

NICKEL

REVISTA

LA REVISTA DEDICADA AL NÍQUEL Y SUS APLICACIONES

NICKEL, VOL. 36, NÚM. 1, 2021

Nickel: la solución para el agua

Los sistemas secundarios de suministro de agua de los edificios de gran altura llevan el agua a lo más alto

Superar el «factor asco» del agua reutilizada

Nuevas tecnologías para el hidrógeno verde





ESTUDIO DE CASO 21 MUSEO NACIONAL DEL EJÉRCITO



Green Building Council de EE. UU.
– LEED Silver

PREMIOS
Premios de Diseño 2021 del Instituto Americano de Arquitectos de Nueva York (AIA NY) – Premio al Mérito

Premios de Diseño de la revista Metal Architecture 2020 – Categoría de panel de pared metálico liso

Envuelto en paneles de acero inoxidable austenítico con contenido de níquel que reflejan su entorno, el nuevo Museo Nacional del Ejército de los Estados Unidos abrió sus puertas en noviembre de 2020. Diseñado por el estudio internacional de arquitectura SOM, las elegantes y sencillas líneas y las largas e ininterrumpidas extensiones de acero inoxidable pulido producen la idea de solidez y precisión monumentales.

Como puerta de entrada simbólica a la rama más antigua del ejército estadounidense, el edificio transmite los valores fundamentales de disciplina, modestia y rigor, que son inherentes a la vida del ejército. Aunque los paneles de acero inoxidable no cambiarán de aspecto con el paso del tiempo, sí cambiarán constantemente al reflejar la luz cambiante y el bosque circundante en Fort Belvoir, a las afueras de Washington DC. Este aspecto masivo se creó con paneles compuestos revestidos con 238 toneladas de acero inoxidable tipo 316L (UNS

S31603) de 3 mm de grosor, que se pulió con un acabado fino y precisamente uniforme para crear la espectacular fachada suavemente reflectora.

La selección del acero inoxidable de alto contenido reciclado y su longevidad fueron algunas de las consideraciones de diseño que permitieron que el museo recibiera la certificación LEED Silver del USGBC. El edificio ha recibido la atención internacional y, a pesar de que apenas se terminó, ya ha cosechado numerosos premios. NI

EDITORIAL: SOLUCIONES PARA EL AGUA

El acceso universal y equitativo al agua potable segura y asequible para 2030 es el sexto objetivo de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas. Pero, según un reciente informe de ONU-Agua¹, las consecuencias del crecimiento urbano son que demasiadas personas sigan sin tener acceso. Se calcula que desde el año 2000 ha aumentado un 50 % la población urbana que no tiene acceso al agua potable. Para garantizar el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 será necesario cuadruplicar el esfuerzo y la inversión a nivel mundial.



OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICAS DE CHINA © STATISTA, 2021

En China, los habitantes de las ciudades representan ya más del 60 % de la población, frente al 36 % del año 2000. Y se prevé que, de aquí a 2050, China añada 225 millones de personas más a su población urbana².

El reto de abastecer de agua a una población urbana creciente es ya de por sí desalentador, pero se ve agravado por la necesidad de renovar los sistemas anti-

cuados de anteriores campañas de urbanización. Además, la necesidad de eliminar las fugas, reducir los residuos y mejorar la calidad del agua implica una gran atención al rendimiento de los materiales a largo plazo.

Las viviendas de la nueva población urbana se encuentran a menudo en edificios de apartamentos y el suministro higiénico de agua a los pisos superiores se garantiza mediante sistemas de agua secundarios. En esta edición de *Nickel* se explica cómo China está abordando con acero inoxidable que contiene níquel el doble problema de combatir las pérdidas de agua y suministrar agua potable a los apartamentos altos.

El papel del níquel en la obtención de agua potable para un futuro sostenible en China y en otros lugares se refleja en las tecnologías para el uso del agua en nuestra transición hacia la baja emisión de carbono. El níquel desempeñará un papel fundamental en la producción de hidrógeno verde por electrólisis a partir de energías renovables para producir un combustible cuyo único subproducto es el agua. Tanto si la bebemos como si la utilizamos para fabricar energía verde o para transportar nuestras mercancías sobre ella, el agua tiene una historia íntimamente entrelazada con el níquel.

Clare Richardson
Editora, *Nickel*



Las prácticas y tecnologías innovadoras para el agua y el saneamiento serán una parte importante de la consecución del ODS 6. El éxito sostenible y asequible vendrá de la mano de sistemas sin fugas, resistentes y duraderos, como los que se están introduciendo en China, con níquel.

¹ONU-Agua, 2020: Resumen de los avances; Actualización 2021 - ODS 6 - agua y saneamiento para todos. Versión: 1 de marzo de 2021. Ginebra, Suiza.

²<https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>

ÍNDICE

- 02 **Estudio de caso n.º 21**
Museo Nacional del Ejército
- 03 **Editorial**
Soluciones para el agua
- 04 **Actualidades de Nickel**
- 06 **Superación del «factor asco»**
Reutilización de las aguas residuales
- 07 **Las nuevas vías de agua en China**
Acero inoxidable a largo plazo
- 10 **Hidrógeno verde**
Tecnología para un futuro más verde
- 12 **Aleaciones de níquel**
Ni-Hard
- 13 **Educación sobre el níquel**
Compartir conocimientos
- 14 **Preguntas y respuestas técnicas**
¿Qué tan corrosivo es el cloruro?
- 15 **Nuevas publicaciones**
- 15 **Detalles UNS**
- 16 **Construcción de Shipbuilders**
La nueva escultura de Port Glasgow

La revista Nickel es una publicación del Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Dr. Hudson Bates, Presidente
Clare Richardson, Editora

communications@nickelinstitute.org

Colaboradores:
Parul Chhabra, Gary Coates, Catherine Houska,
Richard Matheson, Geir Moe, Kim Oakes, Ken Rudisuela,
Philip Song, 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

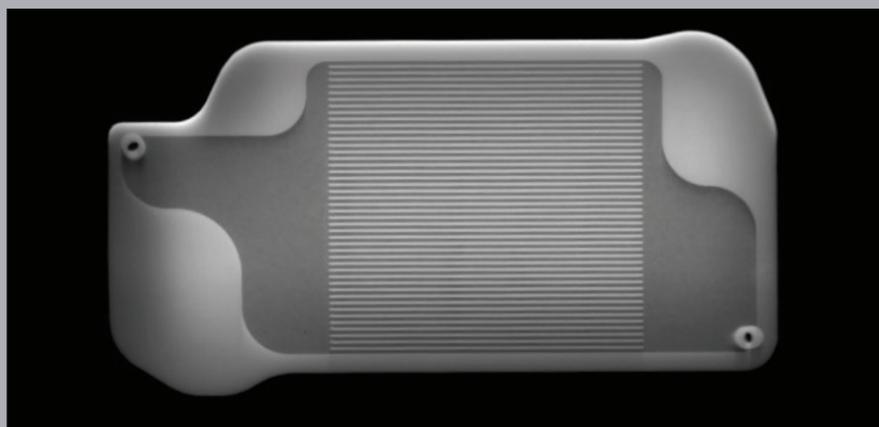
Portada: iStock@chinaface
Créditos de imágenes de Stock:
pág. 3 iStock@ Chunyip Wong,
pág. 6 iStock@abadonian, pág. 8 iStock@chinaface,
pág. 9 iStock@jxfzsy, pág. 10 iStock@Petmal,
pág. 11 iStock@audioundwerbung

NICKEL

ACTUALIDADES



Enfrentándose al calor de Marte



El vehículo Perseverance de la NASA aterrizó en Marte con 11 piezas metálicas fabricadas con impresión 3D. Seis de ellas eran placas de aleación de níquel del tamaño de la palma de una mano, intercambiadores de calor diseñados para proteger de los efectos de las altas temperaturas las piezas clave de un instrumento llamado Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment (Experimento ISRU de Oxígeno en Marte), o MOXIE. La misión de MOXIE es probar la futura tecnología para producir cantidades industriales de oxígeno necesarias como propulsor de cohetes para ayudar a los astronautas a lanzarse de vuelta a la Tierra. Para crear oxígeno, MOXIE calienta el aire marciano a casi 800 °C (1500 °F). Un intercambiador de calor mecanizado de forma convencional tendría que estar formado por dos piezas soldadas. El proceso de fabricación aditiva permitió imprimir en 3D cada una de ellas como una sola pieza, haciendo que el hardware fuera más ligero y resistente. A continuación, las placas se trataron en una prensa isostática caliente —una trituradora de gas— que calienta el material a más de 1000 °C (1832 °F) y añade una intensa presión uniformemente alrededor de la pieza. ¿El último paso? Los ingenieros las inspeccionan y realizan rigurosas pruebas mecánicas para asegurarse de que las microestructuras están listas para el vuelo espacial.

Palos con carácter

MIM es la palabra clave cuando se trata de una emocionante innovación en palos de golf. En lugar de los tradicionales hierros forjados o fundidos, Cobra está utilizando la tecnología de moldeo por inyección de metal (MIM) con el objetivo de producir un producto más preciso. Fabricado con una mezcla de polvo metálico de acero inoxidable de tipo 304 (UNS S30400) que se calienta a una temperatura muy alta (1340 °C vs 1200 °C para los palos forjados) y se inyecta en un molde, cada cabeza de hierro se fabrica con menos pasos, lo que permite obtener resultados más uniformes. ¿La diferencia? Cobra dice que crea una estructura de grano más fuerte y afirma que proporciona la sensación súper suave que tanto los profesionales como los jugadores habituales anhelan para mejorar su juego. Los primeros en salir al mercado fueron los wedges y ahora ya hay el juego completo de hierros, listo para poner a prueba su «temple» en el campo de golf.



COBRAGOLF.COM

El sol como solución para el CO₂

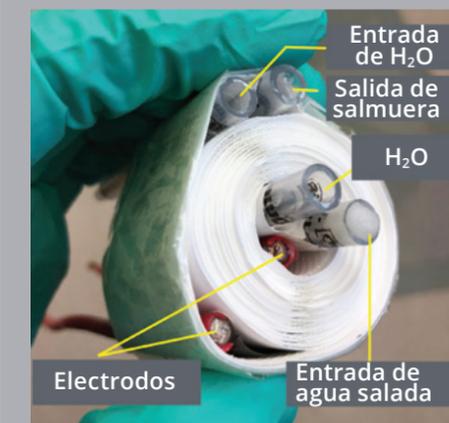
Aunque la reducción de las emisiones de CO₂ es el objetivo final, los investigadores también están explorando formas innovadoras y eficientes de convertir el CO₂ y el hidrógeno en metano (CH₄), un producto químico útil basado en el carbono. ¿La ventaja? Contrarresta la liberación de CO₂ cuando el metano se quema como combustible. Recientemente desarrollado en la KAUST de Arabia Saudí, el postdoctorado Diego Mateo explica: «Nuestro enfoque se basa en la combinación sinérgica de luz y calor, conocida como efecto fototérmico. Mientras que otros enfoques industriales requieren el calentamiento de fuentes externas para alcanzar temperaturas de hasta 500 °C, esta investigación demuestra que la reacción puede lograrse utilizando sólo el efecto fototérmico de la luz del día y un catalizador construido con nanopartículas de níquel sobre una capa de titanato de bario». Dice Mateo: «Captura la luz de forma que los electrones pasen a estados de alta energía, conocidos como “electrones calientes”. Estos electrones inician la reacción química que convierte el CO₂ en metano. Es una forma muy prometedora y sostenible de convertir el gas de efecto invernadero en un valioso combustible».



KING ABDULLAH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Pasar la sal

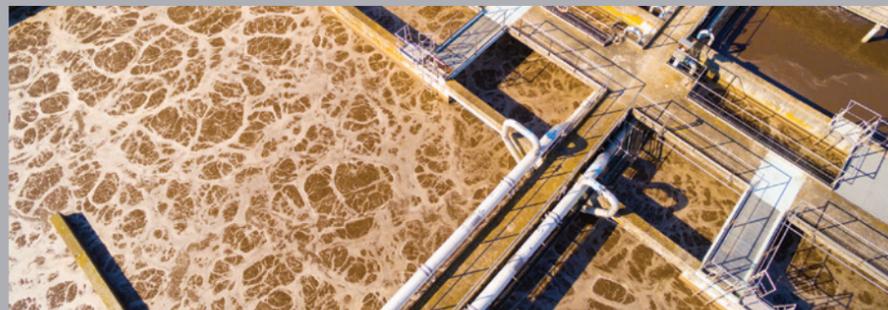
La desalinización del agua hipersalina, que contiene hasta diez veces más sal que el agua de mar, se ha convertido en un importante reto mundial para los países en los que escasea el agua dulce y para las industrias que quieren cerrar el círculo de las aguas residuales. El Departamento de Ciencia de los Materiales y Nanoingeniería (MSNE) de la Universidad de Rice ha desarrollado una tecnología innovadora, eficaz y rentable, añadiendo una capa protectora del nanomaterial 2D nitruro de boro hexagonal (hBN) a una malla de acero inoxidable que contiene níquel tipo 316 (UNS S31600) de 25 µm de diámetro, disponible en el mercado. Los científicos de materiales de Rice, Pulickel Ajayan y



Jun Lou, habían demostrado que podían desarrollar este revestimiento protector de hBN en superficies metálicas curvas, lo que era clave para la aplicación de desalinización, ya que el agua caliente y súper salada podía aprovechar los huecos y corroer la fina malla metálica. Este resistente elemento calefactor para la desalinización de grandes volúmenes de salmuera altamente corrosiva, basado en la investigación pionera del Centro de Recubrimientos Multifuncionales Atómicamente Finos, también conocido como ATOMIC —el único centro de la Fundación Nacional de la Ciencia (NSF) dedicado al desarrollo de recubrimientos 2D avanzados— hará posible la aplicación de tecnologías descentralizadas y adecuadas.

KUICHANG ZHU/UNIVERSIDAD RICE

REUTILIZACIÓN DEL AGUA SUPERAR EL «FACTOR ASCO»



¿Bebería usted el agua que sale de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) municipal? El agua de una EDAR suele ir a parar a un río, un lago o al subsuelo. A continuación, se introduce desde otro lugar y se trata para hacerla potable, es decir, completamente segura para beber. Pero, ¿estará la gente dispuesta a superar el «factor asco»? Este término, acuñado por el bioeticista de la Universidad de Pensilvania Arthur Caplan, describe la influencia de las respuestas instintivas contra la nueva tecnología, como la reacción de la mayoría de la gente ante la idea de beber aguas residuales regeneradas. Sin embargo, por razones obvias, la reutilización de aguas residuales es lo que debe practicarse, por ejemplo, en la Estación Espacial Internacional.

El programa Advancing Canadian Water Assets (ACWA) de la Universidad de Calgary se ha asociado con Village Brewery y Xylem Inc. para producir cerveza con agua reutilizada, demostrando así que las aguas residuales tratadas pueden ayudar a resolver la escasez de agua.

«Hay que superar el obstáculo mental de lo intrínsecamente asqueroso que podría ser esto —dice Jeremy McLaughlin, cervecero jefe de Village Brewery—, pero sabemos que esta agua es segura, y defendemos nuestro proceso».

La reutilización de las aguas residuales inmediatamente después de su tratamiento se está considerando no sólo en zonas donde el agua escasea ahora o durante las sequías recurrentes, sino también como una nueva forma de proporcionar fuentes de agua sostenibles para el crecimiento futuro.

En algunos edificios modernos, el agua de los fregaderos se limpia ligeramente y luego se reutiliza para fines sanitarios, sobre todo para las cisternas de los inodoros. Pero debido a la preocupación por los patógenos y otros contaminantes, rara vez se aplica al agua potable, que necesitaría un tratamiento más sofisticado para alcanzar la calidad requerida. Las técnicas incluyen la ultrafiltración, la ósmosis inversa (OI) y el uso de ozono, luz ultravioleta u otros productos químicos de desinfección estándar,

todos los cuales requieren la resistencia de los aceros inoxidable que contienen níquel. Los más utilizados son los tipos 304L (UNS S30403) o 316L (S31603), pero en las instalaciones de ósmosis inversa suelen utilizarse aleaciones dúplex.

La reutilización de las aguas residuales es técnicamente posible, pero ¿cómo superar el «factor asco»? Sorprendentemente, algunas cervecerías artesanales están ayudando promocionando lotes especiales de cerveza hechos con aguas residuales. Cervecerías de Suecia, Alemania, Estados Unidos, Canadá y otros países han elaborado lotes de este tipo, que se han agotado rápidamente. La reutilización del agua, aunque está aún en pañales, se está desarrollando en la mayor parte del mundo. Desde luego, ¡podemos brindar por ello!

NI

LAS NUEVAS VÍAS DE AGUA DE CHINA APROVECHAR EL ACERO INOXIDABLE PARA LAS SOLUCIONES A LARGO PLAZO

Las fugas en los sistemas de distribución de agua, conocidas como agua no facturada, son desde hace tiempo una gran preocupación para las autoridades mundiales del agua. La higiene del agua potable es también un reto crítico, sobre todo en los países en desarrollo y en los que tienen infraestructuras centenarias. Además, la rápida urbanización y la vida en altura plantean retos técnicos adicionales para los sistemas de agua secundarios que deben diseñarse para garantizar un suministro de agua eficiente y limpio a las viviendas más altas.

En China, los materiales tradicionales de las tuberías son principalmente el plástico (PE, PPR) o el acero galvanizado y la fundición dúctil. Las fugas y la contaminación del agua son los principales problemas de los antiguos sistemas de suministro de agua causados por el envejecimiento o la corrosión de las tuberías fabricadas originalmente con materiales inadecuados.

Reducir las pérdidas de agua y disminuir los riesgos para la salud causados por la mala calidad del agua potable se han convertido en las principales prioridades del gobierno chino y de las autoridades locales del agua. Cada vez más, recurren a la solución técnica que ofrecen las tuberías y accesorios de acero inoxidable.

Mayor calidad, menos fugas

Las tuberías de acero inoxidable con contenido de níquel se han utilizado con éxito en muchos sistemas de distribución de agua de todo el mundo. Han demostrado ser muy eficaces para resolver las pérdidas de agua y los problemas de higiene.

Desde 2011, el gobierno central de China ha establecido ambiciosos planes para salvaguardar la calidad del agua en sus

planes quinquenales. Estos objetivos se dirigen a mejoras significativas desde la fuente de agua hasta la llave, y se ha destinado un presupuesto de casi RMB 700 000 millones (USD 112 000 millones) a la mejora de los sistemas de tratamiento y conducción del agua. Los fondos se repartieron entre varios ministerios y organismos gubernamentales, como el Consejo de Estado, la Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma, el Ministerio de Recursos Hídricos, el Ministerio de Protección Ambiental, el Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano-Rural y el Ministerio de Salud.

El material más prometedor

El progreso económico de China en las últimas décadas ha permitido un rápido crecimiento de las aplicaciones de acero inoxidable para el agua. En los últimos cinco años, el crecimiento se ha visto impulsado por las enormes inversiones y las importantes políticas y normativas favorables aplicadas por los distintos niveles de gobierno. El aumento de la concientización pública sobre los enormes beneficios de la utilización del acero inoxidable para las tuberías de agua también ha sido un motor.



Tokio ha liderado la utilización con éxito de tubos parcialmente corrugados de acero inoxidable (SPCT) en los sistemas de suministro de agua. Desde la década de 1980, la autoridad del agua de Tokio ha sustituido los sistemas de distribución de agua envejecidos por tuberías de acero inoxidable, lo que ha dado lugar a una alta calidad del agua y a una importante reducción de las fugas de agua.



El acero inoxidable se utiliza actualmente de forma generalizada en aplicaciones a gran escala, desde las tuberías de servicio y la plomería o fontanería hasta el equipo de suministro de agua secundario y la renovación de los sistemas de suministro de agua totales. En la actualidad se reconoce como el material más prometedor para un sistema moderno de suministro de agua y se está convirtiendo en la tendencia mayoritaria de materiales de tuberías para la red de agua. El mercado está creciendo rápidamente y tiene un gran potencial.

Elevar los estándares

Un factor adicional es la norma nacional de calidad del agua potable (GB 5749-2006) introducida en 2007, que está en línea con la mayoría de las normas internacionales. El gobierno espera que todas las ciudades de China acaben cumpliendo esta norma nacional. Se necesitan iniciativas continuas para alcanzar este objetivo y las tuberías de acero inoxidable contribuirán enormemente.

En los últimos cinco años, la inversión en la industria china del acero inoxidable para agua ha aumentado de forma significativa. El número de fabricantes de tuberías de acero inoxidable se ha triplicado. Algunas importantes empresas chinas de tuberías de acero también se han dirigido a esta aplicación y han añadido nuevas líneas de productos de tuberías de acero inoxidable.

Esto no es sorprendente si se tienen en cuenta las estimaciones de las tuberías y accesorios de acero inoxidable necesarios tanto para la renovación del sistema secundario de suministro de agua de los edificios de apartamentos antiguos como para las instalaciones de los nuevos.

Una comunidad típica con 1000 hogares necesitará probablemente entre 10 000 y 15 000 metros de tubos de tipo 304 (UNS S30400) con diámetros que oscilan entre 15 y 160 mm, además de diversos accesorios. El peso total de los tubos y accesorios inoxidables se estima en 20 a 25 toneladas métricas para 1000 hogares. Si a esto se añaden otras instalaciones de acero inoxidable, como tanques de almacenamiento de agua y válvulas, así como los 200 millones de hogares de China que necesitarán una renovación de los sistemas secundarios de suministro de agua, el uso potencial de tubos y accesorios inoxidables será de unos 4 a 5 millones de toneladas en total.

Con los enormes proyectos de agua que se están llevando a cabo en todo el país, se trata de un proyecto a largo plazo para lograr el objetivo final: la cobertura total del suministro de agua potable de primera calidad a todas las comunidades residenciales de China, utilizando el acero inoxidable como la mejor y más sostenible opción.

Suministro de agua a la cima

En Hangzhou, la capital de la provincia de Zhejiang, se inició la renovación de cien sistemas de suministro de agua con productos de acero inoxidable en 2020. Este proyecto de gran envergadura da servicio a 55 000 hogares con más de 210 000 residentes que anteriormente recibían agua corriente turbia.

El proyecto comenzó con la reconstrucción de las instalaciones secundarias de suministro de agua, que son esenciales para llevar el agua a la parte superior de los edificios altos. Se están utilizando tubos, depósitos de agua, válvulas y bombas de acero inoxidable de tipo 304 (UNS S30400) y 316 (S31600) que contienen níquel. Se han instalado depósitos de agua de acero inoxidable en las estaciones secundarias de suministro de agua, conectados a la bomba de agua y a las válvulas con tuberías de acero

inoxidable, y luego a una red de distribución de agua de acero inoxidable para que el agua llegue a los pisos superiores.

El proyecto de renovación ha sido un gran éxito. La presión del agua es más estable que nunca, el saneamiento del agua está asegurado y todo el sistema de suministro de agua es mucho más fácil de limpiar, mantener y desinfectar. Las fallas en las tuberías y accesorios y los casos de reparación resultantes se han reducido considerablemente.

A un fabricante local de tubos de acero inoxidable, Zhejiang Zhengtong Pipe Industry Co., Ltd., se le adjudicó el proyecto para suministrar una amplia gama de productos de acero inoxidable. El presidente del proveedor de tubos y accesorios de acero inoxidable, el Sr. SX Yang, está muy orgulloso de estos logros «Estoy entusiasmado con estas oportunidades empresariales y tengo la ambición de seguir invirtiendo en este mercado emergente.»



La renovación de los sistemas secundarios de suministro de agua es un proyecto nacional con un enorme potencial y China se ha comprometido a realizar grandes inversiones.

UNA NUEVA TECNOLOGÍA VERDE Y LIMPIA GENERA HIDRÓGENO VERDE



La energía se consume en cuatro grandes áreas: transporte, industria, usos residenciales y comerciales.

Países de todo el mundo están poniendo en marcha iniciativas agresivas para fomentar la producción y el uso de hidrógeno verde. Según algunas previsiones, es probable que en los próximos diez años aumenten en dos órdenes de magnitud los mercados de dos tecnologías que contienen níquel: los electrolizadores que producen hidrógeno y las pilas de combustible que utilizan el hidrógeno para propulsar vehículos.

¿Qué impulsa el cambio?

Para alcanzar los objetivos de descarbonización del Acuerdo de París y las subsiguientes ambiciones de los distintos países de lograr una sociedad neutra en carbono, la combustión de combustibles fósiles debe ser sustituida por alternativas neutras en carbono.

El hidrógeno podría ser una solución perfecta como combustible alternativo. Es un gas que, cuando se convierte en energía, no produce CO₂ sino que sólo emite vapor de agua. Por tanto, su adopción reduciría considerablemente la generación de gases de efecto invernadero.

El papel de la electrólisis

La forma más eficaz de producir hidrógeno es la electrólisis, que se basa en la división de una molécula de agua en hidrógeno y oxígeno. La disociación de la molécula de agua en un campo eléctrico desprende hidrógeno en el cátodo (-) y oxígeno en el ánodo (+), donde ambos se recogen en los terminales respectivos. Cuando el hidrógeno se produce por electrólisis utilizando fuentes de energía renovables, tampoco se produce CO₂. Esta forma de hidrógeno se denomina «hidrógeno verde».

Los electrolizadores alcalinos líquidos son el estándar actual para la electrólisis

a gran escala y son la solución más extendida, de tecnología madura y rentable. En estos electrolizadores, la reacción se produce en una solución compuesta por agua y electrolito líquido (30 % de hidróxido de potasio) entre los dos electrodos. Ambos electrodos requieren una reacción catalítica intermedia para la eficiencia de la conversión.

Aquí es donde el níquel desempeña un papel fundamental. El níquel se utiliza en la superficie del electrodo para optimizar el costo, la durabilidad y la eficiencia. La cantidad de níquel puro utilizada en un electrolizador alcalino es de aproximadamente 2 kg/kW de energía convertida.

El futuro de las pilas de combustible

Las pilas de combustible son generadores de energía electroquímica que convierten la energía química en energía eléctrica. Y cuando se utiliza el hidrógeno como combustible, el único subproducto es el agua.

En un futuro neutro en carbono, los vehículos eléctricos de todo tipo y tamaño serán la norma. Mientras que la mayoría de los vehículos de pasajeros utilizarán baterías de iones de litio, los vehículos más grandes, como los camiones, los autobuses y los barcos, probablemente utilizarán pilas de combustible.

Cómo funcionan las distintas pilas de combustible

Al igual que los electrolizadores, las pilas de combustible tienen dos electrodos con un electrolito intercalado. Los distintos tipos de pilas de combustible se distinguen por el tipo de electrolito que utilizan.

Las pilas de combustible de membrana de intercambio de protones (PEMFC) son las más utilizadas y suelen emplearse en aplicaciones móviles como autos, camiones, autobuses y carretillas elevadoras, debido a su flexibilidad de tamaño, su favorable relación potencia-peso y su rápida puesta en marcha.

Este tipo de pila de combustible utiliza un electrolito de membrana de polímero sólido que reacciona electroquímicamente con el hidrógeno almacenado y el oxígeno del aire para producir energía, funcionando a temperaturas

y presiones relativamente más bajas y proporcionando mayores densidades de potencia en comparación con otras pilas de combustible.

Cada célula está intercalada entre dos placas bipolares, que canalizan el combustible de hidrógeno hacia el ánodo y el oxígeno hacia el cátodo, además de transportar el agua producida fuera de los electrodos hacia el escape. En general, las pilas de combustible de membrana de intercambio de protones utilizan cantidades modestas de níquel, ya que funcionan a bajas temperaturas (~80 °C), pero debido a la gran extensión de su implantación, la cantidad total de níquel utilizada podría ser significativa.

Las pilas de combustible de óxido sólido (SOFC) son las segundas más utilizadas, principalmente como fuentes de energía primaria para centrales eléctricas, microrredes y grandes usuarios individuales. Este tipo de pila de combustible utiliza un electrolito cerámico conductor de iones y funciona a temperaturas de entre 600 °C y 800 °C. Debido a esta alta temperatura, la pila de combustible de óxido sólido requiere el uso extensivo de aceros inoxidable que contienen níquel en la construcción.

Las pilas de combustible de carbonato fundido (MCFC) son pilas de combustible de alta temperatura similares a las de óxido sólido, pero utilizan un carbonato fundido en una matriz cerámica como electrolito. Aunque no se utilizan habitualmente, este tipo de pilas de combustible tienen la capacidad de secuestrar el dióxido de carbono en su proceso, lo que las hace muy deseables para reducir el total de gases de efecto invernadero en muchas aplicaciones de gases de escape. En estos sistemas se utilizan cantidades considerables de níquel: aproximadamente 5 kg por cada kW de electricidad producida.

El cambio climático y la consiguiente degradación del medio ambiente son una amenaza real para el mundo. Las numerosas aplicaciones nuevas e innovadoras del hidrógeno como combustible son muy prometedoras para un futuro más verde. Ni



Las pilas de combustible de membrana de intercambio de protones (PEMFC) son las más utilizadas y suelen emplearse en aplicaciones móviles como autos, camiones, autobuses y carretillas elevadoras, debido a su flexibilidad de tamaño, su favorable relación potencia-peso y su rápida puesta en marcha.

ALEACIONES DE NÍQUEL NI-HARD



La ferrita es la estructura atómica de los aceros suaves que existe por debajo de $-727\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1340\text{ }^{\circ}\text{F}$), mientras que la austenita es la estructura atómica del acero que existe por encima de esta temperatura. La austenita es una solución sólida no magnética de hierro y carbono, mientras que la ferrita es magnética con una solubilidad de carbono inferior a la de la austenita. Cuando el acero se enfría por debajo de $-727\text{ }^{\circ}\text{C}$, el exceso de carbono se liga como un compuesto de hierro y carbono conocido como cementita. La cementita y la ferrita forman una estructura multicapa llamada perlita, que está presente como «islas» dentro de la matriz de ferrita.

Los aceros aleados y las fundiciones representan alrededor del 9 % de la producción de níquel y ofrecen características específicas para aplicaciones especializadas y a menudo críticas.

Uno de estos materiales es el Ni-Hard. Ni-Hard es un nombre genérico para una familia de fundiciones blancas, aleadas con níquel y cromo, adecuadas para el bajo impacto y la abrasión por deslizamiento, tanto para aplicaciones húmedas como secas.

Hay tres tipos de Ni-Hard: Tipo 1, Tipo 2 y Tipo 4. Cada uno de ellos tiene ligeras variaciones de composición entre las especificaciones ASTM y EN, que se muestran en la tabla siguiente.

El níquel es vital para optimizar la dureza y, por tanto, la resistencia al desgaste. El contenido de níquel aumenta con el tamaño de la sección o el tiempo de enfriamiento de la fundición para inhibir la transformación perlítica. Para las piezas fundidas de 38-50 mm ($1\frac{1}{2}$ -2 pulgadas) de grosor, entre el 3.4 % y el 4.2 % de níquel es suficiente para suprimir la formación de perlita que se forma al enfriarse el molde de fundición. Las

secciones más pesadas pueden requerir concentraciones de níquel de hasta el 5.5 % para evitar la formación de perlita. Es importante limitar el contenido de níquel a la concentración necesaria para controlar la perlita, ya que el exceso de níquel aumenta la cantidad de austenita retenida y disminuye la dureza. Ni

Aplicaciones típicas: Tipos 1 y 2 de Ni-Hard

- Rodillos para trabajar el metal
- Revestimientos para molinos
- Anillos del pulverizador
- Piezas de la bomba de lodo
- Medios de molienda

Tipo 4 de Ni-Hard

- Piezas de la bomba de lodo
- Barras de impacto

Composiciones de los hierros de Ni-Hard									
Grado		Composición química* (% de peso)							
		C	Ni	Cr	Si	Mn	Mo	S	P
	ASTM A532								
Ni-Hard 1	Clase 1, Tipo A	2.8-3.6	3.3-5.0	1.4-4.0	0.8	2.0	1.0	0.15	0.3
Ni-Hard 2	Clase 1, Tipo B	2.4-3.0	3.3-5.0	1.4-4.0	0.8	2.0	1.0	0.15	0.3
Ni-Hard 4	Clase 1, Tipo D	2.5-3.6	4.5-7.0	7.0-11.0	2.0	2.0	1.5	0.15	0.10
	EN 12513								
Ni-Hard 1	EN-JN2039	3.0-3.5	3.0-5.5	1.5-3.0	0.8	0.8	-	0.10	0.10
Ni-Hard 2	EN-JN2029	2.5-3.0	3.0-5.5	1.5-3.0	0.8	0.8	-	0.10	0.10
Ni-Hard 4	EN-JN2049	2.5-3.5	4.5-6.5	8.0-10.0	1.5-2.5	0.3-0.8	-	0.08	0.08

* Los valores individuales son los máximos

EDUCACIÓN SOBRE EL NI COMPARTIR CONOCIMIENTOS



Con los confinamientos mundiales debidos a la covid-19 en vigor desde principios de 2020, los talleres, conferencias y seminarios presenciales previstos, por los que es conocido el Nickel Institute, se paralizaron de inmediato.

Estas actividades educativas son una parte fundamental de nuestra misión de promover y apoyar el uso adecuado del níquel en aplicaciones apropiadas. Una evaluación de los posibles métodos de impartición llevó a la conclusión de que los seminarios web eran la forma más rápida y eficaz de ofrecer la información técnica que necesitan los usuarios de productos que contienen níquel, como las aleaciones de níquel y los aceros inoxidables. Los socios son necesarios y constituyen la clave para proporcionar una audiencia adecuada, al igual que ocurrió con las reuniones presenciales. Tanto los socios existentes como los nuevos acogieron con agrado la oportunidad de trabajar con el Nickel Institute, incluidos varios grupos de corrosión y soldadura, asociaciones de desarrollo del acero inoxidable y, en

algunos casos, grandes empresas de uso final y plataformas con fines de lucro. En los casos en los que pudieron celebrarse conferencias, pero no fue posible el desplazamiento de ponentes no locales, se utilizaron charlas pregrabadas con gran eficacia. En 2020, se realizaron 52 presentaciones únicas ante unos 18 000 participantes. Esto representa más presentaciones y una mayor audiencia que si hubiéramos hecho las presentaciones en persona.

En 2021, continuarán los seminarios web y las presentaciones pregrabadas. Nuestro objetivo es mejorar la calidad visual y el interés de las presentaciones.

Los próximos seminarios web disponibles para el público se publicarán en nuestra página de LinkedIn y en el sitio web del Nickel Institute. (Vaya a la Biblioteca y seleccione Eventos). Ni

Temas de los seminarios web del Nickel Institute:

- Introducción a las aleaciones de níquel resistentes a la corrosión
- Introducción a los aceros inoxidables
- Propiedades de los aceros inoxidables de alta temperatura
- Aceros inoxidables revestidos y aleaciones de níquel
- Decapado, pasivación y limpieza del acero inoxidable
- Acero inoxidable: acabados y especificaciones
- Soldadura y fabricación de aceros inoxidables resistentes a la corrosión
- Soldadura y fabricación de aceros inoxidables dúplex
- Soldadura y fabricación de aleaciones de níquel

Los seminarios web específicos del sector incluyen:

- Baterías
- Procesamiento de alimentos
- Productos farmacéuticos
- Petróleo y gas
- Agua y aguas residuales
- Productos químicos
- Arquitectura
- Lavadores de gases húmedos marinos

Para más información, póngase en contacto con communications@nickelinstitute.org



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: Sé que las soluciones de cloruro son un problema para el acero inoxidable. ¿Qué grado de corrosividad tiene el cloruro y cómo puedo seleccionar un acero inoxidable adecuado que contenga níquel?

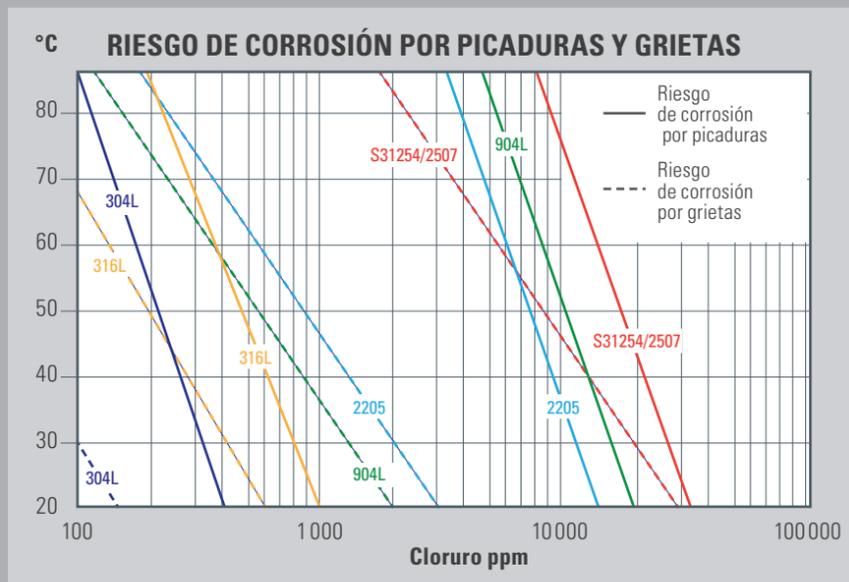
R: Los cloruros son responsables del ataque localizado, como la picadura y la corrosión por grietas. Los contenidos crecientes de cromo, molibdeno y nitrógeno proporcionan una resistencia creciente a los cloruros. A continuación, se muestra la resistencia relativa al cloruro de los grados 304L (UNS S30403), 316L (S31603), 2205 (S32205), 904L (N08904), 6 % Mo (S31254) y superdúplex 2507 (S32750).

Esta tabla de selección evalúa el contacto a largo plazo por grado de acero inoxidable, en una solución de cloruro neutro. La zona de la derecha de cada línea corresponde a las condiciones de concentración de cloruro y temperatura en las que existe riesgo de ataque. Sin embargo, estas curvas son sólo

orientativas, ya que existen muchos otros factores adicionales que pueden ser beneficiosos o perjudiciales y que pueden desplazar las curvas hacia la izquierda o la derecha. Entre ellos se encuentran el pH, la presencia de especies oxidantes, la agitación de la solución (las condiciones de estancamiento son peores), el contenido de oxígeno disuelto, la rugosidad de la superficie, el tiempo de contacto, el contenido de inclusión y la presencia de tinte térmico.

Este tema se tratará con más detalle en nuestra próxima publicación Directrices para el uso de aceros inoxidables y aleaciones que contienen níquel en el agua (11003) que se publicará a finales de este año.

Ni



OUTOKUMPU

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

Nuevas publicaciones

La selección de aleaciones en el ácido fosfórico por vía húmeda (10015)

analiza la resistencia a la corrosión de varias aleaciones que contienen níquel y otros metales en ácido fosfórico puro y contaminado. El ácido fosfórico es un producto químico industrial importante que se utiliza en casi todas las industrias importantes. Su uso principal es la producción de fertilizantes para la agricultura y un suplemento mineral en la alimentación animal. Esta publicación es una guía útil para los ingenieros de materiales.

Las aleaciones a base de níquel de alta temperatura y alta resistencia (N.º 393)

presenta las propiedades mecánicas y físicas a temperatura ambiente y elevada de las superaleaciones a base de níquel, cobalto-níquel y hierro-níquel fundidas y forjadas. Estas propiedades son de interés en el diseño de turbinas de gas, que incluyen aplicaciones para la aviación, la automoción y la generación de energía.

Guía práctica para el uso de aceros inoxidables dúplex (10044) resume

los diferentes tipos de aceros inoxidables dúplex, sus propiedades mecánicas y físicas, la resistencia a la corrosión, la metalurgia, la fabricación y la soldadura. Proporciona orientación para utilizar con éxito estos aceros inoxidables en una amplia variedad de aplicaciones industriales.

Directrices prácticas para la fabricación de aceros inoxidables austeníticos

proporciona información sobre las propiedades, el rendimiento y la fabricación de toda la gama de aceros inoxidables austeníticos. Ofrece directrices claras y prácticas sobre el corte, el mecanizado, la unión y el acabado para garantizar que los fabricantes produzcan instalaciones y equipos de alta calidad, y que los ingenieros dispongan de la información necesaria para utilizar eficazmente estos materiales. El Nickel Institute ha colaborado con la IMOA (Asociación Internacional del Molibdeno) en la elaboración de esta publicación.

Estas publicaciones pueden descargarse gratuitamente de www.nickelinstitute.org



Detalles UNS

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

UNS	C	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	N	Ni	P	S	Si
N08904 Pág. 14	0.020 máx.	19.0-23.0	1.00-2.00	bal.	2.00 máx.	4.00-5.00	-	23.0-28.0	0.045 máx.	0.035 máx.	1.00 máx.
S30400 Págs. 5, 8, 9, 16	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 Págs. 6, 14	0.03 máx.	18.0-20.0	-	bal.	2.00 máx.	-	-	8.0-12.0	0.045 máx.	0.030 máx.	1.00 máx.
S31600 Págs. 5, 9	0.08 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.
S31603 Págs. 2, 6, 14, 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.
S31254 Pág. 14	0.020 máx.	19.5-20.5	0.50-1.00	bal.	1.00 máx.	6.0-6.5	0.18-0.22	17.5-18.5	0.030 máx.	0.010 máx.	0.80 máx.
S32205 Pág. 14	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.
S32750 Pág. 14	0.030 máx.	24.0-26.0	-	bal.	1.20 máx.	3.0-5.0	0.24-0.32	6.0-8.0	0.035 máx.	0.020 máx.	0.80 máx.



CONSTRUCCIÓN DE LA ESCULTURA SHIPBUILDERS



John McKenna en la construcción de prueba. Las figuras se hicieron por secciones en el estudio y se montaron al aire libre con la ayuda de grúas y elevadores.

Port Glasgow, en el río Clyde de Escocia, celebra su patrimonio industrial con una nueva y colosal escultura de acero inoxidable que ha tardado seis años en realizarse. El artista John McKenna, conocido por sus esculturas de tamaño natural de personas trabajando, ha recibido el encargo del ayuntamiento de realizar la escultura Shipbuilders de Port Glasgow como parte de un proyecto de regeneración de la ciudad.

La escultura de dos constructores navales que empuñan un martillo está fabricada con tubo de tipo 304 (UNS S30400) y revestido del tipo 316L (S31603) con un acabado 2B. Cada una de las facetas de la chapa de diferentes tamaños se ha formado por separado, los bordes se han doblado y luego se han soldado entre sí utilizando soldaduras por puntos de tapón para dar la impresión de miles de remaches. Las soldaduras se han electropulido meticulosamente para eliminar el tinte del calor y mejorar la resistencia a la corrosión. Además de ser

una obra de arte, la escultura Shipbuilders también ha supuesto un reto de ingeniería estructural. Con 11 metros de altura y un peso de unas 20 toneladas, la escultura tendrá que soportar los vientos de la costa oeste de Escocia cuando se coloque en su nuevo hogar, en Coronation Park, cerca del emplazamiento de los antiguos muelles de Port Glasgow.

La escultura Shipbuilders de Port Glasgow se convertirá en una nueva atracción para los visitantes cuando se instale a finales de este año.