

NICKEL REVISTA

LA REVISTA DEDICADA AL NÍQUEL Y SUS APLICACIONES

NICKEL, VOL. 38, N.º 2, 2023

Transporte: el níquel en movimiento

*Los rápidos avances
ferroviarios de la India*

*Catalizadores de níquel
en la descarbonización*

*Combustibles
marinos sostenibles*





ESTUDIO DE CASO 28

PUENTE SOBRE WALBERT NALLA



ESDA

Ubicación: Centro de distrito de Oshiwara, Bombay

Propietario del proyecto: Corporación Municipal de Brihanmumbai (BMC)

Proveedor: Jindal Stainless

Peso del acero inoxidable: 450 toneladas métricas

Grado: Dúplex 2205 (UNS S32205)

La esbelta península de Bombay cuenta con más de 440 puentes para facilitar la conectividad de sus 12,5 millones de ciudadanos. El paso elevado de Mrinaltai Gore es un enorme proyecto de infraestructura destinado a descongestionar la ciudad más poblada de la India. El proyecto se ha ejecutado en varias fases. Recientemente se ha construido una ampliación del paso elevado, el puente sobre Walbert Nalla, en el centro de distrito de Oshiwara, para satisfacer las necesidades a largo plazo de este suburbio en rápido desarrollo.

La Corporación Municipal de Brihanmumbai (BMC) encargó el proyecto, que se completó en 2022.

El objetivo era construir un puente nuevo que pudiera soportar las exigentes condiciones durante décadas, incluida una combinación de condiciones meteorológicas extremas, agua de mar y aguas residuales que fluyen por debajo. El nuevo puente requeriría un material de alta resistencia a la corrosión y gran solidez. El acero inoxidable era ideal para el reto.

Todas las vigas y complementos

estructurales se fabricaron con acero inoxidable dúplex 2205 (UNS S32205) suministrado por Jindal Stainless. Se eligió esta calidad por su elevada solidez y su gran resistencia a la corrosión gracias a su contenido en níquel y molibdeno.

La solución de acero inoxidable con níquel ofrece facilidad de mantenimiento durante toda su vida útil. Esto lo convierte en una opción económica y reduce la huella de carbono global del puente. En total, se utilizaron 450 toneladas métricas de acero inoxidable en las vigas y los componentes estructurales. 

EDITORIAL: EL NÍQUEL EN MOVIMIENTO

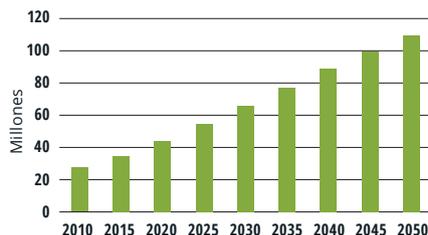
La inteligencia artificial puede haber ayudado a escribir este editorial. Probablemente no sea una aplicación de alto riesgo para ChatGPT, una tecnología revolucionaria que se ha hecho accesible en los últimos meses. Pero cuando se trata de utilizar la IA en situaciones de vida o muerte, ¿hasta qué punto son precisos los consejos que da? Si usted es uno de los primeros en adoptar la IA, consulte Pregúntele a un experto en la página 14 para obtener algunos consejos sobre cómo utilizar esta tecnología emergente en la selección de materiales.

OCDE

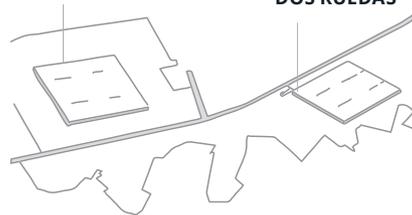
NÚMERO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS DE DOS RUEDAS POR CADA 1000 HABITANTES EN LA INDIA URBANA



NÚMERO TOTAL DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS DE DOS RUEDAS EN LA INDIA URBANA



100 PLANTA ACRES DE CELDAS **40 FÁBRICA ACRES AMPLIADA PARA VEHÍCULOS DE DOS RUEDAS**



OLA ELECTRIC

Para conseguir sistemas de transporte sostenibles es fundamental especificar los materiales adecuados para cada tarea. En esta edición de *Nickel* analizamos las diversas aportaciones de nuestro metal favorito al transporte y cómo ayuda a llevar a personas y mercancías de A a B de la forma más sostenible o con menos emisiones de carbono posible. El papel vital que desempeña está oculto. Sin embargo, el níquel aporta durabilidad y resistencia a las infraestructuras de transporte, prolongando su vida útil y ahorrando valiosos recursos. En este número también mostramos cómo el níquel añade funcionalidad a aplicaciones relacionadas con el transporte, como las baterías para vehículos eléctricos y los catalizadores en la producción de combustibles renovables.

Un buen ejemplo de cómo el níquel ayuda a mantener las cosas en movimiento es la India. Descubra cómo el níquel en trenes, motos y puentes ayuda a mantener la movilidad de este vasto país y su enorme población.

Aunque el níquel desempeña muchas funciones en nuestra vida cotidiana, a menudo se pasa por alto. En una nueva serie, *¿Por qué el níquel?* nuestros expertos explican algunas de las interesantes funciones del níquel de un modo que resulte accesible para los que no conocen este asombroso elemento. Compártalo con los jóvenes de su vida: ¡una inteligencia que no es artificial!

Clare Richardson
Editora, *Nickel*

Ola, uno de los principales fabricantes indios de motonetas, ofrece una solución para que el medio de transporte más popular de la India pase de la gasolina a la electricidad. En la página 16, lea sobre la batería de NMC y la gigafábrica que ayudarán a impulsar la transición en la lucha contra el cambio climático.

ÍNDICE

- 02 **Estudio de caso n.º 28**
Puente sobre Walbert Nalla
- 03 **Editorial**
El níquel en movimiento
- 04 **Actualidades de Nickel**
- 06 **A toda velocidad**
Los rápidos avances ferroviarios de la India
- 10 **Catalizadores de níquel**
en la descarbonización
- 12 **Combustible marino sostenible**
El poder de propulsar
- 13 **Aleaciones de níquel**
Centenario de las aleaciones de tipo B
- 14 **Preguntas y respuestas técnicas**
- 15 **¿Por qué el níquel?**
- 15 **Detalles UNS**
- 16 **La moto eléctrica Ola**
Misión eléctrica, India

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, Steve Deutsch, Rohit Kumar, Richard Matheson, Geir Moe, Kim Oakes, Juerg Schweizer, 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

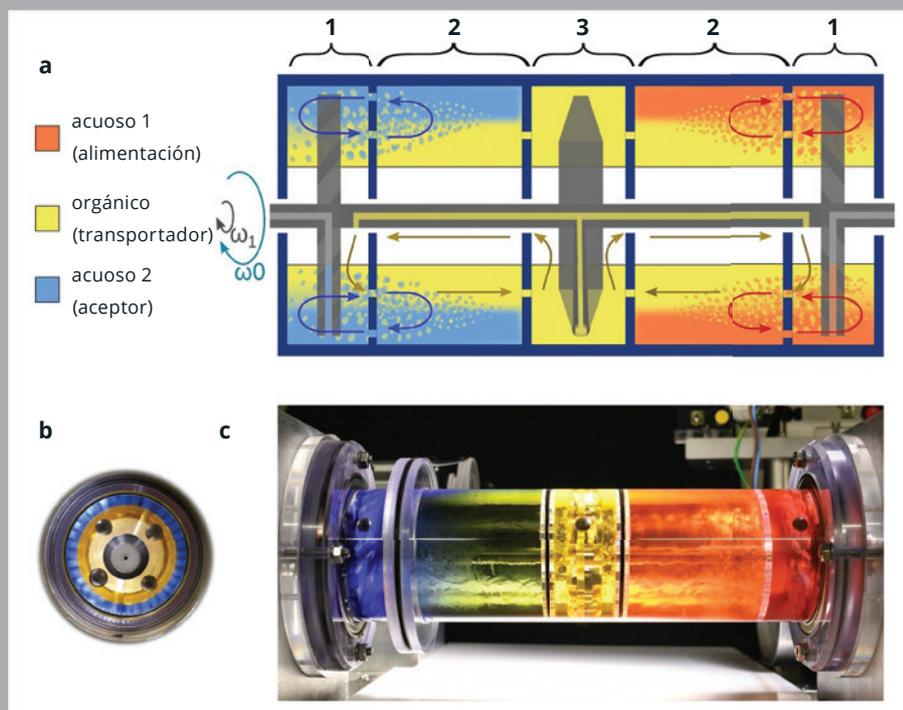
Créditos de imágenes de Stock:
Portada: iStock©Dinesh Hukmani
pág. 8. iStock©Dinesh Hukmani,
pág. 12. iStock© tawatchaiprakobkit
pág. 12. iStock© Vectorian, pág. 13. iStock©RYiosha

NICKEL

ACTUALIDADES



Un nuevo giro



Un equipo de investigadores del Instituto de Ciencias Básicas (IBS) de Corea del Sur ha creado un nuevo método para reciclar metales valiosos como el litio, el níquel y el cobalto de las baterías de iones de litio usadas, utilizando un reactor de rotación horizontal que procesa mezclas complejas de metales en un solo recipiente. A diferencia de otros reactores que utilizan membranas, este reactor puede agitarse energéticamente sin mezclar los distintos líquidos. Este proceso puede realizar la separación de metales en cuestión de minutos. El estudio descubrió que el uso del reactor líquido concéntrico puede extraer metales valiosos de las baterías usadas de forma más eficaz y con menos extractante que los métodos actuales, además de funcionar en una gama más amplia de condiciones.

Hallazgo meteórico

Un equipo de la Universidad británica de Cambridge, en colaboración con compañeros de Austria, ha hallado una nueva forma de fabricar un posible sustituto de los imanes de tierras raras: la tetrataenita, un “imán cósmico” que tarda millones de años en desarrollarse de forma natural en los meteoritos. El profesor Lindsay Greer explica que “la tetrataenita sintética ofrece la posibilidad de fabricar imanes permanentes sin tierras raras a partir de los elementos níquel, hierro y fósforo, que se encuentran en abundancia en la corteza terrestre, con lo que se evita la necesidad de extraer una enorme cantidad de material para obtener un pequeño volumen de tierras raras. La adición de fósforo permite producir tetrataenita en cuestión de segundos”. Esto podría desempeñar un papel importante en las tecnologías con bajas emisiones de carbono, como los imanes permanentes de alto rendimiento utilizados en los vehículos eléctricos.

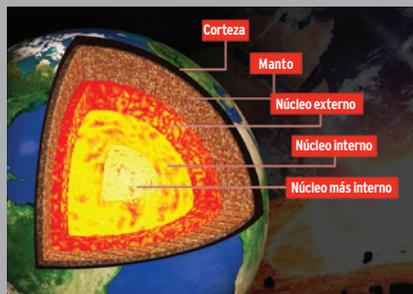


WIKIMEDIA COMMONS

Una quinta capa

Un equipo de la Universidad Nacional de Australia (ANU) ha hallado pruebas de que el planeta Tierra tiene una quinta capa, una bola sólida de aleación de hierro y níquel en el núcleo interno. Los científicos descubrieron el núcleo oculto estudiando las ondas sísmicas que viajan hasta cinco veces a través del diámetro de la Tierra; los estudios anteriores solo tenían en cuenta los rebotes individuales. Las ondas sísmicas sondearon lugares cercanos al centro en ángulos que sugerían una estructura cristalina diferente en las profundidades. Los hallazgos, publicados en la revista

Nature Communications, afirman que sondear el centro de la Tierra es fundamental para comprender la formación y evolución planetarias. Los investigadores de la ANU creen que el núcleo más interno podría ayudar a explicar la formación del campo magnético de la Tierra.



AUSTRALIAN NATIONAL UNIVERSITY

La nueva aleación despega



Un equipo de innovadores de la NASA y la Universidad Estatal de Ohio ha demostrado un gran avance: una nueva aleación imprimible en 3D para entornos extremos. Denominada GRX-810, está compuesta de níquel, cobalto y cromo. Podría dar lugar a piezas más resistentes y duraderas en el interior de los motores de aviones y naves espaciales. Denominada “aleación reforzada por dispersión de óxido (ODS) a nanoescala”, la GRX-810 puede soportar temperaturas superiores a 1080 °C (2000 °F). Diminutas partículas que contienen átomos de oxígeno se esparcen por toda la aleación para aumentar su resistencia, soportando condiciones más duras antes de alcanzar sus puntos de rotura. “Esta nueva aleación es un gran logro”, afirma Dale Hopkins, subdirector del proyecto Herramientas y Tecnologías Transformadoras de la NASA.

NASA

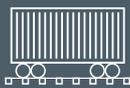
A TODA VELOCIDAD

EL NÍQUEL EN LAS REDES FERROVIARIAS INDIAS, EN RÁPIDA EXPANSIÓN

FERROCARRIL



22 millones de pasajeros diarios



3,5 millones de toneladas de mercancías diarias



INDIAN RAILWAYS

Los aceros inoxidables que contienen níquel ofrecen ventajas incomparables en términos de resistencia, durabilidad, eficiencia energética y menores requisitos de mantenimiento.

Desde el metro hasta la línea principal, Indian Railways (IR) es una de las mayores redes ferroviarias del mundo bajo una única administración, con más de 22 millones de pasajeros y aproximadamente 3,5 millones de toneladas de mercancías diarias. Está reconocida como una de las mayores empresas comerciales del mundo, con más de 1,6 millones de empleados. Para seguir el ritmo de cambio derivado del crecimiento demográfico, la urbanización y la industrialización, el sector ferroviario indio está experimentando un rápido desarrollo, con el objetivo de crear una red más rápida, eficiente y extensa. El ambicioso futuro de las infraestructuras ferroviarias de la India exige inversiones prudentes que garanticen su viabilidad a largo plazo. Aquí es donde los aceros que contienen níquel desempeñan un papel fundamental.

La modernización del sistema ferroviario indio, tanto de metro como de línea principal, abarca varios aspectos. Entre ellos destacan el aumento de la velocidad de los sistemas de mercancías y pasajeros, la electrificación de toda la red y la rápida ampliación de las líneas ferroviarias dentro de las ciudades y entre ellas. Un cambio tan monumental requiere la adopción de tecnologías ferroviarias innovadoras y el desarrollo de estaciones y andenes a una escala sin precedentes.

Los metros se multiplican en las grandes ciudades

Inaugurado en Delhi en 2002, el metro se ha convertido en un elemento habitual en casi todas las grandes ciudades indias, ya sea en funcionamiento o en diversas fases de construcción. Estos sistemas de metro dependen en gran medida de aceros inoxidables austeníticos sin pintar, y casi el 100 % de los vagones de metro están

fabricados con aceros que contienen níquel. Estos materiales ofrecen una construcción ligera y de alta resistencia con una durabilidad y resiliencia excepcionales. Cada vagón de metro incorpora aproximadamente 8 toneladas de acero inoxidable de tipo 301LN (UNS S30153), con niveles de límite elástico trabajados en frío que oscilan entre 345 y 690 MPa (50 y 100 ksi). Las ventajas son la reducción del peso, el aumento de la eficiencia energética, la eliminación de los requisitos de pintura y una disminución significativa de las necesidades de mantenimiento.

Ya hay más de 3000 vagones de metro en funcionamiento, y está previsto añadir otros 3000 en los próximos tres a cinco años. Para satisfacer esta creciente demanda, hay tres fábricas de vagones de metro en funcionamiento, dos en fase avanzada de construcción y otras dos en fase de planificación. Estos avances convierten a la India en

un centro mundial de fabricación de vagones de metro.

Acero inoxidable en todas las estaciones

La red de metro india cuenta actualmente con 660 estaciones en funcionamiento, otras 228 en construcción y 213 en fase de planificación. Además, en un futuro próximo se construirán otras 500 estaciones. Dado que los sistemas de metro funcionan mucho durante todo el día, el mantenimiento de la infraestructura, sobre todo de las estaciones, se convierte en una tarea costosa y difícil.

Para minimizar los requisitos de mantenimiento y aumentar la capacidad de servicio y la vida útil, se recomienda encarecidamente el uso de aceros inoxidables que contengan níquel para sistemas de barandillas, revestimientos, marquesinas, mostradores, señalización y otras funciones útiles. Las licitaciones para todas estas aplicaciones especifican el uso de acero inoxidable de tipo 304 (S30400).

Hasta la fecha, las estaciones de metro terminadas o en construcción han necesitado unas 30 000 toneladas de acero inoxidable.

La construcción en curso de nuevos sistemas de metro está transformando rápidamente más de 20 ciudades indias. En la actualidad, las ciudades indias cuentan con más de 840 kilómetros de líneas de metro operativas, con otros 480 kilómetros en construcción y planes aprobados para otros 375 kilómetros. Además, se están estudiando aproximadamente 1060 kilómetros de rutas propuestas para su futuro desarrollo.



METRO

8 toneladas de acero inoxidable tipo 301LN por vagón



3000 vagones de acero inoxidable en funcionamiento

3000 nuevos vagones de acero inoxidable en los próximos 3 a 5 años

840 km de líneas de metro en uso



480 km en construcción

375 km propuestos

660 estaciones en uso



228 estaciones en construcción

213 estaciones previstas

FERROCARRIL



60 000 vagones en uso
7000 vagones en producción
7800 vagones en 2024



29 000 toneladas anuales de
acero inoxidable con níquel
de tipo 304
3600 toneladas del tipo 316L
para accesorios



8000 estaciones en uso
100 estaciones en fase de
remodelación
1275 estaciones
identificadas para su
remodelación



Los trenes de largo recorrido pasan a la alta producción

Los trenes de largo recorrido son un sector crítico del ferrocarril indio, que facilitan el transporte de pasajeros y mercancías entre ciudades. Esta parte de la red explota más de 60 000 vagones de ferrocarril.

Desde 2018, Indian Railways emplea exclusivamente acero inoxidable para toda su producción de vagones, incluidos los trenes de largo recorrido y rápidos. Los componentes más propensos a la corrosión, como el techo, el suelo acanalado, el inodoro, el digestor biológico, los depósitos de agua y las pasarelas de entrada, se fabrican con aceros inoxidables austeníticos que contienen níquel. Los paneles laterales y de los extremos utilizan aceros inoxidables de uso general que se pintan en función de los requisitos de la categoría del vagón.

Indian Railways anunció recientemente su programa anual de producción de vagones, proyectando un aumento de la demanda de acero inoxidable. Este año se están fabricando un total de 7000 vagones, y se prevé fabricar 7800 el año que viene. Para ello se necesitarán más de 29 000 toneladas anuales de acero inoxidable de tipo 304 que contenga níquel. Otras 3600 toneladas de acero inoxidable de tipo 316L (S31603) se utilizarán para los accesorios de los vagones, como los tanques biodigestores.

A medida que se desarrollan nuevos diseños de vagones y los gobiernos se centran en reducir el peso, se está considerando la posibilidad de utilizar aceros inoxidables austeníticos que contienen níquel para las paredes laterales. Esto ampliará su cuota de mercado en los próximos dos años.

Planes de remodelación a gran escala

Con unas 8000 estaciones de ferrocarril principales y de otro tipo en la India, se estableció un plan integral de remodelación para dar prioridad a los proyectos de construcción. Aproximadamente 100 estaciones están siendo remodeladas como empresas inmobiliarias comerciales autosuficientes. Las principales estaciones de Delhi, Ahmedabad y Bombay están siendo remodeladas con una inversión combinada de más de 1250 millones de USD. En otras cinco estaciones destacadas se están realizando obras de gran envergadura. En estos proyectos gubernamentales a gran escala, los aceros inoxidables que contienen níquel son la opción preferida para fachadas, sistemas de barandillas y diversos servicios debido a su resistencia a la corrosión, durabilidad, facilidad de fabricación y requisitos de mantenimiento bajos o mínimos.

A principios de este año, Indian Railways anunció el Plan de Estaciones Amrit Bharat, que prevé la remodelación de otras 1275 estaciones de todo el país. Con un desembolso presupuestario de 30 000 millones de USD para el próximo ejercicio fiscal, se prevé que el acero inoxidable que contiene níquel desempeñe un papel destacado en esta remodelación.

Así se garantizará que la vital red ferroviaria de la India siga aportando soluciones sostenibles a los retos de urbanización e industrialización de la nación más poblada del mundo.

A medida que se amplía la infraestructura ferroviaria de la India, la incorporación de materiales que contienen níquel resulta cada vez más crucial. Garantiza la sostenibilidad y el éxito a largo plazo de la red ferroviaria, apoya el crecimiento económico de la nación y satisface las demandas de su floreciente población.

La utilización del níquel en el sector ferroviario indio es indispensable para su transformación en una red eficiente y resistente que sirva a la nación durante décadas.

Ni

CATALIZADORES DE NÍQUEL

LAS MÚLTIPLES VÍAS PARA DESCARBONIZAR EL TRANSPORTE

Los catalizadores a base de níquel son fundamentales para suministrar la energía que impulsa nuestro transporte de mercancías y personas, ya sea por tierra, mar o aire. Además de su papel en la producción de biodiésel, diésel renovable y SAF (combustible de aviación sostenible), los catalizadores de níquel se utilizan en electrolizadores de agua para la producción de hidrógeno. A continuación, el hidrógeno puede quemarse directamente, utilizarse en pilas de combustible, emplearse en el hidrot ratamiento de otros combustibles renovables o convertirse en otro combustible, como metanol o amoníaco. El hidrógeno también puede utilizarse en la producción neta cero de otros productos químicos, o para la producción de acero a partir de mineral de hierro.

Electrolizadores

AEM Membrana de intercambio aniónico

AWE Electrolizador alcalino

PEM Membrana electrolítica polimérica/membrana de intercambio de protones

SOEC Celda de electrolizador de óxido sólido

Electrolizadores y pilas de combustible

Los electrolizadores dividen el agua en oxígeno e hidrógeno. Una pila de combustible es un electrolizador al revés, que combina oxígeno e hidrógeno en agua para producir electricidad. Cuando se produce con energías renovables, se denomina hidrógeno "verde", y la Agencia Internacional de la Energía prevé que su demanda se dispare en los próximos 25 años.

En la actualidad existen cuatro tipos de electrolizadores: de membrana electrolítica polimérica (también conocida como membrana de

intercambio de protones, PEM), electrolizador alcalino (AWE), de membrana de intercambio aniónico (AEM) y celda de electrolizador de óxido sólido (SOEC). Aunque los electrolizadores PEM son los más eficientes, requieren el uso de platino e iridio como electrocatalizadores, mientras que las otras tres tecnologías utilizan electrocatalizadores a base de níquel. De los tipos que contienen níquel, los AWE son los más avanzados comercialmente. En los AWE, el níquel se encuentra en el ánodo, el cátodo y en los componentes del campo de flujo de la celda electrolítica.

Vista ampliada de una celda AWE

En los AWE, el níquel se encuentra en el ánodo, el cátodo y en los componentes del campo de flujo de la celda de electrolizador.



El campo de flujo consiste en una malla suelta de níquel, para permitir el fácil transporte del electrolito y los gases desprendidos. El ánodo suele ser una malla de níquel compuesta por fibras sinterizadas, mientras que el cátodo es una malla similar de fibras de níquel recubierta con un catalizador. Estos catalizadores son propiedad del proveedor, pero el NiFeOx se utiliza habitualmente.

Pros y contras de distintos catalizadores

El costo de capital relativamente bajo de los AWE ha propiciado su uso creciente, pero para minimizar los costos de producción y satisfacer la demanda de electricidad renovable se están introduciendo los AEM y los SOEC. Los AEM tienen la ventaja de una mayor eficiencia eléctrica en comparación con los AWE, a la vez que utilizan materiales similares, por lo que a menudo se consideran un punto intermedio entre los AWE y los PEM. Al igual que los AWE, los AEM utilizan mallas de níquel para controlar el flujo y suministrar corriente, y también emplean catalizadores de níquel. A diferencia de los catalizadores relativamente sencillos utilizados en los AWE, los catalizadores AEM

suelen ser más complejos. Entre los catalizadores anódicos propuestos que muestran un alto rendimiento se incluyen los hidróxidos de doble capa de NiFe soportados sobre papel de carbono y las aleaciones NiCoSe soportadas sobre espuma de Ni. Los catalizadores catódicos suelen ser aleaciones de NiFe y NiCo soportadas sobre malla de Ni.

Los SOEC funcionan a temperaturas muy elevadas (> 600 °C) y ofrecen un alto rendimiento con la posibilidad de integrar el calor residual en aplicaciones industriales. En los SOEC, el electrocatalizador, a menudo partículas metálicas de Ni, se apoya directamente sobre el electrolito, que es un óxido metálico que se vuelve conductor de iones a la alta temperatura de funcionamiento.

Níquel irremplazable

Estos son solo ejemplos del papel que desempeñarán los catalizadores y otros componentes que utilizan níquel en un futuro descarbonizado. El costo relativamente bajo del níquel, su inercia a las sustancias cáusticas y sus prestaciones específicas en los electrolizadores lo convierten en un elemento insustituible de estas tecnologías emergentes.

Ni

El primer tren de pasajeros impulsado por hidrógeno de Norteamérica debutó en 2023 en una ruta de Quebec a Baie-Saint-Paul.

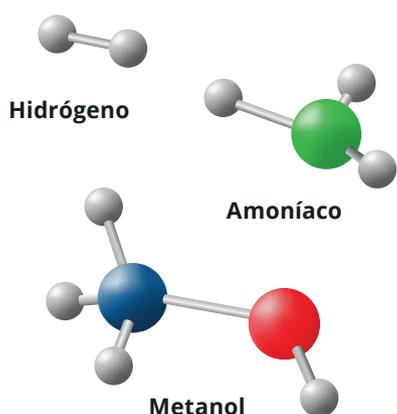


© ALSTOM SA 2023

NAVEGAR POR EL DESARROLLO DE COMBUSTIBLES MARINOS SOSTENIBLES



Los aceros inoxidables que contienen níquel son esenciales en la producción de combustibles marinos sostenibles.



Dado que la Organización Marítima Internacional (OMI) pretende reducir las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) en al menos un 50 % de aquí a 2050, los aceros inoxidables que contienen níquel desempeñarán un papel importante en las opciones que se barajan. Para alcanzar este objetivo, la industria naval necesita combustibles con bajas emisiones de carbono, neutros en carbono o con cero emisiones de carbono. Las tres opciones principales son el hidrógeno, el amoníaco y el metanol. El metanol es el más fácil de manipular, ya que es un líquido a temperatura ambiente, mientras que el amoníaco y el hidrógeno son líquidos a $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Hidrógeno

El hidrógeno podría utilizarse como combustible mediante combustión o generación de electricidad a través de una pila de combustible. Sin embargo, el almacenamiento de hidrógeno líquido a menos $253\text{ }^{\circ}\text{C}$ es más complejo, y su baja densidad volumétrica de energía requiere tanques más grandes que los que se necesitarían para el metanol y el amoníaco. El hidrógeno como combustible podría ser viable si se construyeran petroleros especializados en los que la carga de hidrógeno también proporcionara el combustible para el barco.

Actualmente, el hidrógeno se produce mediante el reformado al vapor del gas natural. Para que sea neutro en carbono o de carbono cero requiere la producción por electrólisis del agua utilizando energías renovables o nuclear, o por reformado al vapor pero incluyendo la captura de carbono.

Las propiedades específicas del hidrógeno plantean grandes exigencias a los materiales. Por ejemplo, el acero inoxidable que contiene níquel es resistente a la permeación y degradación de sus propiedades por el hidrógeno, y el almacenamiento de hidrógeno a menos $^{\circ}\text{C}$ requiere la tenacidad del acero inoxidable que contiene níquel a temperaturas criogénicas extremas.

Amoníaco

El amoníaco ha despertado un gran interés. Aunque es muy tóxico, se

manipula habitualmente en la producción de fertilizantes a base de nitrógeno. Entre los proyectos previstos para utilizar amoníaco como sustituto directo en motores de combustión interna figuran la conversión de un remolcador existente a amoníaco a partir de GNL por parte de la japonesa NYK y el cambio de Viking Energy a una pila de combustible de amoníaco para un buque de suministro en alta mar. El amoníaco se produce mediante el proceso Haber, que consiste en la reacción del nitrógeno atmosférico con el hidrógeno utilizando un catalizador metálico a altas temperaturas y presiones. El acero inoxidable que contiene níquel es esencial en varios puntos del proceso.

Metanol

El metanol se utiliza actualmente como combustible marino, pero es un combustible a base de carbono producido a partir del gas natural. Aunque el metanol neutro en carbono puede producirse a partir de la biomasa, también existe tecnología para producir metanol por reacción del dióxido de carbono y el hidrógeno.

A medida que avanza su desarrollo, los aceros inoxidables que contienen níquel son esenciales en la producción de combustibles marinos sostenibles para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.



CENTENARIO DE LAS ALEACIONES A BASE DE NÍQUEL DE TIPO B (Ni-Mo)

Antes de la introducción de la familia C de aleaciones a base de níquel (Ni-Cr-Mo) a principios de los años 30, se había trabajado en composiciones de aleaciones de níquel-molibdeno. Esto dio lugar a la concesión de una patente, en 1921, para una gama de composición de aleaciones de níquel y molibdeno, que finalmente condujo a la introducción de la aleación B (Ni-Mo) en 1923, con un contenido de níquel del 60 % y casi un 30 % de molibdeno.

Las aleaciones de tipo B poseen una resistencia excepcional a los ácidos reductores, como el clorhídrico, el sulfúrico, el acético y el fosfórico. Desgraciadamente, las aleaciones de tipo B tienen poca resistencia a la corrosión en ambientes oxidantes. Por lo tanto, no se recomienda su uso en medios oxidantes o en presencia de sales férricas o cúpricas que puedan provocar un fallo prematuro por corrosión rápida. Estas sales pueden formarse cuando el ácido clorhídrico entra en contacto con el hierro y el cobre.

Antes de la Segunda Guerra Mundial, la aleación B se utilizaba en los álabes de las turbinas de sobrealimentación de los motores de aviación para aumentar el rendimiento y la potencia. Con el tiempo, esta aplicación fue sustituida por otras superaleaciones.

La aleación B-2, introducida en los

años setenta, era una modificación de la composición B original. Presentaba un contenido reducido de silicio y carbono, para mejorar la estabilidad térmica y resistir la formación de carburos en el límite de grano. Esta mejora de la resistencia a la corrosión fue especialmente beneficiosa en la zona afectada por el calor tras la soldadura.

La composición se optimizó adicionalmente en el tipo B-3 para mejorar aún más la estabilidad térmica y las características de fabricación, así como la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión.

El molibdeno proporciona principalmente la resistencia a la corrosión en entornos ácidos reductores, pero es la base de níquel la que permite la fundación de una aleación de ingeniería que puede fabricarse y soldarse fácilmente en equipos de utilidad industrial. Ni



Las aleaciones de tipo B se han utilizado principalmente en entornos de ácido clorhídrico y sulfúrico, así como en ácidos acético, fosfórico y fórmico. Las aplicaciones específicas incluyen recipientes de reacción, intercambiadores de calor, válvulas, bombas y tuberías.

Composición típica de las aleaciones de la familia B								
Aleación	(UNS)	Introducción	Ni	Mo	Cr	Si máx.	Fe	C máx.
B	(N10001)	1923	bal.	28	1	1	5	0.05
B-2	(N10665)	Década de 1970	bal.	28	1	0.10	2	0.02
B-3	(N10675)	Década de 1990	bal.	28	2	0.10	2	0.01



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 está disponible para brindar asesoramiento técnico gratuito sobre una amplia gama de aplicaciones como el acero inoxidable, las aleaciones de níquel y el níquelado para permitir el uso del níquel con confianza.
<https://inquiries.nickelinstitute.org/>

P: ¿Hasta qué punto debo confiar en las respuestas sobre las propiedades y aplicaciones de los materiales que contienen níquel generados por la IA, como ChatGPT?

R: ChatGPT es un gran modelo de lenguaje, desarrollado por OpenAI. Se entrena utilizando varios conjuntos de datos, la mayoría basados en la web, pero su entrenamiento no es supervisado, frente al supervisado, que requeriría la orientación de expertos en la materia, sería increíblemente costoso y llevaría mucho tiempo. La IA genera su respuesta prediciendo la siguiente palabra de una secuencia basándose en la probabilidad. Dado que sus resultados se basan en probabilidades, no puede hacer referencia a la fuente de los datos en su respuesta. Así, en última instancia, la calidad de la respuesta depende de la calidad de la información proporcionada durante el entrenamiento.

La mayor parte de la información sobre los materiales que contienen níquel se encuentra tras muros de pago, en publicaciones que no

están disponibles gratuitamente en formato digital o es conocimiento de expertos en la materia. Las publicaciones del Nickel Institute están digitalizadas y, por tanto, pueden consultarse, pero, por lo que sabemos, no se han incorporado a los conjuntos de datos utilizados para entrenar Chat GPT. Estas publicaciones están disponibles gratuitamente en nuestro sitio web: nickelinstitute.org.

Hemos puesto a prueba al ChatGPT con varias preguntas sencillas, y las respuestas son impresionantes. Pero en todos los casos hay errores. Incluso OpenAI admite que a veces las respuestas pueden ser engañosas o inexactas. Así pues, las respuestas pueden ser útiles para orientar la búsqueda de información, pero no deben considerarse la última palabra. Ni

NICKEL

EN LÍNEA

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 [@NickellInstitute](https://twitter.com/NickellInstitute)

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/NickellInstitute



El níquel puede encontrarse en muchas formas, desde nanocables hasta aleaciones de acero inoxidable. Pero, ¿cuáles son las propiedades del níquel que lo convierten en un elemento esencial en los objetos cotidianos?

¿Por qué el níquel?

EL NÍQUEL EN LAS RESISTENCIAS DE SU TOSTADORA

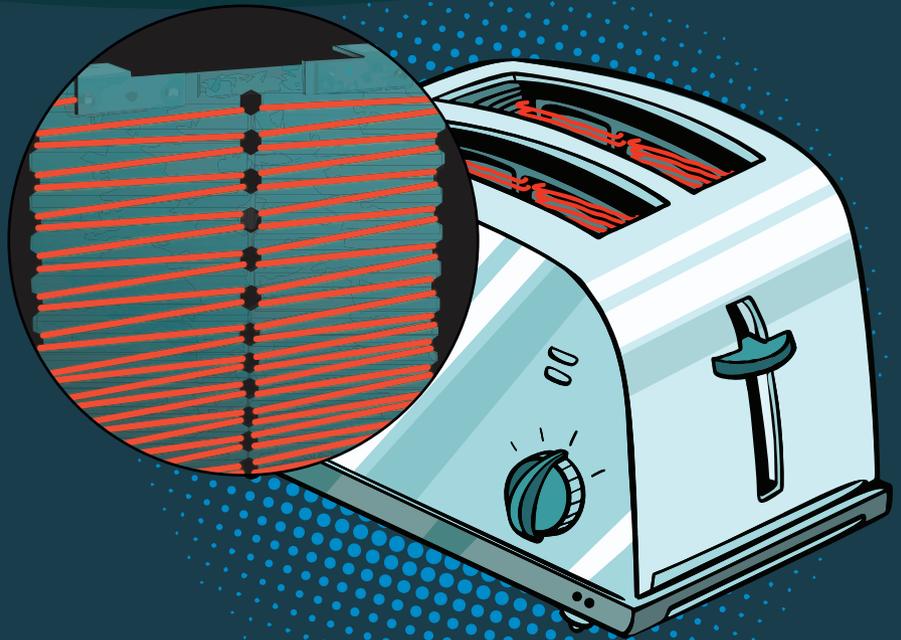
La tostadora común

En los países donde el pan se consume habitualmente y suele venderse en rebanadas, la mayoría de los hogares disponen de una tostadora eléctrica en la cocina. La tostadora calienta el pan para crear una capa exterior dorada y crujiente que cambia tanto la textura como el sabor.

Pero, ¿cómo funciona?

El calor procede de cables de pequeño diámetro por los que pasa la electricidad. Su alta resistencia a la corriente eléctrica hace que brillen en rojo, pero el calor procede de las ondas infrarrojas, que sentimos como calor, pero no podemos ver con los ojos.

Estos alambres se fabrican con una aleación llamada nicromo, que contiene aproximadamente un 80 % de níquel y un 20 % de cromo. Durante el uso, los cables se calientan mucho, hasta 620 °C (1150 °F). Sin embargo, el aire que rodea el pan puede estar a solo 150 °C (300 °F), todavía lo suficientemente caliente como para quemarte los dedos.



¿Por qué el níquel?

El níquel del nicromo es necesario para evitar que el alambre se vuelva quebradizo a lo largo de las miles de veces que se calienta y se enfría. La combinación de níquel y cromo proporciona la alta resistencia eléctrica necesaria para calentarse rápidamente y mantenerse caliente. El cromo permite que el alambre no reaccione con el oxígeno del aire, por lo que no pierde grosor con el tiempo.

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	Fe	Mn	Mo	N	Ni	P	S	Si
S30153 pág. 6	0.03 máx.	16.0- 18.0	bal.	2.00 máx.	-	0.07- 0.20	6.0- 8.0	0.045 máx.	0.030 máx.	1.00 máx.
S30400 pág. 7	0.08 máx.	18.0- 20.0	bal.	2.00 máx.	-	-	8.0- 10.5	0.045 máx.	0.030 máx.	1.00 máx.
S31603 pág. 9	0.030 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.
N06003 pág. 15	0.15 máx.	19.0- 21.0	1.00 máx.	2.5 máx.	-	-	bal.	-	0.01 máx.	0.75- 1.6



INDIA SE PASA AL VEHÍCULO ELÉCTRICO

OLA ELECTRIC



Ola Electric afirma estar "comprometida con su misión de construir movilidad para mil millones de personas" al anunciar la "Misión Eléctrica", su compromiso de apoyar que no se venda ningún vehículo de dos ruedas de gasolina en la India a partir de 2025. El cambio masivo a las motonetas eléctricas tendrá un impacto positivo significativo en la crisis climática.

Es el medio de transporte personal más popular y cómodo del país, con más del 80 % de los vehículos en circulación. Las subvenciones públicas provocaron el cambio de los combustibles fósiles a los eléctricos, y la India cuenta ahora con más de 1,3 millones de vehículos de dos ruedas con motor eléctrico en sus bulliciosas calles. Es solo el 4,6 %, con el ambicioso objetivo del 80 % en los próximos siete años.

Uno de los principales fabricantes de motonetas eléctricas, Ola, quiere contribuir a que la producción de motonetas eléctricas crezca exponencialmente. Según Bhavesh Aggarwal, fundador y director ejecutivo de Ola Electric, "una celda es el corazón de la revolución de los vehículos eléctricos. Ola está construyendo el centro de investigación de celdas más avanzado del mundo, que nos permitirá escalar e innovar más rápido y construir con rapidez los productos de VE más avanzados y asequibles del mundo".

Ola Electric presentó en julio de 2022 la primera celda de iones de litio de desarrollo propio de la India, la NMC 2170. Antes, las empresas de

vehículos eléctricos de la India dependían de las celdas de Corea, Taiwán, China y Japón.

Según Aggarwal, "la vanguardista celda cilíndrica Ola de alto contenido en níquel utiliza NMC en el cátodo y grafito y silicio en el ánodo. El uso de una química y unos materiales específicos permite a la celda almacenar más energía en un espacio determinado y también mejora el ciclo de vida total de la celda. Lo que significa que puede llegar más lejos con una sola carga".

Fabricada internamente, Ola comenzará la producción en masa de su celda NMC 2170 cuando abra su gigafactoría a finales de 2023.

Ni