

NICKEL

REVISTA

LA REVISTA DEDICADA AL NÍQUEL Y SUS APLICACIONES

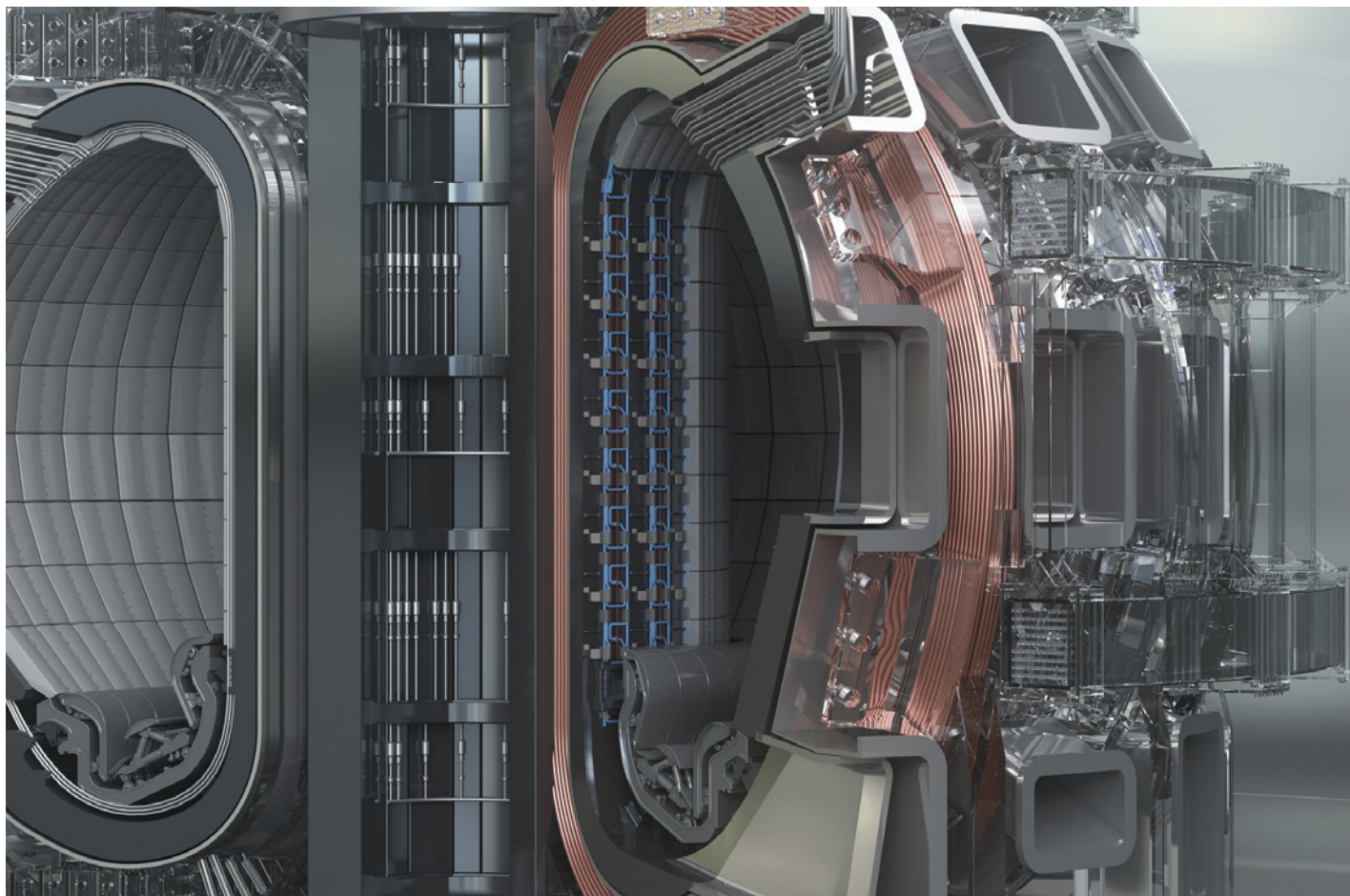
NICKEL, VOL. 40, N.º 3, 2025

Níquel innovador

*Dentro del stack: en el corazón
de las plantas de producción de
hidrógeno*

*Diseñado para condiciones extremas
El papel del níquel en la innovación
de la fusión*

*El papel innovador del níquel
en la tecnología de placas
revestidas*





ESTUDIO DE CASO 35

LAS PÉRGOLAS URBANAS DE MELBOURNE



En todo el proyecto se utilizó acero inoxidable de tipo 316, entre otros:

- ~98 metros lineales de cable metálico de 8 mm 1x19
- ~240 metros lineales de alambre de 4 mm 7x7
- ~270 terminaciones de alambre estampado en rollo

Desarrollado por PBBS y respaldado por el Departamento de Transporte y Planificación (Victoria) en el marco del Fondo de Bosques Urbanos de la ciudad de Melbourne.

Un proyecto piloto visionario con pérgolas urbanas está transformando las paradas centrales de tranvía de Melbourne (Australia) al integrar la infraestructura verde con las ventajas a largo plazo del acero inoxidable que contiene níquel.

Diseñadas como estructuras vivas que respiran, las pérgolas urbanas ofrecen algo más que espacios más frescos y verdes para los pasajeros del tranvía. Sirven de soporte para plantas autóctonas que absorben CO₂, compuestos orgánicos volátiles (COV) y partículas, mejorando así la calidad del aire.

En colaboración con Yarra Trams, el Ayuntamiento de Melbourne y el Departamento de Transporte, las seis nuevas pérgolas urbanas de Plant Based Building Solutions (PBBS), con el apoyo en diseño, ingeniería e instalación de Bespoke Wire & Rope, se integran visualmente con las marquesinas de tranvía existentes y suponen una mejora significativa en el rendimiento de los materiales. Las experiencias anteriores con la corrosión subrayaron la necesidad de una solución más duradera, lo que convirtió al acero inoxidable en la elección más clara.

Las estructuras fueron fabricadas

por SP McLean Engineering utilizando secciones circulares huecas (CHS) de acero inoxidable tipo 316 (S31600), que incluyen 55 m de CHS de 33,4 x 3,38 mm CHS y 85 m de CHS de 141,3 x 6,55 mm.

Se utilizaron más de 120 anclajes y pernos de acero inoxidable para levantar y asegurar la estructura. Arcus Wire Group suministró los cables de enrejado vertical, la cubierta Flexi-Mesh y los rellenos triangulares. En todo el proyecto se utilizó acero inoxidable de tipo 316.

Estos componentes no solo permiten el crecimiento de las plantas, sino que también reducen la necesidad de un exceso de acero estructural, lo que disminuye el uso de materiales, los costes y la fabricación in situ.

Este proyecto piloto demuestra la durabilidad, longevidad y flexibilidad estética del acero inoxidable. 

Artículo cortesía de la Asociación Australiana para el Desarrollo del Acero Inoxidable (ASSDA)

EDITORIAL:

NÍQUEL INNOVADOR

En una época en la que la innovación es la fuerza motriz del crecimiento económico y el progreso social, el níquel se ha convertido en un ingrediente fundamental de los avances tecnológicos que están configurando nuestro presente y nuestro futuro. En esta edición de Níquel, iluminamos el papel de este versátil metal en tecnologías de futuro que contribuyen a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.

"Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación".

—Objetivo de Desarrollo Sostenible n.º 9 de las Naciones Unidas: Innovación e infraestructuras industriales

Los avances de la fusión nuclear y la producción de hidrógeno verde representan dos de las fronteras más prometedoras en la búsqueda de una energía sostenible y baja en carbono. Si se combinan, la sinergia tiene un enorme potencial: ¿podrán algún día los reactores de fusión proporcionar la electricidad abundante y libre de carbono necesaria para producir hidrógeno verde a gran escala? A su vez, ¿podría el hidrógeno verde servir de vector energético eficiente que permita almacenar y transportar la energía generada por fusión? Puede que aún quede tiempo, pero juntos, el hidrógeno verde y la fusión nuclear, podrían revolucionar los sistemas energéticos mundiales, apoyando la descarbonización y contribuyendo a un futuro más sostenible. Iniciativas como el Reactor Termonuclear Experimental Internacional (ITER) apoyan directamente las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.

La innovación suele empezar por la tabla periódica, donde el níquel ocupa un lugar destacado. Sus propiedades únicas —resistencia a la corrosión, resistencia a altas temperaturas y moldeabilidad— lo convierten en indispensable para los ingenieros e innovadores que buscan soluciones sostenibles. Silenciosamente, el níquel permite avances tecnológicos, como demuestra el premio Nobel de Química de 2025, e innovación que definirán el próximo capítulo del progreso humano.

Clare Richardson
Editora, *Nickel*

El Tokamak JET (Joint European Torus), situado en el Reino Unido, fue el mayor experimento de fusión por confinamiento magnético, que utilizó un dispositivo con forma de rosquilla para crear y controlar plasma sobrecalentado. Proporcionó datos cruciales para el proyecto ITER Tokamak de nueva generación en Francia antes de que comenzara su desmantelamiento. Más información en la página 10.



© AUTORIDAD DE LA ENERGÍA ATÓMICA DEL REINO UNIDO

ÍNDICE

- 02 **Estudio de caso n.º 35**
Las pérgolas urbanas de Melbourne
- 03 **Editorial**
Níquel: níquel innovador
- 04 **Actualidades de Nickel**
- 06 **La industria del níquel**
Procesamiento de sulfuro de níquel
- 09 **Dentro del stack**
Plantas de producción de hidrógeno
- 10 **Diseñado para condiciones extremas**
El papel del níquel en la innovación de la fusión
- 12 **Garantizado para un rendimiento óptimo**
El papel innovador del níquel en la tecnología de placas revestidas
- 14 **Preguntas y respuestas técnicas.**
- 15 **¿Por qué el níquel?**
- 15 **Detalles UNS**
- 16 **Unitatis**
Unidad y solidaridad

La revista *Nickel* es una publicación del Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Dra. Veronique Steukers, Presidenta
Clare Richardson, Editora

communications@nickelinstitute.org

Colaboradores: Gary Coates, Pierre Derieux, Geir Moe, Kim Oakes, Lissel Pilcher, Lyle Trytten, Odette Ziezold

Diseño: Constructive Communications

Este material ha sido elaborado para proporcionar información general al lector y no debe 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, personal y consultores no afirman ni garantizan que sea adecuado para ningún uso general o específico, ni asumen 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©Filipp Borshch

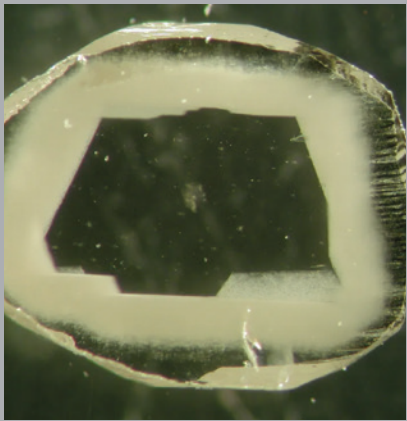


Larga vida a la batería

Tesla ha patentado un avance que podría prolongar enormemente la vida útil de las baterías de los vehículos eléctricos optimizando el actual sistema de baterías de litio de níquel-cobalto-aluminio (NCA) de alta densidad energética. La principal innovación consiste en dopar el material activo del cátodo con pequeñas cantidades de otros elementos metálicos durante la fabricación, mejorando así la retención de carga, aumentando la resiliencia y ayudando a mantener una mayor capacidad a lo largo del tiempo. Con una vida útil prevista para una batería eléctrica de 1,6 millones de kilómetros, "un punto crítico en el que la vida útil de la batería supera la del vehículo", este avance se basa en la investigación realizada en 2019 por el equipo de Jeff Dahn en la Universidad de Dalhousie, que demostró la viabilidad de celdas de batería de 1 millón de millas, y en un descubrimiento realizado en 2024 por el mismo equipo de electrodos monocristalinos capaces de durar millones de millas. Es otro paso significativo que promete llegar lejos.

Descubrimiento de diamantes

Es un hallazgo notable que demuestra que los diamantes son algo más que piedras preciosas valiosas. En colaboración con colegas de la Universidad de Nevada, la Universidad de Cambridge y el Nanocenter de la Universidad Hebrea de Jerusalén, el equipo de Yael Kempe y Yaakov Weiss identificó nanoinclusiones metálicas de níquel-hierro y microinclusiones de carbonato ricas en níquel atrapadas en el interior de diamantes que se formaron entre 280 y 470 km por debajo de la superficie terrestre. Estas inclusiones proporcionan uno de los pocos registros naturales de las condiciones existentes a cientos de kilómetros bajo nuestros pies, capturando una rara instantánea de una reacción de "congelación redox" en la que los fundidos oxidados se infiltran en la roca reducida del manto. Esta prueba directa de la presencia de aleaciones ricas en níquel en las profundidades del manto terrestre en los diamantes sudafricanos es una primicia que confirma una validación largamente buscada de los modelos redox del manto.



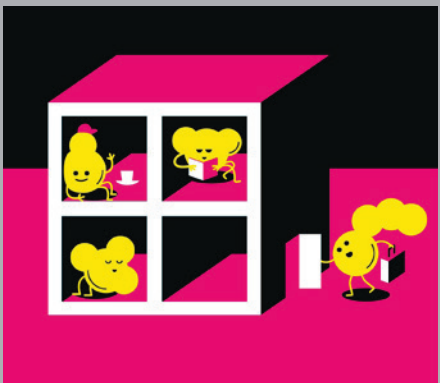
Aumento de la sensibilidad del sensor



Una nueva tecnología, desarrollada por un equipo de investigación de la Universidad de Missouri, mezcla diminutos cristales de platino y níquel con líquidos iónicos. Esta innovación ha dado lugar a un sensor de gas hidrógeno de alto rendimiento que permite detectar y alertar con antelación de posibles fugas de combustible de hidrógeno. El hidrógeno desempeña un papel en los combustibles limpios y la atención médica, pero incluso pequeñas fugas pueden provocar explosiones o daños medioambientales. Los sensores anteriores eran costosos y a menudo incapaces de detectar pequeñas fugas. Con un límite de detección de 107,1 partes por millón, un tiempo de respuesta rápido de 17 segundos y un tiempo de recuperación de 21 segundos, junto con una excelente selectividad y estabilidad a largo plazo, el innovador sensor del tamaño de una uña no solo es rápido de detectar y eficiente en tamaño y coste, sino que ha demostrado un rendimiento y una durabilidad superiores. El estudio se publicó en *ACS Sensors*.

Premio Nobel por los MOF

Los científicos Susumu Kitagawa, Richard Robson y Omar Yaghi, de Australia, Japón y Estados Unidos, han sido galardonados con el Premio Nobel de Química 2025 por sus trabajos pioneros sobre los marcos metalorgánicos (MOF, por sus siglas en inglés). A lo largo de décadas de investigación, han desarrollado construcciones moleculares con grandes espacios por los que pueden fluir gases y otras sustancias químicas. Todo empezó en 1987; sin embargo, un hito clave se alcanzó en 1997, cuando el equipo de Kitagawa desarrolló con éxito MOF tridimensionales con canales abiertos utilizando iones de níquel, cobalto o zinc y 4,4'-bipiridina. Cuando secaron uno de estos materiales, eliminando el agua, los espacios podían absorber y liberar gases como metano, nitrógeno y oxígeno sin cambiar de forma. Se ha descrito como un atractivo y espacioso apartamento tipo estudio, ¡específicamente diseñado para una molécula de agua! ¿La promesa de futuro? Una



nueva arquitectura molecular con un enorme potencial que puede utilizarse para captar agua del aire del desierto, extraer contaminantes del agua, capturar dióxido de carbono y almacenar hidrógeno y gases tóxicos o catalizar reacciones químicas.

LA INDUSTRIA DEL NÍQUEL, PARTE 6

PROCESAMIENTO DE SULFUROS DE NÍQUEL

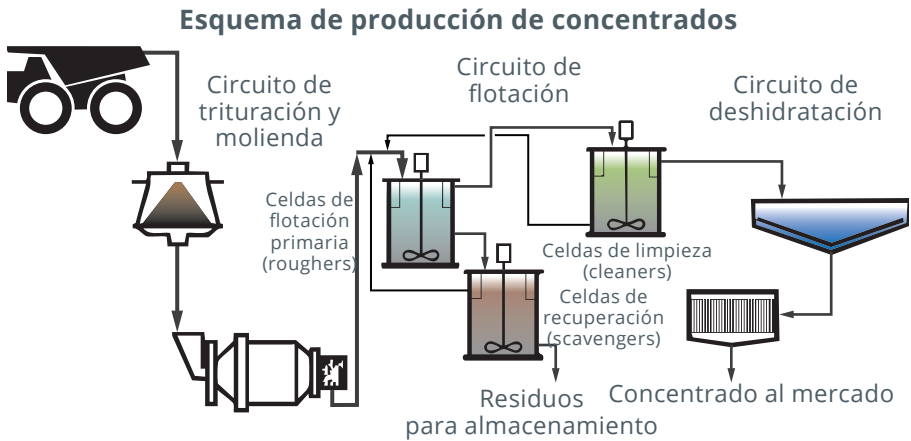
En la parte 6 de esta serie analizamos el procesamiento de sulfuros de níquel. Los minerales sulfurosos se dan predominantemente en regiones templadas a árticas, y menos en lugares tropicales. Pueden encontrarse en la superficie (o cerca de ella) o en las profundidades del subsuelo y, a menudo, contienen metales valiosos adicionales como cobalto, cobre, elementos del grupo del platino (PGE) y metales preciosos (PM).

El tratamiento de los sulfuros de níquel es más complicado que el de la laterita de níquel, ya que no existe un método estándar. Esto difiere mucho de la fundición de laterita de níquel para obtener ferroníquel y arrabio de níquel, donde hay muy pocas diferencias sustanciales entre las numerosas instalaciones existentes en el mundo. El procesamiento típico de los sulfuros de níquel incluye la concentración del mineral, seguida de la fundición para obtener una mata de níquel y el posterior refinado de esta para obtener productos metálicos puros.

Producción del concentrado

La concentración de los minerales de sulfuro de níquel se realiza casi siempre mediante flotación por espuma: el mineral extraído se tritura y se muele hasta que alcanza un tamaño de limo o arena fina (de 40 a 150 µm) y, a continuación, se añade en forma de lechada a un banco de celdas de flotación, donde una combinación de aditivos se mezcla energicamente con la lechada de mineral y aire. Las partículas de sulfuro se adhieren a las diminutas burbujas de aire y flotan hasta la parte superior de la celda, donde se recogen en la espuma. El material de ganga no sulfurado (roca estéril) se hunde hasta el fondo

y se vierte como residuos de flotación. Se utilizan varios bancos de celdas para completar la separación: celdas de flotación primaria ("roughers") para extraer la mayor parte del sulfuro de níquel, celdas de recuperación ("scavengers") para limpiar los sulfuros recuperables restantes de los residuos y celdas de limpieza ("cleaners") para rechazar cualquier resto de ganga del concentrado de sulfuro de níquel. En los yacimientos multimetálicos, la flotación diferencial separa la mayor parte del cobre del níquel en forma de concentrado de cobre vendible. Los PM tienden a asociarse con el cobre y los PGE con el níquel, pero ambos se distribuyen



Programa de siembra aérea como parte de los esfuerzos de recuperación de Vale Base Metal cerca de Sudbury, Ontario (Canadá), en tierras cercanas a sus operaciones donde se ha extraído mineral sulfurado.

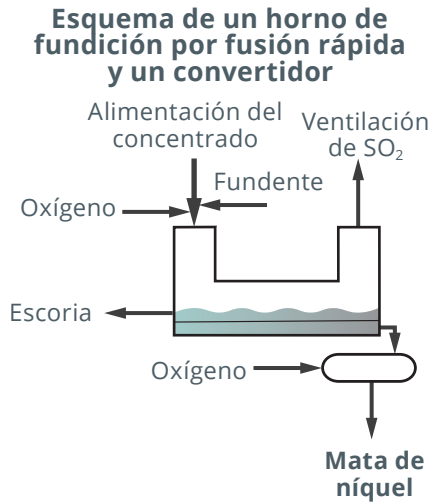
en los concentrados. Más del 95 % de la masa de mineral extraído se desecha en la mina como residuos.

La pentlandita es el principal mineral de sulfuro de níquel, y su recuperación suele ser buena, pero depende del tamaño de los granos minerales. Los granos gruesos se separan de la ganga con bastante facilidad, pero los granos muy finos pueden quedar atrapados en la ganga, exponiendo muy poca superficie de sulfuro para la fijación de las burbujas. Surgen complicaciones adicionales de recuperación cuando otros minerales sulfurados no valorizados, como la pirrotita, pueden estar íntimamente asociados con la pentlandita, que diluye el concentrado. A veces, una fracción considerable del níquel sustituye al hierro en la pirrotita a nivel atómico, pero en concentraciones demasiado bajas para ser económicamente viables. En consecuencia, los concentrados de níquel suelen tener entre un 10 y un 15 % de níquel, frente al 25-30 % del cobre y el 50 % o más del zinc.

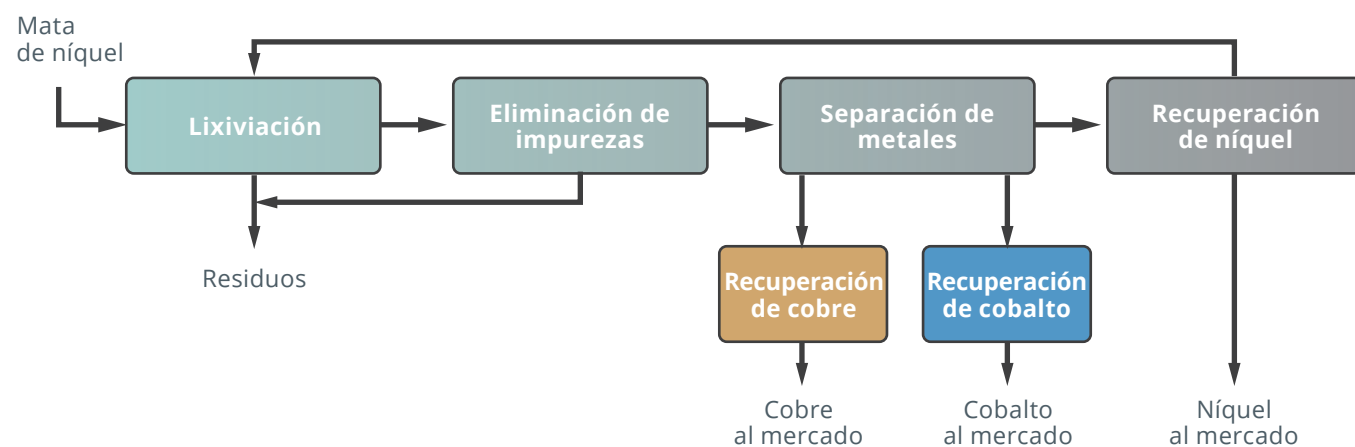
Fusión rápida y tostación EF
Con un alto valor por tonelada, los concentrados de níquel pueden tratarse localmente o enviarse a todo el mundo. Hay relativamente pocas fundiciones de sulfuro de níquel, pero suelen tratar una variedad de materiales de alimentación, mezclados para mantener una buena alimentación del horno. Los dos

métodos principales de fundición son: la fusión rápida (flash smelting) y la tostación con fundición en horno eléctrico (roast-EF), ambos operan a altas temperaturas para fundir los minerales (normalmente cerca de 1400 °C), y ambos consiguen una alta recuperación de níquel (95 %).

La fusión rápida utiliza un gas de oxígeno enriquecido para quemar los minerales sulfurosos en un único recipiente grande revestido de ladrillos. La energía para fundir el mineral procede de la combustión parcial del contenido de azufre, con el dióxido de azufre recogido del respiradero y los minerales fundidos separándose físicamente en la base de la fundición como mata (níquel-cobre-cobalto-PGE con azufre remanente y



Esquema de la refinería de mata



Entre las innovaciones recientes en el procesamiento de sulfuros de níquel se encuentran:

- Lixiviación con ácido sulfúrico asistida por cloruro en Long Harbour, Canadá, que omite la fundición y utiliza la electroobtención para recuperar los metales.
- Lixiviación oxidativa en biocapas en Finlandia, donde los metales se recuperan por precipitación de sulfuros.
- Anteriormente, la lixiviación directa de concentrados utilizaba el proceso de lixiviación amoniacal.

parte del hierro) y escoria (minerales de óxido). La mata se recoge y se envía a un recipiente de tratamiento adicional (convertidor) donde se procesa para rechazar la mayor parte del hierro y obtener una mata con bajo contenido en hierro para su refinado. Mientras que la mata de fundición puede contener entre un 20 % y un 30 % de hierro, la mata del convertidor tiene menos del 5 % de hierro, pero aún contiene alrededor de un 20 % de azufre y un 75 % de metales valiosos. Algunas operaciones hacen que la fundición rechace más hierro y elimine la conversión, pero esto requiere limpiar la escoria para mejorar la recuperación de metales.

La fundición roast-EF se realiza por debajo del punto de fusión para eliminar el azufre y producir un calcín que luego se inyecta caliente en un horno eléctrico, donde se lleva a cabo el procesamiento final. La conversión de la mata de fundición es similar, y se alcanzan los mismos objetivos finales.

Refinado de matas de níquel

El refinado de las matas de convertidor adopta diversas formas, cada una compleja a su manera, y a menudo diseñadas a medida para tratar eficazmente una determinada gama de composiciones de matas de níquel.

La lixiviación con ácido sulfúrico de la mata con separación de metales puede combinarse con la electroobtención o la reducción con hidrógeno para obtener productos metálicos de níquel de clase 1.

La electrorrefinería también puede

utilizarse para convertir directamente la mata de níquel fundida como ánodo en cátodos de clase 1.

La lixiviación con ácido clorhídrico de la mata con separación de metales se utiliza con electroobtención de níquel hasta cátodo de clase 1.

El refinado con carbonilo es un proceso en fase de vapor que utiliza un pretratamiento posterior de la mata para metalizarla, luego la hace reaccionar con monóxido de carbono para extraer níquel y hierro en el espacio de vapor y después precipitarlos por separado como polvos de gran pureza.

La lixiviación amoniacal también se utiliza para extraer níquel-cobalto-cobre, que se separan y el níquel se recupera por reducción de hidrógeno. En todos los procesos, la mayoría de los PM y PGE pasan a los residuos de extracción para su potencial recuperación.

En la mayoría de los métodos de refinado, el cobre es el metal "fácil", por lo que primero se separa del níquel y del cobalto, y después se separan el níquel y el cobalto entre sí. Esto puede hacerse mediante extracción con disolventes, precipitación secuencial en sistemas basados en amoníaco y recuperación secuencial de níquel por delante de niveles bajos de cobalto en el proceso de reducción de hidrógeno.

Bromeamos diciendo que hay tantos diagramas de flujo para el sulfuro de níquel como fundiciones y refinerías de níquel, pero no está muy lejos de la realidad!

Ni

TECNOLOGÍA AEMWE Y ACERO INOXIDABLE: UNA COMBINACIÓN GANADORA PARA LA SOSTENIBILIDAD

Solución ideal para la producción ecológica de hidrógeno, la tecnología AEMWE (electrólisis del agua con membrana de intercambio aniónico) representa una evolución significativa con respecto a las tecnologías existentes, con ventajas tanto técnicas como económicas. Los componentes que constituyen el "corazón" de la planta de producción de hidrógeno verde incluyen placas bipolares de acero inoxidable con níquel.

El corazón de un electrolizador es el stack, una serie de celdas electroquímicas apiladas donde tiene lugar la reacción de electrólisis.

Uno de los componentes críticos del stack son las placas bipolares que conducen la corriente eléctrica entre las celdas y garantizan la estabilidad mecánica.

Para garantizar la longevidad y la resistencia en el entorno químicamente agresivo de un electrolizador (donde el hidróxido de potasio está presente, aunque en bajas concentraciones), estos componentes están fabricados en acero inoxidable EN 1.4404 (tipo 316L UNS S31603). Desarrollados por una empresa con sede en el noreste de Italia, estos dispositivos AEMWE están demostrando grandes ventajas.

En comparación con la electrólisis alcalina, que es más económica pero tiene una eficiencia limitada, y la tecnología PEM (membrana de intercambio protónico), que garantiza un alto rendimiento a un coste más elevado, la AEMWE logra un equilibrio entre coste y rendimiento.

La elección del acero inoxidable AISI 316L también ha dado buenos resultados en las tuberías del electrolizador, que transportan gases y líquidos dentro de la planta.

En este caso, la resistencia a la corrosión es fundamental, ya que las tuberías están expuestas al hidróxido de potasio, que actúa como electrolito, así como al hidrógeno producido por el stack, que puede provocar la fragilización de los aceros.

Estos avances tecnológicos de AEMWE, que contienen acero inoxidable en su "corazón", contribuyen a respaldar la transición hacia una economía basada en el hidrógeno verde, reduciendo el impacto medioambiental y promoviendo la adopción a gran escala de energías renovables.

Este artículo apareció por primera vez en Inossidabile 237, diciembre de 2024, publicado por Centro Inox y reproducido con permiso.



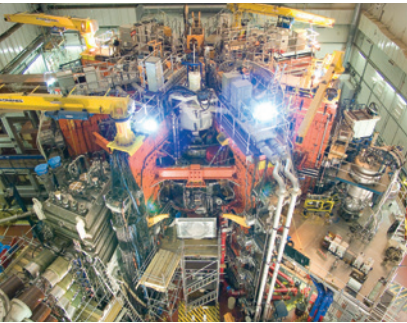
Stack de electrólisis de agua con membrana de intercambio aniónico (AEMWE) para la producción de hidrógeno verde

Un stack AEMWE de 10 kW instalado en el electrolizador

DISEÑADO PARA CONDICIONES EXTREMAS

EL PAPEL DEL NÍQUEL EN LA INNOVACIÓN DE LA FUSIÓN

En 2024, el Joint European Torus (JET) del equipo EUROfusion, una de las máquinas tokamak de fusión más potentes del mundo, con sede en el Reino Unido, batió un récord mundial de producción de energía y demostró la fiabilidad de la generación de fusión utilizando combustible de deuterio-tritio. El trabajo del equipo en ensayos de materiales, desarrollo de componentes y ciencia de la fusión acelerará el progreso del ITER, que se está desarrollando en Francia, y demostrará que la comunidad de la fusión tiene capacidad para modelar lo que ocurrirá en un reactor de fusión.



Sala JET Torus en el Campus Culham de la UKAEA

La fusión nuclear es el proceso de fusión de núcleos atómicos ligeros, como el hidrógeno, para formar un núcleo más pesado, como el helio, liberando inmensas cantidades de energía. La fusión no genera residuos radiactivos de larga duración, por lo que podría proporcionar una fuente de energía limpia, casi ilimitada, sin emisiones de carbono ni gases de efecto invernadero.

En el Sol, las fuerzas gravitatorias masivas crean las condiciones adecuadas para la fusión, pero en la Tierra son mucho más difíciles de conseguir. El combustible de fusión —diferentes isótopos de hidrógeno— debe calentarse a temperaturas extremas, del orden de 150 millones de °C, diez veces la temperatura del núcleo de nuestro Sol, para producir plasma, un gas con carga eléctrica formado por una mezcla de partículas con carga positiva y negativa. El plasma debe mantenerse estable a una presión intensa y, por tanto, lo suficientemente denso y confinado durante el tiempo necesario para permitir la fusión de los núcleos.

Los reactores de fusión experimentales más comunes son los tokamaks, que utilizan potentes imanes en los reactores para mantener confinado el plasma. Los tokamaks son cámaras con forma de rosquilla (toroidales) con bobinas magnéticas. Las fuerzas magnéticas hacen girar constantemente las partículas alrededor de las cámaras del reactor para evitar que el plasma se escape. El acero inoxidable que contiene níquel es importante en la fabricación de

tokamaks. El Reactor Termonuclear Experimental Internacional (ITER), actualmente en construcción en el sur de Francia, será el mayor reactor de fusión por confinamiento magnético (MCF) jamás construido. Los tres principales componentes del ITER fabricados en acero inoxidable son:

- El recipiente de vacío fabricado en 316LN (S31653) que contiene el plasma. Los imanes superconductores del recipiente de vacío deben enfriarse criogénicamente con helio líquido hasta -269 °C, para lograr su superconductividad y desarrollar así el campo magnético necesario para contener el plasma. El 316LN se selecciona por su baja permeabilidad magnética, solidez, tenacidad criogénica y resistencia a la fatiga.
- 40 módulos de manta que cubren las paredes interiores del recipiente de vacío están hechos de berilio, cobre de alta resistencia y acero inoxidable. Para el blindaje neutrónico se utilizan placas de blindaje de 40 mm de espesor fabricadas en acero inoxidable borado 304B7 (S30467) con un contenido de boro de aproximadamente el 2 %.



©WALTER TOSTO

- El criostato, que engloba el recipiente de vacío, está fabricado en 304/304L (S30400/S30403) con doble certificación. El criostato proporciona el entorno de alto vacío para los imanes superconductores del

recipiente de vacío. El alto vacío proporciona una capa aislante, como la pared de un termo, para conservar el frío, esencial para garantizar la superconductividad del sistema magnético.

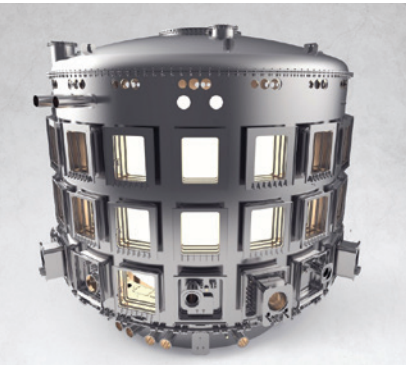
Ni

Uno de los nueve segmentos que componen el recipiente de vacío fabricado en 316LN. El peso del recipiente de vacío completado es de 5200 toneladas.

Un nuevo acero al níquel permite diseñar reactores más compactos

Mientras tanto, en China, los científicos han desarrollado un nuevo acero inoxidable con níquel conocido como Acero de Alta Resistencia a Baja Temperatura n.º 1 de China (CHSN01). Se dice que soporta campos magnéticos de hasta 20 Tesla en comparación con los 11,8 Tesla del 316LN, y con una mayor resistencia a la tracción y a la fatiga a temperaturas criogénicas. La capacidad del CHSN01 para soportar campos magnéticos más fuertes permite un confinamiento más eficaz del plasma sobrecalentado. Con campos magnéticos más intensos, se puede mantener una cantidad determinada de plasma en un volumen menor, lo que significa que se puede reducir el tamaño total del núcleo del reactor. Esto se traduce directamente en diseños de reactores más compactos, lo que puede dar lugar a reducciones significativas de la huella física y del volumen de material necesario para la construcción. CHSN01 se presenta como una modificación de Nitronic® 50 (S20910).

Cr%	Ni%	Mn%	Mo%	N%	Si%	V%	Nb%	C%	P%	S%
22,1	14,6	5,22	2,1	0,31	0,3	0,19	0,09	0,008	0,005	0,002



ORGANIZACIÓN ITER

El criostato, fabricado en 304/304L, es la cámara de presión de alto vacío más grande del mundo, con un peso de 3850 toneladas. Rodea el recipiente de vacío manteniendo el entorno ultrafrío y de alto vacío necesario para que el tokamak funcione.

GARANTIZADO PARA UN RENDIMIENTO ÓPTIMO: EL PAPEL INNOVADOR DEL NÍQUEL EN LA TECNOLOGÍA DE PLACAS REVESTIDAS

La placa revestida se utiliza en recipientes a presión, como separadores de petróleo y gas, autoclaves para el tratamiento de minerales, depuradores para la desulfuración de gases de combustión en centrales térmicas de carbón y depósitos para procesos químicos.

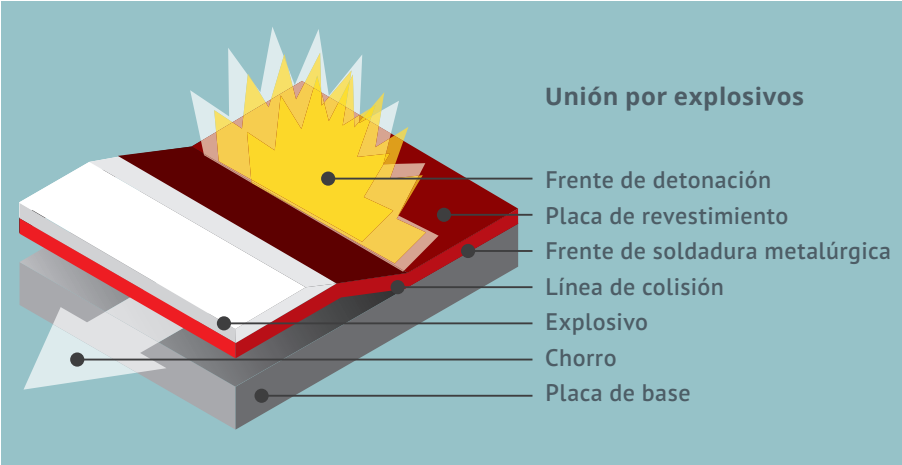
Los aceros inoxidable y las aleaciones a base de níquel (aleaciones resistentes a la corrosión o CRA) son bien conocidos por su extraordinaria resistencia a la corrosión. Sin embargo, su elevado coste se convierte en un problema en aplicaciones en las que se requiere material grueso. Afortunadamente, estas aleaciones pueden revestirse con placa de acero al carbono de menor coste para obtener un producto compuesto.

La placa revestida de CRA es un material de ingeniería que combina la resistencia y la economía de una base de acero al carbono o de baja aleación con la resistencia a la corrosión y la durabilidad de la CRA. Al unir metalúrgicamente una capa de CRA (normalmente de 3 mm de grosor) a una placa de acero de menor coste, las industrias obtienen ventajas de rendimiento al tiempo que reducen el coste en comparación con el uso de CRA sólida. Para fabricar las placas revestidas de CRA se utilizan varias tecnologías de eficacia probada (unión por explosivos, unión por laminación en caliente y recubrimiento por soldadura), cada una de las cuales ofrece ventajas distintas.

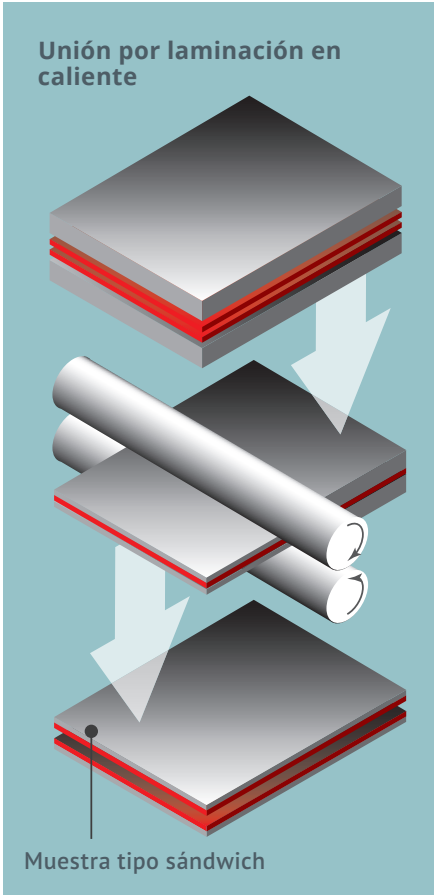
La placa revestida se utiliza en recipientes a presión, como separadores de petróleo y gas, autoclaves para el tratamiento de minerales, depuradores para la desulfuración de gases de combustión en centrales térmicas de carbón y depósitos para procesos químicos.

Unión por explosivos

La unión por explosivos utiliza una detonación controlada para acelerar una placa de CRA (la capa de revestimiento) sobre una placa de acero base a una velocidad extremadamente alta. El impacto crea una unión metalúrgica sin fusión, manteniendo la integridad de ambos materiales. El proceso permite producir placas grandes y gruesas con una excelente

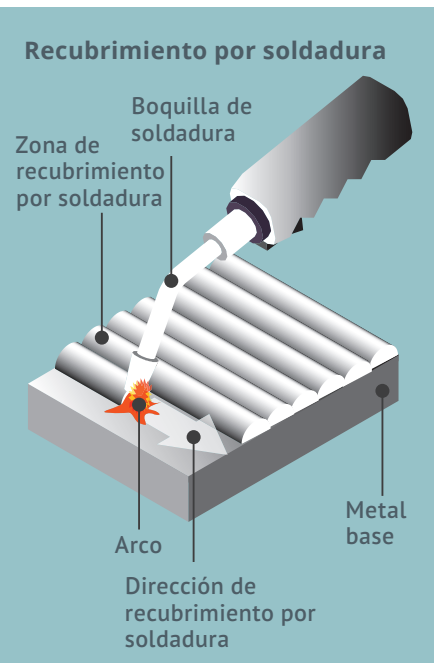


fuerza de adherencia. Al no producirse calentamiento en masa, las propiedades mecánicas del acero y la resistencia a la corrosión de CRA permanecen intactas.



Unión por laminación en caliente

La unión por laminación es un proceso más convencional, en el que una CRA se une metalúrgicamente a una base de acero de menor coste y mayor resistencia mediante laminación en caliente. En concreto, este proceso se consigue ensamblando un "sándwich" de materiales de soporte y revestimiento. El compuesto de separación separa cada paquete de revestimiento. Los bordes del stack metálico se sueldan para mantener los materiales en su sitio durante el proceso de laminación. Una vez alcanzado el tamaño requerido mediante laminación en caliente, el paquete se separa en dos placas revestidas distintas. Esta técnica es eficaz y muy repetible para producir grandes volúmenes de placa revestida con una calidad uniforme y un control preciso del espesor.

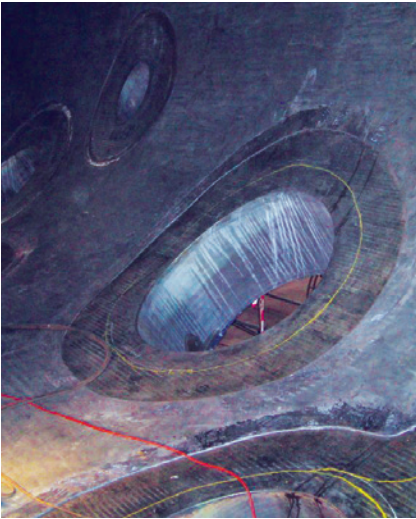


Recubrimiento por soldadura

El recubrimiento por soldadura consiste en depositar una capa de CRA sobre una placa base de acero mediante técnicas de soldadura. Puede realizarse mediante prácticamente cualquier proceso de soldadura aplicable al tamaño del trabajo. Esto permite una aplicación flexible de la CRA solo donde se necesita, lo que reduce los costes totales de material. El recubrimiento por soldadura es especialmente útil para reparar o actualizar equipos existentes, así como para fabricar componentes con geometrías complejas.

Beneficios

Cada método de revestimiento —unión por explosivos, unión por laminación en caliente y recubrimiento por soldadura— ofrece ventajas únicas. La unión por explosivos proporciona una fuerte unión entre el revestimiento y la capa base, la unión por laminación en caliente ofrece una producción uniforme y económica a gran escala, y el recubrimiento por soldadura permite una resistencia a la corrosión específica y flexibilidad de diseño. Juntas, estas tecnologías garantizan que la placa revestida de CRA siga siendo una solución versátil y rentable para sectores tan exigentes como el del petróleo y el gas, la minería, el procesamiento químico, la generación de energía y la ingeniería naval.



El recubrimiento por soldadura de aleación de níquel alrededor de la abertura de la boquilla proporciona resistencia a la corrosión y a la erosión al fluir la solución ácida del proceso dentro del autoclave de oxidación a presión.

GER MOE NICKEL INSTITUTE

PREGÚNTELE A UN EXPERTO – AYUDA TÉCNICA

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

P: ¿Cuál es la temperatura máxima a la que pueden utilizarse los aceros inoxidables de tipo 304 (S30400) y 316 (S31600)?

R: La respuesta corta es en el rango de 480 °C a 925 °C (900 °F a 1700 °F) dependiendo de qué propiedad del metal es más importante para la aplicación.

Hay que tener en cuenta principalmente tres características de los materiales: evitar la pérdida de metal por incrustación (la formación de una capa superficial creada por la reacción del metal con el gas caliente circundante), la resistencia a la temperatura y la susceptibilidad del metal a sufrir cambios microestructurales a temperatura que comprometerían la tenacidad del metal.

En aire, por encima de 925 °C (1700 °F), los aceros inoxidables tipo 304 y tipo 316 comienzan a oxidarse rápidamente y pierden masa a medida que la cascarilla se desprende. Si la temperatura fluctúa, la diferencia de dilatación y contracción del metal base y la cascarilla superficial acelerará el desprendimiento de esta y la temperatura máxima sería de 870 °C (1600 °F) en aire. El níquel en aceros inoxidables tipo 304 y tipo 316 es beneficioso para reducir el diferencial de expansión térmica en la interfaz metal base-óxido durante el enfriamiento. Si hay otros contaminantes en el gas caliente, por ejemplo sulfuro de hidrógeno

o dióxido de azufre, la temperatura aceptable será inferior a 925 °C.

Si la resistencia mecánica es un factor importante, tenga en cuenta que a medida que aumenta la temperatura, la resistencia disminuye. Así, se reducirá la carga que puede soportar el metal. Sin embargo, a una temperatura de unos 480 °C (900 °F), estos aceros inoxidables empezarán a experimentar fluencia. Es la deformación permanente, lenta y dependiente del tiempo de un metal sólido bajo la aplicación continua de tensión mecánica a temperaturas elevadas, aunque la tensión sea inferior al límite elástico del material. El níquel de estos aceros inoxidables favorece la microestructura de austenita, que les confiere una resistencia a la fluencia superior a la del acero al carbono normal.

Y la tenacidad a temperatura ambiente puede reducirse significativamente cuando hay exposición a temperaturas elevadas que provocan cambios perjudiciales en la microestructura del metal. Afortunadamente, en el caso de los aceros inoxidables tipo 304 y tipo 316, sus microestructuras son estables y no sufren cambios microestructurales perjudiciales que reduzcan drásticamente la tenacidad a temperatura ambiente. **NI**

NICKEL

EN LÍNEA

WWW.NICKELINSTITUTE.ORG

SUSCRÍBASE gratis a la revista *Nickel* y recibirá un ejemplar impreso o un aviso por correo electrónico cada vez que se publique un nuevo número.

LEA la revista *Nickel* en línea en varios idiomas.



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?

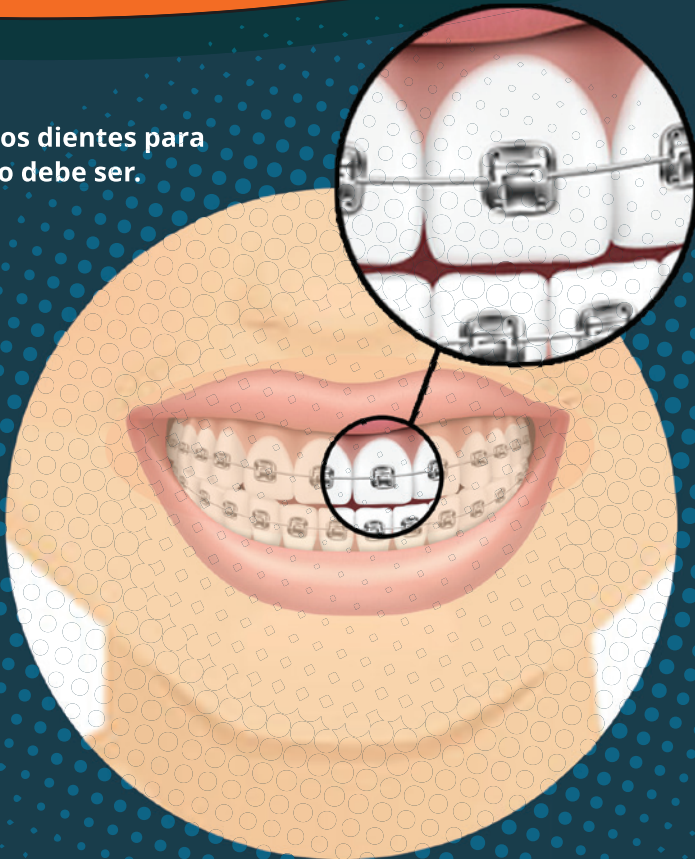
¿Por qué el níquel?

EL NÍQUEL EN LOS APARATOS DE ORTODONCIA

Los aparatos de ortodoncia ayudan a enderezar los dientes para tener una estupenda sonrisa y una mordida como debe ser.

Los aparatos de ortodoncia modernos suelen utilizar un alambre especial fabricado con una mezcla de metales llamada Nitinol, que contiene níquel y titanio. El nitinol es único porque "recuerda" su forma. Cuando el alambre se calienta en la boca, vuelve lentamente a su forma original, guiando suavemente los dientes hasta su sitio.

- Este metal inteligente significa que:
- Los aparatos de ortodoncia no necesitan apretarse con tanta frecuencia.
 - Son más cómodos y funcionan más rápido que los tipos más antiguos.
 - El metal es fuerte, seguro para su cuerpo y no se oxida.



DETALLES UNS

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

UNS	B	C	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	N	Nb	Ni	P	S	Si	T	V
S20910 pág. 11	-	0,06 máx.	-	20,5-23,5	-	bal.	4,00-6,00	1,50-3,00	0,20-0,40	0,10-0,30	11,5-13,5	0,040 máx.	0,030 máx.	1,00 máx.	-	0,10-0,30
S30400 Pág. 11, 14	-	0,08 máx.	-	18,0-20,0	-	bal.	2,00 máx.	-	-	-	8,0-10,5	0,045 máx.	0,030 máx.	1,00 máx.	-	-
S30403 pág. 11	-	0,030 máx.	-	18,0-20,0	-	bal.	2,00 máx.	-	-	-	8,0-12,0	0,045 máx.	0,030 máx.	1,00 máx.	-	-
S30467 pág. 11	1,75-2,25	0,08 máx.	0,2 máx.-	18,0-20,0	-	bal.	2,00 máx.	-	0,10 máx.	-	12,0-15,0	0,045 máx.	0,030 máx.	0,75 máx.	-	-
S31600 pág. 2, 14	-	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 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.	-	-
S31653 pág. 11	-	0,030 máx.	-	16,0-18,0	-	bal.	2,00 máx.	2,00-3,00	0,10-0,16	-	10,0-14,0	0,045 máx.	0,030 máx.	1,00 máx.	-	-
N01555 pág. 15	-	0,07 máx.	0,05 máx.	0,01 máx.	0,01 máx.	0,05 máx.	-	-	-	0,025 máx.	54,0-57,0	-	-	-	bal.	-



UNITATIS: UNIDAD Y SOLIDARIDAD.

2024 © URBAN BRUSSELS



El monumento, creado íntegramente por el artista metalúrgico Martin Rehr, de 23 años, durante la pandemia de COVID, está fabricado con seis toneladas de acero inoxidable que contiene níquel y cuenta con más de 16 km de soldaduras.

Dos manos entrelazadas, de nueve metros de altura y fabricadas con seis toneladas de acero inoxidable que contiene níquel, recorren el mundo como símbolo de unidad y solidaridad. Creada por el artista austriaco Martin Rehr durante la pandemia de COVID, el artista de 23 años se aisló en un gran almacén y dedicó 1500 horas a completar la escultura Unitatis. Construida con puntales metálicos y con más de 16 km de soldaduras, Rehr realizó la estructura él solo. Utilizó una plataforma autoelevable y un cabrestante de cable, luego colocó la pieza en el suelo y la giró sobre su propio eje hasta alcanzar la parte superior. En su punto más ancho, Unitatis mide 2,55 metros de diámetro.

El cineasta Daniel Ronacher narró todo el proceso de creación de la escultura en un documental titulado *Salzburg. Eine Kunstgeschichte* (*Salzburgo. Una historia del arte*), una exploración de cómo los tiempos difíciles influyen en el arte. El objetivo del artista era mostrar al mundo que la unión en tiempos de crisis nos hace más fuertes.

La visión de Rehr es que *Unitatis* llegue a los lugares donde más se necesita la unidad. Se inauguró en Salzburgo (Austria) en 2021 y ha viajado a Schengen (Luxemburgo) y, en 2024, *Unitatis* se instaló en el Parque del Cincuentenario de Bruselas. Diseñada para durar eternamente, esta obra de arte debería seguir en pie con orgullo dentro de 5000 años. **Ni**