

NICKEL REVISTA

LA REVISTA DEDICADA AL NÍQUEL Y SUS APLICACIONES

NICKEL, VOL. 37, N.º 2, 2022

El níquel potencia la sostenibilidad

El acero patinable da lugar a los paneles solares

Las energías renovables brillan con la energía solar concentrada

*V2G: más posibilidades
Cómo los vehículos eléctricos pueden ayudar a alimentar la red*

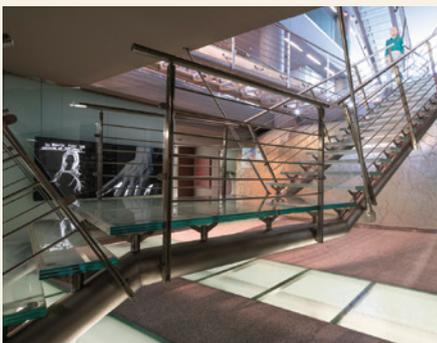




TONI NICOLINI



La Torre Abdi Ibrahim fue diseñada por los arquitectos Dante O. Benini & Partners, Milán



ESTUDIO DE CASO 25 TORRE ABDI IBRAHIM

En Estambul, la sede de la empresa farmacéutica Abdi Ibrahim destaca como un importante ejemplo de diseño arquitectónico italiano. El acero inoxidable que contiene níquel se ha utilizado en gran medida para las partes externas e internas de la torre de 21 000 m² que consta de 25 pisos y tiene 120 metros de altura.

En el exterior, se seleccionó el acero inoxidable tipo 316 (UNS S31600) para los escudos verticales fabricados con chapas microperforadas. Estos paneles ocultan los sistemas de aire acondicionado y también filtran la luz natural, contribuyendo al confort climático del lugar de trabajo. En las paredes orientadas al sur del edificio, las cortinas conectadas con una estructura tubular inclinada también son del tipo 316.

El interior del edificio presenta una llamativa escalera suspendida abierta a tres niveles en el vestíbulo principal, que da la impresión de estar “colgada

en el vacío”. Está conectada en solo dos puntos por monturas moldeadas que abrazan la parte inferior de los elementos tubulares portantes. Estos tubos de 210.3 mm de diámetro, las varillas transversales de 12 mm de diámetro del parapeto, así como los pasamanos de tubo soldado de 40 mm, también están fabricados en el tipo 316, con acabado satinado. Detalles de acero inoxidable, como vallas, puertas de acceso, aplicaciones gráficas y elementos decorativos interiores, completan el edificio.

Fuente: *Centro Inox/ Inossidabile 225*
<http://www.centroinox.it/>



EDITORIAL: EL NÍQUEL POTENCIA LA SOSTENIBILIDAD

FUENTE: CERO NETO PARA 2050: UNA HOJA DE RUTA PARA EL SECTOR ENERGÉTICO MUNDIAL - AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA

El níquel tiene un papel esencial en el suministro de la energía renovable y baja en carbono que necesitamos desesperadamente para ayudar a combatir el cambio climático. La hoja de ruta de la Agencia Internacional de Energía para alcanzar cero emisiones netas de aquí a 2050 identifica las contribuciones de varias tecnologías renovables a la capacidad eléctrica. Las propiedades del níquel en los aceros inoxidables, las baterías, las aleaciones de níquel y los aceros de baja aleación cumplen en casi todas las tecnologías renovables.

	Capacidad eléctrica (GW)					Cuotas (%)			CAAGR (%)	
	2019	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2050	2020-2030	2020-2050
Capacidad total	7.484	7.795	14.933	26.384	33.415	100	100	100	6.7	5.0
Energías renovables	2.707	2.994	10.293	20.732	26.568	38	69	80	13	7.5
Solar FV	603	737	4 956	10 980	14 458	9	33	43	21	10
Eólica	623	737	3 101	6 525	8 265	9	21	25	15	8.4
Hidroeléctrica	1 306	1 327	1 804	2 282	2 599	17	12	8	3.1	2.3
Bioenergía	153	171	297	534	640	2	2	2	5.7	4.5
<i>de los cuales BECCS</i>			28	125	152		0	0	n.a.	n.a.
ESC	6	6	73	281	426	0	0	1	28	15
Geotérmica	15	15	52	98	126	0	0	0	13	7.4
Marina	1	1	11	32	55	0	0	0	34	16

En esta edición analizamos específicamente el níquel en la energía solar, tanto la fotovoltaica como la de concentración. Según la hoja de ruta, estas tecnologías representarán una fuente importante de energías renovables de aquí a 2050.

La combinación de energías renovables y vehículos eléctricos es convincente. La EPA de EE. UU. estima que el transporte representó la mayor parte de las emisiones de GEI de EE. UU. en 2020. Para aumentar el atractivo de los vehículos eléctricos, se está trabajando mucho en el desarrollo de baterías de alta intensidad energética y larga duración. Informamos de los avances que se están produciendo en Canadá con la promesa de la batería de 4 millones de millas.

El Nickel Institute se ocupa de que los materiales que contienen níquel se utilicen correctamente. Si se preguntaba por las diferencias entre los tipos de acero inoxidable, no busque más allá de nuestro artículo de la página 12, donde se ofrecen consejos sobre lo que debe tener en cuenta cuando busque materiales alternativos y posiblemente menos costosos. El conocimiento de las cualidades de las distintas familias de acero inoxidable puede ayudar a evitar costosos errores y garantizar que los materiales especificados sean sostenibles. En caso de duda, póngase en contacto con el servicio de consultas técnicas del Nickel Institute. Estamos aquí para ayudarle.

Clare Richardson,
Editora, *Nickel*

Clare Richardson

ESQUEMA SIMPLIFICADO DE VEHÍCULO A RED (V2G)

Flujo bidireccional de energía entre los vehículos eléctricos y la red eléctrica



REF: BIBAK, B. Y TEKINER-MOGULKOC, H. (2021)

La batería de 4 millones de millas abre la posibilidad de utilizar los VE estacionados para ayudar a alimentar la red. Lea "Las baterías de 4 millones de millas ofrecen más posibilidades" en la página 11.

ÍNDICE

- 02 **Estudio de caso n.º 25**
Torre Abdi Ibrahim
- 03 **Editorial**
El níquel potencia la sostenibilidad
- 04 **Actualidades de Nickel**
- 06 **Acero patinable**
Sistemas de montaje fotovoltaico
- 08 **Energía solar concentrada**
Energía renovable
- 11 **Baterías de 4 millones de millas**
V2G: más posibilidades
- 12 **Selección de aleaciones de níquel**
Todo queda en familia
- 14 **Preguntas y respuestas técnicas**
- 15 **Nuevas publicaciones**
Guías INCO actualizadas, Revestimiento de paredes con aleaciones de NiCrMo, Cómo determinar las emisiones de GEI
- 15 **Detalles UNS**
- 16 **Banco dragón de Oregón**
Impresión 3D innovadora

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, Parul Chhabra, Gary Coates, Richard Matheson, Geir Moe, Kim Oakes, Philip Song, 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

Créditos de imágenes de Stock: Portada: iStock@xijian
pág. 5 Shutterstock Rich T Foto
pág. 6. iStock@jiang suying pág. 9 iStock@simonkr,

NICKEL

ACTUALIDADES



¿Hojas sedientas?



¿Cómo saber si sus cultivos necesitan agua antes de que sea demasiado tarde? Investigadores brasileños han creado un sensor portátil para las hojas de las plantas, hecho de níquel depositado en un patrón estrecho y serpenteante que puede detectar la pérdida de agua oportunamente. En *ACS Applied Materials & Interfaces*, el equipo informa que fijó los electrodos metálicos a una planta viva en un invernadero. El dispositivo compartió datos de forma inalámbrica con una aplicación para teléfonos inteligentes y un sitio web, y una técnica de aprendizaje automático sencilla y rápida convirtió con éxito estos datos en el porcentaje de contenido de agua perdido. Los dispositivos, cuya fiabilidad se ha demostrado en interiores, se probarán ahora en exteriores para determinar cuándo hay que regar las plantas, lo que podría ahorrar recursos y aumentar el rendimiento.

¡Extracto extra!

Una nueva tecnología de biolixiviación para extraer minerales como el níquel y el cobalto de los residuos mineros está dando que hablar. La empresa BacTech Environmental Corp., con sede en Toronto (Canadá), ha creado una planta piloto en el norte de Ontario, donde se encuentran entre 75 y 100 millones de toneladas de residuos mineros en la zona de Greater Sudbury. La roca de los relaves, normalmente un producto de desecho, se introducirá en grandes tanques de acero inoxidable donde las bacterias separan los metales valiosos de la roca durante seis días, "atacándola literalmente", dice el director general de BacTech, Ross Orr. La gran demanda de baterías para vehículos eléctricos ha aumentado el valor de minerales como el níquel y el cobalto, y ha hecho que este proceso sea más viable; y con cada tanque funcionando de forma independiente se puede ampliar fácilmente.



ROSS ORR

Avance de las pilas de combustible

El níquel recubierto de carbono está demostrando ser la respuesta para crear una pila de combustible de hidrógeno completamente libre de metales preciosos. Un equipo de investigadores de la Universidad de Wisconsin-Madison, la Universidad de Cornell y la Universidad de Wuhan ha diseñado un electrocatalizador a base de níquel con una cubierta de 2 nanómetros hecha de carbono dopado con nitrógeno. Este innovador avance con un ánodo de Ni@CNx, emparejado con un cátodo de espinela de Co-Mn, exhibió una densidad de potencia máxima récord de más de 200 mW/cm². El Ni@CNx mostró una durabilidad superior a la de un catalizador de nanopartículas de níquel debido a la mayor resistencia a la oxidación que proporciona la capa de CNx. Según el equipo, "las pilas de combustible no necesitan una unidad especial para eliminar el monóxido de carbono y pueden utilizar hidrógeno menos refinado, reduciendo aún más los costos".



Diminuta etiqueta con el nombre



WADA PRECISION DENTAL RESEARCH INSTITUTE

Un fabricante de prótesis dentales en Japón, el laboratorio dental Wada Seimitsu, ha puesto en marcha un servicio para fijar la "etiqueta con el nombre" del propietario a las prótesis dentales para ayudar a identificar a la persona en caso de un desastre. En una pequeña placa de aleación de níquel y cromo, colocada en el interior de la prótesis, están grabados el apellido y un código bidimensional relacionado con la clínica dental que proporcionó la prótesis. En la parte superior se aplica un revestimiento de resina para mayor comodidad. Es una idea sencilla que evolucionó a partir del Gran Terremoto del Este de Japón en 2011. Los datos pueden leerse con un teléfono inteligente u otro dispositivo y remiten el número de 14 dígitos que se muestra a Wada Precision. Si la idea prospera, el objetivo es abrirla a los fabricantes de prótesis dentales de la competencia, con la intención de convertirla en una infraestructura social de ámbito nacional.

EL MOMENTO DE BRILLAR PARA EL ACERO PATINABLE

© GNEE (TIANJIN) MULTINATIONAL TRADE CO., LTD. [HTTP://M.CHINACORTEN.COM](http://m.chinacorten.com)



Componentes de acero patinable para sistemas de estanterías solares fotovoltaicas

Las huertas solares florecen en los campos de todo el mundo y producen una nueva cosecha: la energía solar. Los sistemas fotovoltaicos (FV), formados por paneles solares, se están convirtiendo rápidamente en la más reconocida de las tecnologías de energía renovable. Un panel fotovoltaico típico se compone de una capa de silicio cristalino de grado solar, protegida por una capa de vidrio y unida por un marco de aleación. Aunque el níquel no desempeña un papel directo en el aprovechamiento de la energía solar de los sistemas fotovoltaicos, su presencia puede ser importante para su funcionamiento de una manera más indirecta: las estructuras de soporte que orientan los paneles solares hacia el sol para optimizar la captación de la luz solar.



Los atributos clave de los materiales de los soportes de los paneles solares son la solidez, la tenacidad y la resistencia a la corrosión. Deben ser duraderos para alcanzar la vida útil prevista del panel solar, unos 30 años, con un costo de mantenimiento mínimo y sin problemas medioambientales.

Tradicionalmente, los soportes fotovoltaicos se han fabricado con aluminio, acero galvanizado en caliente y, ocasionalmente, con acero inoxidable, pero recientemente en China se está optando cada vez más por el acero patinable, a menudo denominado acero CORTEN®.

Materiales: ventajas y desventajas

En China, aproximadamente el 50% de las estructuras de montaje fotovoltaico son de acero galvanizado en caliente y el 40% de aluminio. Una cantidad menor se fabrica con acero inoxidable o plástico reforzado con fibra de vidrio. En comparación con el acero galvanizado en caliente, la resistencia a la tracción del aluminio es relativamente baja y, aunque su resistencia a la corrosión es buena, su costo es elevado. El aluminio también requiere un tratamiento de superficie para mejorar su resistencia a la corrosión. Normalmente se utiliza en paneles fotovoltaicos residenciales donde la carga de viento es baja y se espera poco mantenimiento.

Los aceros galvanizados poseen una mayor resistencia y suelen utilizarse en zonas de fuerte carga de viento. El galvanizado en caliente es necesario para mejorar la resistencia a la corrosión, pero requiere un mantenimiento regular y tiene problemas medioambientales.

El acero inoxidable también es adecuado para las estructuras de montaje fotovoltaico, ya que tiene una fuerza y una resistencia a la corrosión superiores a las de las otras soluciones; sin embargo, su costo es más elevado y, por tanto, no está tan extendido.

Recientemente, el acero patinable se ha utilizado en varias aplicaciones

fotovoltaicas de alto nivel en China y parece prometedor en otros lugares. Se trata de un acero de alta resistencia aleado con pequeñas adiciones de Cr, Cu y Ni, que desarrolla una capa de óxido superficial resistente al desconchado (pérdida de metal por descamación del óxido). Presenta una mayor resistencia a la corrosión atmosférica en comparación con los aceros al carbono comunes y no requiere un revestimiento protector, como la pintura o el galvanizado. El acero patinable tiene la ventaja de ser más barato y no requiere mantenimiento en comparación con el aluminio y el acero galvanizado. Una nueva norma china sobre soportes fotovoltaicos, la NB/T 10642-2021, estipula que el acero patinable es uno de los materiales recomendados para los soportes fotovoltaicos. Aunque la cantidad de níquel en el acero patinable es pequeña (alrededor del 0.1-0.65%), el tonelaje total de níquel puede ser bastante grande si se tiene en cuenta el número de paneles solares que se instalarán en las próximas décadas. Esta cantidad relativamente pequeña de níquel es esencial para conseguir una mayor resistencia a la corrosión del acero patinable para aplicaciones de estructuras de montaje fotovoltaicas.

A lo largo de toda la cadena de valor hay una creciente concientización sobre las ventajas del acero patinable, y las acerías, los institutos de diseño y las empresas de ingeniería están realizando mayores esfuerzos de comercialización.

Según el decimocuarto plan quinquenal de China sobre estrategias de energía limpia para alcanzar los objetivos de neutralidad y pico de carbono, se fomentan los nuevos materiales y las aplicaciones innovadoras. Los aceros patinables en las estructuras de montaje fotovoltaicas están demostrando ser una de esas tecnologías eficaces. Y como la huella de carbono en la edificación y la construcción es un área de máxima prioridad para China, el acero patinable y el níquel tendrán un papel importante. **Ni**



Las estructuras de montaje consisten en pilotes para el montaje en el suelo, patas, columnas, vigas, rieles y abrazaderas, y otros accesorios de montaje.

ENERGÍA SOLAR CONCENTRADA

ENERGÍA RENOVABLE



El sistema de canal parabólico emplea reflectores que enfocan la radiación solar sobre un tubo receptor lleno de líquido, concentrándola por un factor de aproximadamente 100.

Planta cilindro-parabólica convencional que utiliza aceite sintético

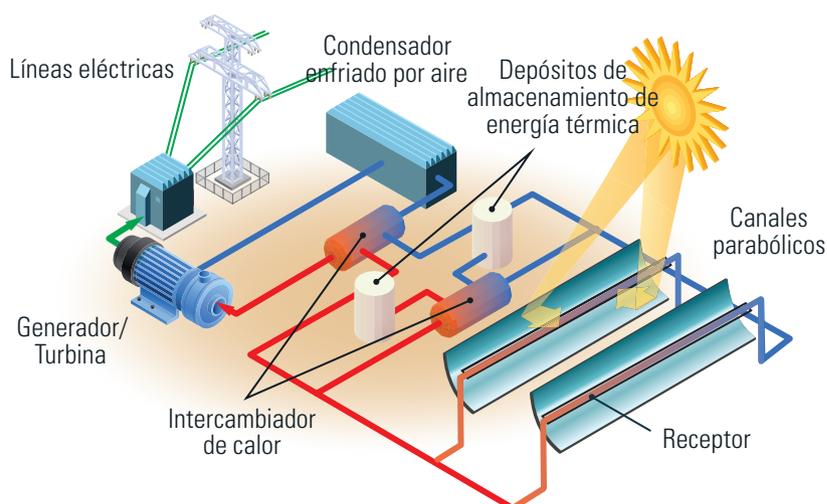
La reducción de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía es fundamental para limitar el cambio climático, y los principales motores para conseguir las reducciones de carbono necesarias son las energías renovables y la eficiencia energética. La energía solar concentrada (ESC) es una de esas tecnologías de energía renovable que se incrementará de forma espectacular en un futuro próximo. Tendrá que proporcionar energía a un costo competitivo para superar a la competencia.

La energía solar concentrada (ESC) utiliza espejos para reflejar, concentrar y enfocar la luz solar en un receptor que recoge y transfiere la energía solar a un líquido de transferencia de calor. Este puede utilizarse para suministrar calor a aplicaciones de uso final o para generar electricidad mediante turbinas de vapor convencionales. La tecnología ESC, junto con el almacenamiento de energía térmica (TES, por sus siglas en inglés), permite suministrar continuamente en los días en que no hay sol, o antes del amanecer y después del atardecer. Los primeros sistemas de ESC sin TES se denominan de Generación 1, mientras que los sistemas de ESC instalados

actualmente con TES se denominan de Generación 2.

El níquel en las generaciones de energía solar concentrada

Las temperaturas de funcionamiento lo suficientemente altas como para que las centrales de ESC generen electricidad solo pueden mantenerse en zonas del mundo con alta radiación solar directa. En la actualidad existen dos tecnologías distintas de ESC, de canal parabólico o de torre central. Los aceros inoxidables que contienen níquel y las aleaciones con base de níquel desempeñan un papel fundamental en estas técnicas porque soportan las altas temperaturas y



la corrosividad de las sales fundidas, resisten el viento y la erosión en los duros climas desérticos y es fácil trabajar con ellos.

El sistema de canal parabólico

emplea reflectores que enfocan la radiación solar sobre un tubo receptor lleno de líquido, concentrándola por un factor de aproximadamente 100. La energía térmica así recuperada se utiliza para generar vapor, que hace girar una turbina para accionar un generador. Como líquido de transmisión de calor puede utilizarse aceite sintético o sal fundida. En los intercambiadores de calor, el agua se convierte en vapor que acciona las turbinas convencionales. Los cilindros parabólicos alcanzan temperaturas de funcionamiento de 393 °C a 550 °C (739 °F a 1022 °F), dependiendo de la naturaleza del líquido de transmisión de calor. Los tubos receptores están hechos de acero inoxidable que contiene níquel resistente al calor, recubiertos con una capa selectiva y sellados en un tubo de vidrio de borosilicato aislado al vacío. Una de las ventajas del acero inoxidable que contiene níquel es la facilidad con la que se puede aplicar un acabado finamente pulido, lo que garantiza que el recubrimiento permanezca en su sitio. Además, el acero inoxidable es adecuado para hacer frente tanto a las diferencias de temperatura en el desierto, que pueden provocar condensación con el consiguiente riesgo de corrosión, como a la elevada temperatura de funcionamiento.

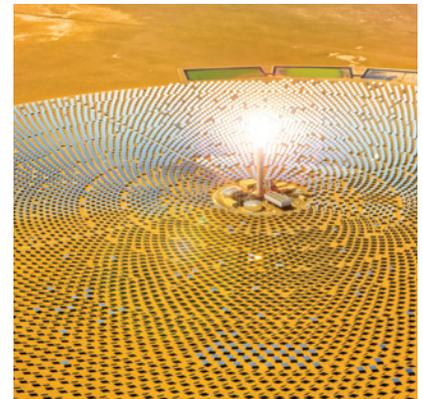
La tecnología de torre central

incorpora un helióstato como receptor central. Los helióstatos, que son espejos

controlados por computadora, siguen el sol a lo largo de dos ejes y concentran la energía solar en un receptor central situado en la parte superior de una torre. Allí se calienta un líquido que sirve para producir vapor y accionar los generadores. Los tubos del receptor tienen que hacer frente a una multitud de requisitos: resistencia mecánica, ciclos de servicio en caliente y en frío (de noche), así como una vida útil prevista de 25 a 35 años. Actualmente, solo las aleaciones de níquel son capaces de cumplir estas condiciones. La aleación a base de níquel 625 (UNS N06625), con un 61% de níquel, suele utilizarse como grado estándar en esta aplicación, y la aleación 800HT (N08811), con un 30-34% de níquel, o la aleación 230 (N06230), con un 47-65% de níquel, se consideran alternativas.

Principio de funcionamiento de una planta de energía solar con receptor de torre central

En esta tecnología, se puede utilizar sal fundida como líquido de transferencia de calor. La sal retiene más energía que las sustancias líquidas a temperatura ambiente. Las sales fundidas facilitan y hacen más eficiente la incorporación de instalaciones de almacenamiento que permiten la generación de energía durante las 24 horas del día. La configuración vertical de un sistema de torre central también maneja las sales fundidas más fácilmente que la disposición mayoritariamente horizontal de un sistema de canalización. Los sistemas de torre central desplegados actualmente cuentan con una unidad de almacenamiento de sal fundida caliente (565 °C) y otra fría (290 °C). Para que sea resistente



La energía solar concentrada (ESC) utiliza espejos para reflejar, concentrar y enfocar la luz solar en un receptor que recoge y transfiere la energía solar a un líquido de transferencia de calor.



La tecnología de torre central puede alcanzar temperaturas más altas, entre 500 °C y 1000 °C (932 °F and 1,32 °F), y lograr una mayor eficiencia que los sistemas de cilindro.

En la ampliación Noor 1 del Parque Solar Mohammed bin Rashid Al Maktoum, en los Emiratos Árabes Unidos, se han utilizado unos 800 kg de Ni/MW en los tubos receptores de la parte de colectores y más de 1000 kg de Ni/MW en el receptor de la torre central y en los depósitos de sales fundidas.



AUTORIDAD DE ENERGÍA Y AGUA DE DUBAI (DEWA)

"Las recientes inversiones en capacidad de ESC son, sin embargo, insuficientes para alcanzar los objetivos de capacidad previstos para 2050. Se necesitan esfuerzos para apoyar la I+D, reconocer las capacidades de almacenamiento y flexibilidad de la generación 2 de la ESC, reducir sus costos y aumentar la escala de la industria". Informe de seguimiento de la ESC de la AIE - noviembre de 2021

a las altas temperaturas y a la corrosión, la primera está fabricada con acero inoxidable que contiene níquel, mientras que la segunda es de acero al carbono.

Hacia la tercera generación

Para 2030, es probable que el valor del costo nivelado de la electricidad (LCOE) de las centrales ESC en los países del G20 disminuya en un 35%, hasta los 8.6 centavos de dólar por kilovatio-hora (kWh), frente a los 13.2 centavos/kWh estimados en 2018. El cambio de la primera a la segunda generación de ESC permitió que el LCOE disminuyera de 21 a 9 centavos/kWh, mientras que el uso del níquel aumentó. 5 centavos de dólar/kWh representa el punto de costo en el que la producción de energía solar pasa a ser competitiva con las fuentes de energía tradicionales, según la definición del Departamento de Energía de Estados Unidos.

El análisis de los costos de capital de los subsistemas de ESC, la eficiencia energética y los límites de integración indican que es poco probable que las dos primeras generaciones de tecnología ESC alcancen el objetivo de 5 centavos/kWh de LCOE. Los sistemas de la tercera generación, actualmente en fase de I+D, persiguen este objetivo. La clave es la eficiencia del ciclo de potencia, que puede

maximizarse aumentando su temperatura. La investigación sobre los sistemas de ESC de Generación 3 sugiere –entre otras opciones– la saturación de CO₂ para alimentar el ciclo de potencia. En consecuencia, el medio de transferencia de calor, el TES, y la temperatura máxima del receptor deben aumentar de forma similar para desarrollar un concepto de sistema capaz de alcanzar eficiencias de costo. Como las temperaturas y las tensiones aumentan para conseguir ese aumento de la eficiencia, es poco probable que eso ocurra sin las propiedades inigualables de las aleaciones de níquel. Parece que no se puede aumentar la eficiencia sin materiales de mayor aleación. Además, la medida en que el LCOE de las fuentes de energía de alta huella de carbono se verá gravado por los impuestos sobre el CO₂ (que la ESC no tiene que soportar) ofrecerá probablemente un respiro a esta forma de energía. Además, pasarán un par de años antes de que se pueda evaluar realmente el rendimiento de estos sistemas experimentales de tercera generación. Todo esto hace que sea muy probable que el níquel siga brillando en los próximos años y, por tanto, siga desempeñando su valioso papel en la limitación del cambio climático.

LAS BATERÍAS DE 4 MILLONES DE MILLAS OFRECEN MÁS POSIBILIDADES CÓMO PUEDEN AYUDAR LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS A ALIMENTAR LA RED

Los avances significativos en las baterías de iones de litio de muy larga duración son una gran noticia para las aplicaciones "vehículo a red" (V2G), en las que la tecnología de carga inteligente permite devolver energía a la red eléctrica desde la batería de un vehículo eléctrico. Este flujo bidireccional permitirá que la energía solar y eólica se almacene en las baterías de los vehículos eléctricos y se libere a la red según la demanda.

El equipo de investigadores de la Universidad Dalhousie de Canadá, dirigido por el profesor Jeff Dahn, científico de baterías de renombre mundial y el presidente de NSERC/Tesla Canada, ha desarrollado y demostrado baterías con una vida útil ultralarga que dura cuatro millones de millas (casi seis millones de km). El término "batería del millón de millas" surgió tras la publicación de acceso abierto de Dahn en 2019 en el *Journal of the Electrochemical Society* (JES), que concluía que, "Las celdas 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 en red".

Esto se logró con células de cristal único $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}\text{O}_2$ (NMC532)/grafito que empezaron a probarse en octubre de 2017 y siguen funcionando a temperatura ambiente, realizando 4.5 años de ciclos continuos con solo ~ 5% de degradación a 1C:1C. Dahn y su equipo también demostraron el impacto del voltaje de corte superior (UCV) en su publicación JES de 2022, en la que concluían: "Las células NMC811/grafito se beneficiarán de un enorme aumento de la vida útil

cuando se operen a un UCV limitado de 4.06 V, en el que se pueden conseguir vidas por décadas a 20–30 °C, si se seleccionan los mejores grafitos". Informaron que las células NMC532 equilibradas y cargadas a 3.8 V presentan "una mayor eficiencia coulombica, menos desvanecimiento de la capacidad y una mayor densidad energética en comparación con las células LFP, y se prevé que ofrezcan una vida útil cercana a un siglo a 25 °C".

"Mientras que 800 ciclos (100% de profundidad de descarga) son suficientes para una batería de vehículo eléctrico, en la operación del "vehículo a la red" los vehículos se cargarán y descargarán cuando estén estacionados, por lo que se necesitarán más de 10 000 ciclos", dijo Dahn.

Mirando el panorama general, el objetivo a largo plazo no es, inevitablemente, hacer que un coche eléctrico recorra millones de kilómetros, sino poder utilizar la batería en aplicaciones V2G, aprovechando la capacidad de almacenamiento de energía solar y eólica en baterías de vehículos eléctricos que están parados la mayor parte del día. 

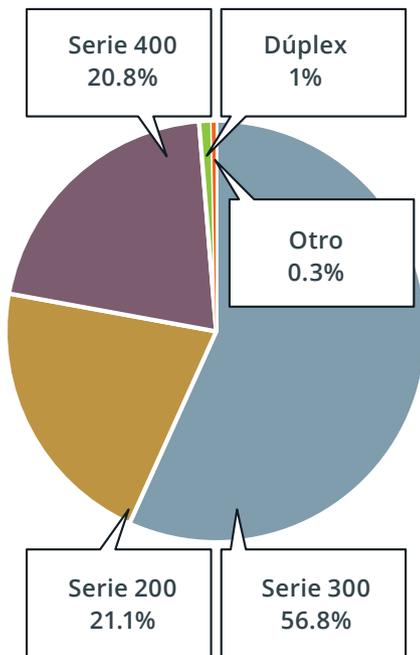


TESLA

La idea del "vehículo a la red" o V2G es utilizar las baterías de los autos eléctricos estacionados para tomar y almacenar el exceso de electricidad, proporcionando una reserva de electricidad para alimentar la red. Con las energías renovables, la gestión de la red se vuelve más compleja porque la disponibilidad de la energía depende de que brille el sol o sople el viento. La V2G es una solución que puede aprovechar al máximo las energías renovables y gestionar mejor las fluctuaciones. Para hacerlo posible, se necesitan avances tecnológicos como la "carga inteligente" y la batería del "millón de millas".

SELECCIÓN DE ALEACIONES DE NÍQUEL

TODO QUEDA EN FAMILIA



Porcentaje de producción de acero inoxidable por familias (2021)

CIFRAS POR CORTESÍA DE WORLD STAINLESS

¿Cómo puedo hacer un producto mejor o puedo hacer un producto de la misma calidad más barato? Todo el mundo, desde los ingenieros de diseño hasta los directores de fabricación y los compradores, se hace esta pregunta. Son consideraciones importantes para que una empresa se mantenga un paso por delante de la competencia. Y cuando el producto es de acero inoxidable, los prescriptores pueden pensar en considerar una aleación diferente, quizá de menor costo. A menudo, esto implica considerar una aleación de una familia de aceros inoxidables diferente.

Así pues, ¿qué se debe tener en cuenta al considerar un cambio de familia de aleaciones para una aplicación específica?

Familia dúplex

La familia dúplex (austenítica-ferrítica) tiene un límite elástico y una resistencia a la tracción mucho más elevados que los austeníticos o los ferríticos, por lo que resulta muy interesante cuando la resistencia puede utilizarse para reducir el grosor de las paredes de un tanque o recipiente a presión. La ductilidad es menor, aunque generalmente sigue siendo razonablemente alta. Pero si la conformabilidad es importante, la mayor resistencia puede ser una desventaja. La soldadura también puede ser un reto, no porque sea difícil, sino porque difiere de las aleaciones austeníticas con las que los soldadores están mucho más familiarizados. Incluso hay diferencias significativas entre la soldadura de las distintas subfamilias, por ejemplo: dúplex magro, dúplex estándar y superdúplex, que se deben tener en cuenta. También es importante la temperatura de la aplicación prevista, ya que las aleaciones dúplex tienen algunas limitaciones. La fase de ferrita se vuelve frágil a temperaturas criogénicas y pueden producirse

cambios microestructurales perjudiciales a temperaturas elevadas de hasta 270 °C. Otro reto es que hay muchas aleaciones diferentes en cada subfamilia, lo que crea dificultades a la hora de abastecerse de un paquete completo de diferentes tamaños y formas de producto. Desde la aparición de los modernos grados dúplex aleados con nitrógeno, se esperaba que su cuota de mercado aumentara considerablemente, pero en los últimos diez años ha fluctuado apenas el 1% debido a la complejidad de su uso.

Serie 200

Los aceros inoxidables de la serie 200, totalmente austeníticos, existen desde hace más de 70 años. Contienen una mayor cantidad de manganeso para poder reducir el contenido de níquel, pero no eliminarlo totalmente. La mayor parte de la producción actual de la serie 200 se realiza en las aleaciones con menos cromo, normalmente del 16% al 12%. Esto se compara con el 17.5% de cromo mínimo de las aleaciones de tipo 304, que proporciona una mayor resistencia a la corrosión. Cuando solo se necesita un mínimo de resistencia a la corrosión, la serie 200 puede ser utilizada. Las aleaciones de la serie 200 se endurecen



Un haz de tubos de acero inoxidable superferrítico Sea-cure® (UNS S44660), utilizado para refrigerar el petróleo crudo procedente del almacenamiento en cúpulas de sal en la Reserva Estratégica de Petróleo de Estados Unidos.

rápidamente durante el conformado en frío, lo que a veces provoca grietas en frío mucho tiempo después. A menudo se añade cobre a estas aleaciones para reducir la velocidad de endurecimiento. Por lo tanto, hay que tener cuidado al seleccionar las aleaciones de bajo cromo de la serie 200 para asegurarse de que tienen una resistencia a la corrosión adecuada y unas propiedades de fabricación apropiadas.

Aceros inoxidables ferríticos

Los aceros inoxidables ferríticos están disponibles desde que se descubrieron sus propiedades únicas hace más de 110 años. El contenido de cromo de esta familia oscila entre el mínimo absoluto por definición del 10.5% y casi el 30%. Su uso más frecuente es en espesores de chapa (≤ 4 mm), ya que el crecimiento extremo del grano puede ser un problema en espesores de chapa y especialmente durante la soldadura. Al igual que los dúplex, la fase de ferrita tiene limitaciones tanto a bajas como a altas temperaturas. Lo que inicialmente atrae a muchos prescriptores a la familia de los ferríticos es la promesa de un bajo costo,

ya que contienen poco o ningún níquel. Sin embargo, los costos de producción suelen ser más elevados que los de las aleaciones austeníticas, y las limitaciones en cuanto a espesor, uso a diversas temperaturas y soldabilidad han restringido su crecimiento. De hecho, desde 2010 la familia de los aceros inoxidables ferríticos ha disminuido en aproximadamente un 30% de la producción total. Como con cualquier posible cambio de material, es importante entender cómo afecta cada propiedad tanto a la fabricación como al uso final. Sin embargo, hay muchas aplicaciones adecuadas, como los tubos de pared delgada para intercambiadores de calor, en las que la menor tasa de expansión térmica y la conductividad térmica ligeramente superior de los ferríticos pueden ser valiosas.

Si está pensando en cambiar a otra aleación de acero inoxidable, ya sea dentro de una familia de inoxidables o a una familia diferente, el Nickel Institute puede ofrecerle orientación para su aplicación específica a través de nuestro Servicio Técnico en línea.

www.inquiries.nickelinstitute.org



Los equipos soldados, como esta cámara de vacío, que implican diferentes formas de producto, una amplia variedad de espesores de metal y un acabado superficial muy pulido, se producen más fácilmente utilizando aceros inoxidables austeníticos de la serie 300.



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 niquelado para permitir el uso del níquel con confianza.
<https://inquiries.nickelinstitute.org/>

Pregúntele a un experto

Preguntas más frecuentes de la Línea de asesoramiento técnico del Nickel Institute

P: He oído hablar del número equivalente de resistencia a las picaduras (PREN) del acero inoxidable. ¿Cómo puedo utilizarlo para la selección de materiales?

El PREN es una fórmula para clasificar la resistencia al inicio de las picaduras de varios aceros inoxidables en función de su composición. Hay muchas fórmulas que se han obtenido para las distintas familias de acero inoxidable correlacionando la composición con los ensayos reales de corrosión por picadura. La siguiente fórmula es probablemente la más conocida para los aceros inoxidables que contienen níquel.

$$\text{PREN} = \% \text{Cr} + 3.3\% \text{Mo} + 16\% \text{N}$$

Esta fórmula, por sí misma, no puede utilizarse para la selección de materiales para un entorno específico. Sin embargo, el PREN puede utilizarse para identificar aleaciones de acero inoxidable más resistentes a las picaduras si una de ellas ha fallado en servicio.

Todos los aceros inoxidables tienen contenidos mínimos y máximos especificados de Cr, Mo y N, por lo que su PREN real dependerá de su composición real. Por ejemplo, el contenido mínimo y máximo de Cr, Mo y N para varios aceros inoxidables que contienen níquel, de acuerdo con la norma ASTM A240, se muestran junto con su PREN mínimo y máximo calculado.

Cabe destacar que, aunque el PREN se utiliza a menudo para comparar aleaciones, se basa únicamente en la composición y no se tienen en cuenta otros factores que influyen en la picadura. Estos factores incluyen la falta de homogeneidad o la segregación con la microestructura, la rugosidad de la superficie o la cantidad de inclusiones presentes.

La experiencia en servicio ha demostrado que el acero inoxidable con un $\text{PREN} \geq 40$ se considera resistente al agua de mar. Así, el PREN puede utilizarse como herramienta de garantía de calidad para asegurar que el material real se produce con un PREN superior a 40. De hecho, en la norma ASTM A240, los superdúplex que contienen níquel del tipo 2507 tienen un requisito PREN mínimo de 41.

En nuestra publicación *Guidelines for the use of stainless steel and nickel-containing alloys in water* (Directrices para el uso de aceros inoxidables y aleaciones que contienen níquel en el agua) (11003) hay un análisis más detallado.

NI

NICKEL

REVISTA DIGITAL

WWW.NICKELINSTITUTE.ORG

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

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

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

www.nickelinstitute.org/library/

SÍGANOS en Twitter @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

	%Cr	%Mo	%N	%Ni	PREN (mín. – máx.)
Tipo 304L	17.5-19.5	–	–	8.0-12.0	17.5–19.5
Tipo 316L	16.0-18.0	2.00-3.00	–	10.0-14.0	22.6-27.9
Tipo 2205	22.0-23.0	3.0-3.5	0.14-0.20	4.5-6.5	34.1-37.8
Tipo 2507	24.0-26.0	3.0-5.0	0.24-0.32	6.0-8.0	37.3-47.6
S31254	19.5-20.5	6.0-6.5	0.18-0.25	17.5-18.5	42.2-46.0

Nuevas publicaciones

Publicaciones renovadas de INCO

Se han renovado y reeditado veintidós publicaciones técnicas importantes, producidas originalmente por INCO y mantenidas por el Nickel Institute. La calidad digital de las guías se ha mejorado y todas las publicaciones son consultables. Las publicaciones originales fueron escritas por expertos en su campo y la información que proporcionan sigue siendo muy relevante hoy en día. Esta información técnica de alta calidad dará a los profesionales confianza para trabajar con materiales que contienen níquel y aprovechar sus beneficios en una amplia gama de aplicaciones. Esta información es valiosa para los prescriptores de materiales, soldadores, fabricantes e ingenieros.

Revestimiento de papel pintado con aleaciones de níquel-

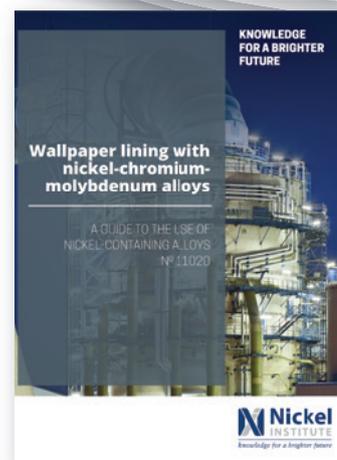
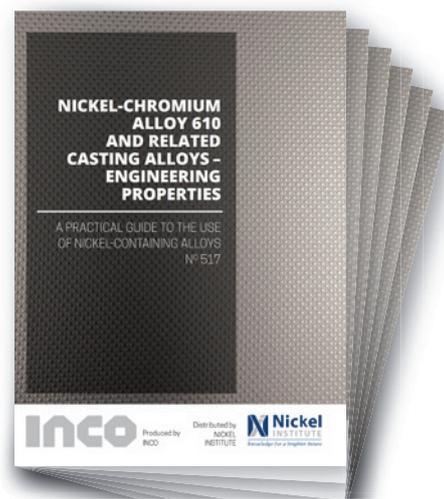
romo-molibdeno (11020) es la segunda edición actualizada de esta publicación informativa para los diseñadores de unidades de desulfuración de gases de combustión en la industria energética y otros equipos de procesos químicos. Esta publicación trata sobre las consideraciones de diseño y planificación, la preparación para la soldadura, los procedimientos de soldadura y la limpieza posterior a la soldadura.

Cómo determinar las emisiones de gases de efecto invernadero

El Nickel Institute ha publicado una guía para los productores de níquel que les ayuda a calcular sus emisiones de gases de efecto invernadero. Esta guía tiene en cuenta la complejidad de la producción de níquel y contribuirá a la obtención de datos científicamente sólidos y fiables que sean comparables en toda la industria. La guía especifica los principios, requisitos y metodologías para cuantificar y comunicar las emisiones de gases de efecto invernadero de los procesos de producción de níquel metálico refinado y las huellas de carbono asociadas de la cuna a la puerta de sus productos y precursores, como los minerales de níquel procedentes de la minería, los concentrados de níquel procedentes del beneficio y la preparación del mineral, así como los productos intermedios de níquel procedentes de la extracción primaria de la producción de níquel metálico laterítico y sulfídico. La aplicación de esta guía permite a los productores de níquel, así como a sus clientes y otras partes interesadas, calcular el impacto en el cambio climático de la producción de níquel metálico de clase 1.

Todas las publicaciones pueden descargarse gratuitamente del sitio web del Nickel Institute.

www.nickelinstitute.org



DETALLES UNS Composición química (en porcentaje en 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	S	Si	Ti	W	Otro
N06230 pág. 9	0.20-0.50	0.015 máx.	0.05-0.15	5.0 máx.	20.0-24.0	-	3.0 máx.	0.30-1.00	1.0-3.0	-	-	bal.	0.03 máx.	0.015 máx.	0.25-0.75	-	13.0-15.0	-
N06625 pág. 9	0.40 máx.	-	0.10 máx.	-	20.0-23.0	-	5.0 máx.	0.50 máx.	8.0-10.0	-	3.15-4.15	bal.	0.015 máx.	0.015 máx.	0.50 máx.	0.040 máx.	-	-
N08811 pág. 9	0.15-0.60	-	0.06-0.10	-	19.0-23.0	0.75 máx.	39.5 mín.	1.5 máx.	-	-	-	30.0-35.0	0.045 máx.	0.015 máx.	1.0 máx.	0.15-0.60	-	Al+Ti 0.85-1.20
S31600 pág. 2	-	-	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.	-	-	-
S39209 pág. 16	-	-	0.03 máx.	-	21.5-23.5	-	bal.	0.5-2.0	2.5-3.5	0.08-0.20	-	7.0-9.0	0.03 máx.	0.03 máx.	0.90 máx.	-	-	-
S44660 pág. 13	-	-	0.030 máx.	-	25.0-28.0	-	bal.	1.00 máx.	3.00-4.00	0.040 máx.	-	1.00-3.50	0.040 máx.	0.030 máx.	1.00 máx.	-	-	Nb+Ti



OREGON DRAGON BENCH

JORIS LAARMAN



Utilizando la innovadora impresora 3D robotizada de MX3D, el diseñador Joris Laarman pudo crear formas complejas y entrelazadas, haciendo que pareciera que formaban una especie de bucle. El banco de acero inoxidable mide 10 m x 3 m x 2.5 m.

MX3D, el creador del primer puente metálico del mundo que utiliza impresión 3D instalado en Ámsterdam, ha presentado su último proyecto de construcción: un banco metálico impreso en 3D que supera los límites de la innovación. Bautizado como Oregon Dragon Bench, esta pieza escultórica se instaló frente al edificio de LeBron James en Beaverton (Oregón), el centro de innovación de la sede mundial de Nike.

Impreso en dúplex de tipo 2209 (UNS S39209), un acero inoxidable que contiene níquel y que se utiliza para la impresión metálica en 3D, el diseñador holandés Joris Laarman integró un gradiente estructural que proporciona estabilidad a la vez que optimiza el peso total del banco. Utilizó la optimización topológica para identificar los puntos más expuestos al peso y luego colocó el material solo donde era absolutamente necesario.

Para fabricar el impresionante Dragon Bench, Laarman desarrolló su propio robot de impresión 3D (el MX3D), que

dibuja líneas de metal fundido en el aire para crear una forma. El brazo robótico, especialmente adaptado, funde y suelda el metal (que puede ser acero inoxidable, aluminio, cobre o bronce) independientemente de la orientación y sin necesidad de estructuras de soporte. El enfoque de impresión robótica de MX3D permite una mayor flexibilidad en las formas y texturas, a la vez que utiliza menos material.

El Oregon Dragon Bench representa las continuas exploraciones de Laarman en la fabricación a través de la innovación en la impresión 3D.

NI