperdicio de material. El beneficio de este método de fabricación queda demostrado por el prototipo de motor de cohete de la aleación 718 impreso en 3D, que fue diseñado en su totalidad por inteligencia artificial, y desarrollado por la empresa alemana de software Hyperganic.

A diferencia de un motor de cohete tradicional, que consta de partes diseñadas individualmente que se unen entre sí, el prototipo impreso en 3D es una pieza continua. Incluye la cámara de combustión donde se queman el combustible y el oxidante, así como los canales superficiales por los que circula el combustible para enfriar la cámara y evitar que se sobrecaliente. La fabricación de una sola pieza da como resultado un menor peso y un enfriamiento más efectivo, proporcionando el mayor rendimiento posible para un cohete determinado.

La impresión en 3D también ha sido utilizada por la Universidad de California en San Diego en el motor del cohete de aleación 718 Ignus II para su proyecto de cohete Vulcan II.

Con cada nueva aplicación, el níquel está ayudando a que la exploración espacial vaya más lejos en el futuro. Ni

HYPERGANIC TECHNOLOGIES AG

Motor de cohete de una pieza, impreso en 3D usando la aleación 718

La aleación 718 es el caballo de batalla de las superaleaciones. Una aleación de níquel-cromo de alta resistencia, resistente a la corrosión, utilizada en el rango de temperaturas de -252 ° a 700 °C (-423 ° a 1300 °F). Su fuerza y resistencia a la oxidación a altas temperaturas la convierten en la mejor opción para los motores de cohetes. Y su ductilidad a temperaturas criogénicas permite su elección para tanques que contienen combustible licuado para cohetes.

PREGÚNTELE A UN EXPERTO
PREGUNTAS MÁS FRECUENTES DE LA LÍNEA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO DEL NICKEL INSTITUTE

El ingeniero Geir Moe es el coordinador del Servicio de Consultas Técnicas en el Nickel Institute. Junto con otros especialistas en materiales de todo el mundo, Geir ayuda a los usuarios finales y a los especificadores de materiales que contienen níquel que buscan asistencia técnica. El equipo ofrece asesoramiento técnico gratuito sobre una amplia gama de aplicaciones como el acero inoxidable, las aleaciones de níquel y el niquelado para permitir el uso del níquel con confianza.
https://inquiries.nickelinstitute.org/

P: Soy alérgico al níquel y quiero saber si hay una aguja hipodérmica que no contenga níquel.

R: El níquel en los aceros inoxidables, como el tipo 304 (S30400), es un ingrediente esencial, que proporciona la alta ductilidad, maleabilidad y soldabilidad que permite la producción de agujas hipodérmicas.

Por ejemplo, las agujas hipodérmicas pueden comenzar como una tira plana de 18 mm de ancho por 0.5 mm de espesor envuelta en una gran bobina. La tira es forzada a través de un conjunto de rollos para ser formada en un tubo, de unos 6 mm de diámetro, soldando los dos bordes. A medida que el tubo soldado se mueve por la línea, pasa a través de una serie de agujeros progresivamente más pequeños conocidos como dados. A medida que se reduce el diámetro, la resistencia del tubo aumenta y debe ser ablandado periódicamente mediante calentamiento. Lo que comenzó como un diámetro de 6 mm se reducirá a 0.35 mm de diámetro, una reducción del 95 %.

A medida que el diámetro exterior disminuye, el grosor de la pared también disminuye. Después del paso final de estirado, el material trabajado en frío se deja en una condición fuerte y dura.

La mayoría de las reacciones alérgicas al níquel se deben a la joyería niquelada barata que está en contacto prolongado con la piel. El niquelado puede liberar el níquel debido al contacto con el sudor mientras que el tipo 304 es muy resistente a la corrosión del sudor y libera muy poco níquel y una aguja hipodérmica solo está en contacto con la piel durante unos segundos.

El siguiente enlace trata la alergia al níquel con más detalle:

nickelinstitute.org/science/human-health-fact-sheets/fact-sheet-1-nickel-allergic-contact-dermatitis/

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 **@NickelInstitute**

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/NickelInstitute**

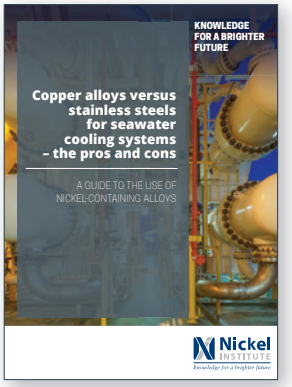
STEVE BARNETT 1954-2020

Steve Barnett dirigió el Nickel Institute como Presidente durante tiempos difíciles (2006-2010). Su distinguida carrera en el sector de los metales abarcó cuarenta años. Después de obtener una maestría en metalurgia en el Imperial College en 1976 y de trabajar en Davy Process Technology y Rustenburg Platinum, se incorporó a lo que se convirtió en BHP Billiton en 1981. Allí puso en marcha la planta de ferroníquel de Cerro Matoso en Colombia y trabajó en proyectos de metales básicos. Trabajó en fusiones y adquisiciones durante algún tiempo en La Haya y Johannesburgo. En 1996 se trasladó a Brisbane para dirigir el desarrollo de proyectos y el área de HSEC (Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Comunidad) para Billiton Nickel, y luego BHP Billiton Stainless Steel Materials, antes de incorporarse al Nickel Institute. Steve era verdaderamente internacional, talentoso, carismático, optimista, capaz y valiente, y siguió siéndolo hasta su prematuro fallecimiento el 4 de noviembre de 2020 en Brisbane. Será profundamente extrañado por sus amigos y colegas del sector del níquel. Ni

NUEVA PUBLICACIÓN

Las aleaciones de cobre frente a los aceros inoxidables para los sistemas de refrigeración por agua de mar: los pros y los contras (11027) compara el uso de las aleaciones de cobre como el cobre-níquel 70/30 y 90/10 y el bronce al aluminio-níquel con el uso de aceros inoxidables austeníticos y dúplex. La nueva publicación, escrita por el consultor del Nickel Institute Roger Francis, ayudará a los diseñadores y operadores de planta a seleccionar la aleación adecuada.

Puede descargarse gratuitamente desde www.nickelinstitute.org Ni



DETALLES UNS

Composición química (en porcentaje del peso) de las aleaciones y los aceros inoxidables mencionados en este número de la revista *Nickel.*

UNS	Al	B	C	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	N	Nb	Ni	P	Pb	S	Si	Ti	Zn
C75700 pág. 4	-	-	-	-	-	63.5-66.5	0.25 máx.	0.50 máx.	-	-	-	11.0-13.5		0.10 máx.	-	-	-	Bal.
K93600 pág. 10	-	-	0.10 máx.	1.0 máx.	0.50 máx.	-	bal.	0.60 máx.	0.50 máx.	-	-	35.0-38.0	0.025 máx.	-	0.025 máx.	0.35 máx.	-	-
N05500 pág. 13	2.30-3.15	-	0.25 máx.	-	-	bal.	2.00 máx.	1.50 máx.	-	-	-	63.0-70.0	-	-	0.01 máx.	0.50 máx.	0.35-0.85	-
N07718 pág. 13	0.020-0.080	0.006 máx.	0.08 máx.	1.0 máx.	17.0-21.0	0.30 máx.	bal.	0.35 máx.	2.80-3.30	-	4.75-5.25	50.0-55.0	0.015 máx.	-	0.015 máx.	0.35 máx.	0.65-1.15	-
N01555 pág. 13	-	-	0.07 máx.	0.05 máx.	0.01 máx.	0.01 máx.	0.005 máx.	-	-	0.025 máx.	0.005 máx.	54.0-57.0	-	-	-	-	bal.	-
S30400 págs. 12.14	-	-	0.08 máx.	-	18.0-20.0	-	bal.	2.00 máx.	-	-	-	8.0-10.5	0.045 máx.	-	0.030 máx.	1.00 máx.	-	-
S30403 pág. 8	-	-	0.03 máx.	-	18.0-20.0	-	bal.	2.00 máx.	-	-	-	8.0-12.0	0.045 máx.	-	0.030 máx.	1.00 máx.	-	-
S31603 pág. 16	-	-	0.03 máx.	-	16.0-18.0	-	bal.	2.00 máx.	2.00-3.00	-	-	10.0-14.0	0.045 máx.	-	0.030 máx.	1.00 máx.	-	-
S32205 pág. 2	-	-	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.	-	-

PREPARÁNDOSE PARA EL FUTURO
CON ACERO INOXIDABLE ESTRUCTURAL

ALEXANDER SEVERIN ARCHITECTURAL PHOTOGRAPHY

La torre de vigilancia contra incendios de Harlem de la ciudad de Nueva York, que data de 1856, es una de las estructuras con armazón de hierro fundido más antiguas que se conservan en Estados Unidos y figura en el Registro Nacional de Lugares Históricos. La estructura se había deteriorado y estaba cerca del colapso debido a la corrosión y al movimiento estructural.

El equipo multidisciplinario de restauración y renovación de Thornton Tomasetti fue contratado para supervisar la restauración. Su modelado de la torre reveló que el diseño estructural original era inadecuado. Cuando los elementos de la torre restaurada fueron cuidadosamente reensamblados, se añadió un complejo sistema de refuerzo de acero inoxidable para resolver esta deficiencia estructural y cumplir con los objetivos de conservación.

Se especificó un acero inoxidable de alta resistencia a la corrosión y de gran dureza, trabajado en frío, tipo 316L (UNS S31603) para el arriostramiento transversal de la barra de unión. La alta resistencia del material permitió reducir el diámetro de las barras. Se aplicó al acero inoxidable un acabado de chorro de microesferas de vidrio suavemente reflectante para dispersar la luz y hacerla menos visible. El acero inoxidable es visualmente distinto del hierro antiguo y mínimamente visible, como se requiere en la conservación histórica.

El proyecto de restauración recibió el premio Lucy G. Moses 2020 por su destacada conservación y el premio MASterworks de la Sociedad Municipal de Artes por la mejor restauración de la ciudad de Nueva York. Ni