

NICKEL REVISTA

LA REVISTA DEDICADA AL NÍQUEL Y SUS APLICACIONES

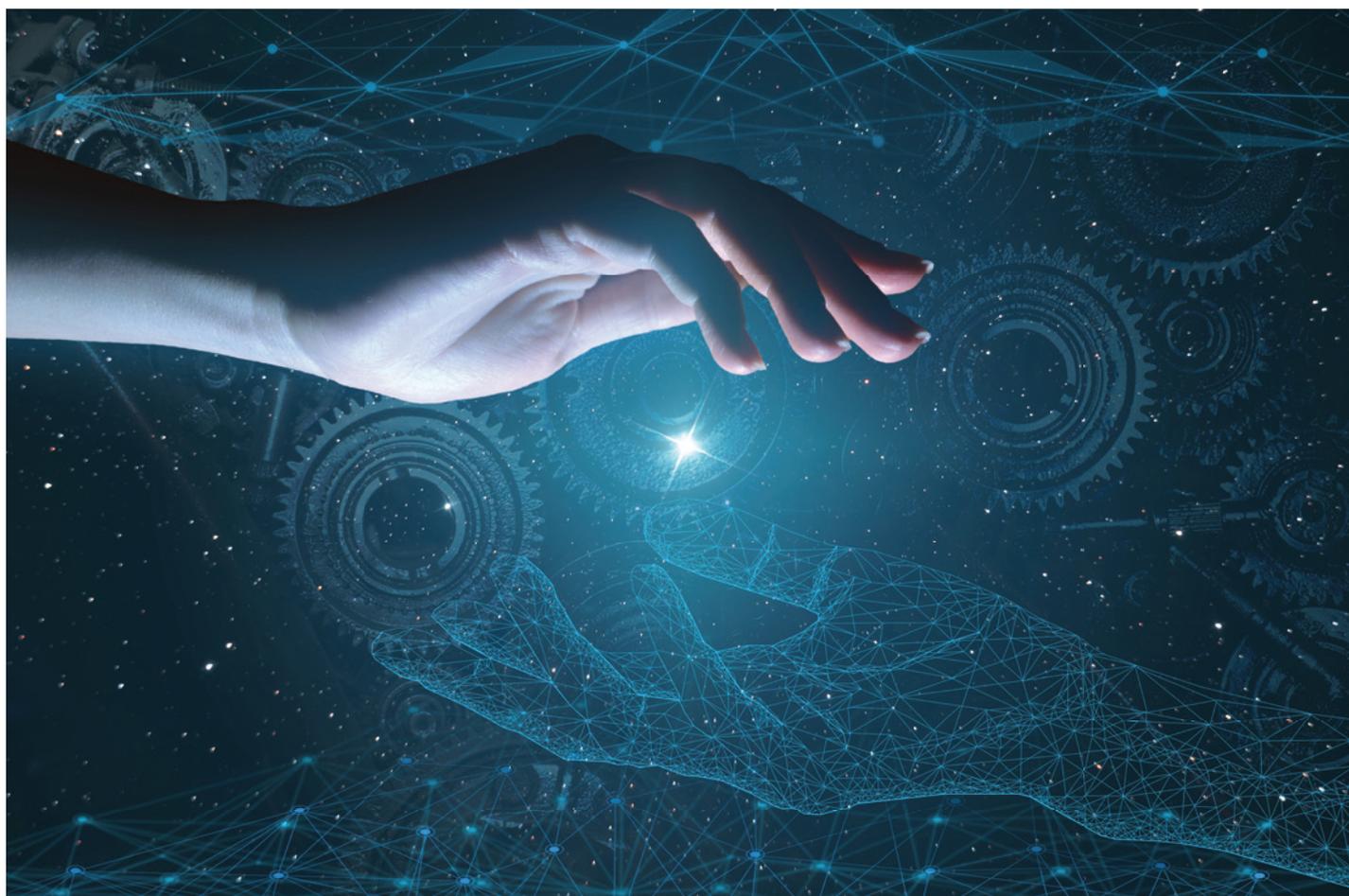
NICKEL, VOL. 35, NÚM. 2, 2020

El níquel y la próxima revolución industrial

Inteligencia artificial y la sostenibilidad siderúrgica

Fabricación aditiva con níquel

La importancia del níquel en la ciencia espacial





ESTUDIO DE CASO 19

BALCONES DE APARTAMENTOS EN LAHTI, FINLANDIA



Más de cuatro toneladas de tubos cuadrados y rectangulares de acero inoxidable en tres tamaños, de 0,5 m a más de 2 m de largo, fueron suministrados por Stalalube para fabricar los armazones de los balcones. El grado de acero inoxidable elegido fue el Tipo 304 (UNS S30400). Los tubos fueron cortados con láser y perforados con tolerancias precisas.

La popularidad de la construcción modular está aumentando. Las unidades de construcción producidas en fábrica se entregan en la obra y se ensamblan como elementos sustanciales de un edificio. Hacer el trabajo fuera de la obra conduce a un ahorro de tiempo, mejor calidad, disminución de los desechos de materiales, logística simplificada en la obra y menor perturbación del medio ambiente circundante.

Los sistemas de balcones modulares prefabricados, tanto para proyectos de nueva construcción como de renovación, son una manera cada vez más popular y rentable de ampliar el espacio utilizable de un apartamento, facilitando un espacio exterior seguro y privado.

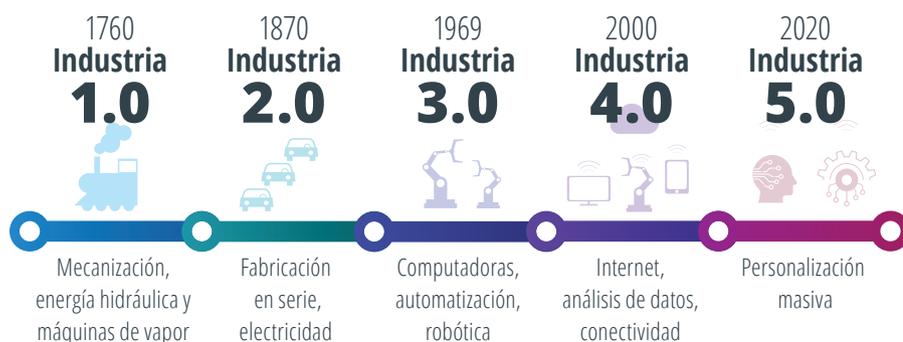
El acero inoxidable es una opción ideal de material para los componentes estructurales de los balcones tradicionales y prefabricados. Además de ser estéticamente atractivo, es muy duradero y conserva su aspecto atractivo a lo largo de la vida del edificio con un

mantenimiento mínimo. La alta relación resistencia-peso del acero inoxidable es otra ventaja importante ya que permite la fácil y rápida instalación de los balcones en el edificio.

El año pasado se instalaron 100 balcones modulares en nuevas casas de apartamentos en Lahti, una ciudad del sur de Finlandia. Los balcones fueron prefabricados en la fábrica, con los pasamanos, el vidrio y la rejilla de madera del piso unidos a la estructura de acero inoxidable, y luego se entregaron en la obra listos para instalar en un día. 

EDITORIAL: PERSONALIZACIÓN DEL FUTURO

Hoy estamos en la cúspide entre la Industria 4.0 –la revolución que es la digitalización, la Internet de las cosas, los dispositivos conectados, el análisis de datos– y la Industria 5.0, la introducción de la inteligencia artificial (IA) en la manufactura. La visión de la última revolución industrial es la personalización masiva y la personalización hecha posible por la máquina y el hombre –la inteligencia artificial y la humana– trabajando juntos.



En esta edición de *Nickel* analizamos cómo se está investigando y utilizando la IA en la producción personalizada de acero y aleaciones que contienen níquel, y cómo podría ser utilizada para optimizar la sostenibilidad en la producción. La IA está ayudando a la industria a producir resultados nuevos, precisos y repetibles. Procesa cantidades de datos que los seres humanos no pueden procesar y ya es una ayuda para las especificaciones y otras tareas intelectuales que pueden reducir considerablemente el tiempo y el costo, y proporcionar soluciones novedosas y mejores.

Pero la Industria 5.0 no se trata solo de la IA. Al ofrecer adaptación y personalización, la fabricación aditiva (AM) también se está convirtiendo rápidamente en la corriente principal. Las aleaciones que contienen níquel ofrecen propiedades tanto conocidas como nuevas en la AM. La combinación de la IA y la AM presenta la posibilidad de una producción más sostenible y personalizada en el futuro.

¡Con esta edición, *Nickel* cumple 35 años! Gracias a nuestros lectores y colaboradores. En una época de cambios masivos, el interés en las aplicaciones a menudo únicas y sorprendentes del níquel sigue siendo tan candente como siempre. Ninguna IA ha contribuido a esta producción, ¡aún!

Clare Richardson,
Editora, revista *Nickel*



SPACEX

¿Qué podría ser más futurista y requerir más sostenibilidad, construcción novedosa e inteligencia artificial que los viajes espaciales? Los cohetes reutilizables de SpaceX están listos para cambiar la economía de la exploración espacial, con un poco de ayuda del níquel y de la fabricación aditiva.

ÍNDICE

- 02 **Estudio de caso n.º 19**
Balcones de apartamentos, Lahti
- 03 **Editorial**
Personalizando el futuro
- 04 **Actualidades de Nickel**
- 06 **Sostenibilidad siderúrgica**
A través de la inteligencia artificial
- 08 **Industria 5.0**
Fabricación aditiva
- 11 **¿Promueve la IA el uso del Ni?**
- 12 **Aleación de níquel-cobre**
Uso en el espacio
- 14 **Preguntas y respuestas técnicas**
Bajo carbono y soldabilidad
- 15 **Nuevas publicaciones**
- 15 **Detalles UNS**
- 16 **Fin de la cultura del desecho**
en el espacio

La revista Nickel es una publicación del Nickel Institute

www.nickelinstitute.org

Dr. Hudson Bates, Presidente
Clare Richardson, Editora

communications@nickelinstitute.org

Colaboradores: Nancy Baddoo, Gary Coates, Emiko Hiraoka, Richard Matheson, Bruce McKean, Mark Mistry, Geir Moe, Kim Oakes, Vladimir Paserin, Benoît Van Hecke, Kotaro Watanabe, 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@Igor Borisenko

5 istock@mustafa güner, pág. 7 istock@metamorworks,

pág. 10 istock@Andy

NICKEL

ACTUALIDADES



NiPERA cumple 40 años

NiPERA Inc., la división científica independiente del Nickel Institute, celebró su 40.º aniversario en julio. Desde 1980, NiPERA ha adquirido la reputación de la organización científica líder en la investigación de la salud humana y el medio ambiente en relación con el níquel. «En las últimas cuatro décadas los científicos de NiPERA han generado un extenso volumen de trabajo científico que ha mejorado nuestra comprensión del uso seguro del níquel», dice la Directora ejecutiva de NiPERA, la Dra. Adriana Oller. «Gracias a nuestros científicos del pasado y del presente tenemos la base científica para comprender los posibles efectos sobre la salud y el medio ambiente relacionados con la producción, el uso y la eliminación del níquel. El níquel tiene propiedades sorprendentes y los 40 años de conocimientos que aporta NiPERA permiten utilizarlo con confianza en las aplicaciones apropiadas».

www.nipera.org



EL EQUIPO DE NIPERA DE 2020

Dr. Sam Buxton, Dra. Emily Garman, Dra. Kate Heim, Connie Lawson, Dra. Tara Lyons-Darden, Directora ejecutiva, Dra. Adriana Oller con el antiguo Director ejecutivo, Dr. Hudson Bates, Dra. Adriana Oller, Dr. Chris Schlekot, Dr. Mike Taylor, Dra. Ellie Traudt-Middleton

Medalla significativa

Es a la vez un símbolo de apoyo que honra a los trabajadores esenciales y de primera línea, y un recaudador de fondos vital para el fondo de emergencia de la COVID-19 del Club de Desayunos de Canadá. La Real Casa de la Moneda de Canadá ha emitido una nueva y oportuna medalla de acero niquelado que incluye un imán para que se pueda llevar puesta en la solapa. Los empleados de la Casa de la Moneda donaron su tiempo, habilidades y experiencia para crearla con el fin de ayudar a los niños y familias que enfrentan inseguridad alimentaria debido a la COVID-19. La medalla tiene un corazón y un icono de hoja de arce, que representan el espíritu colectivo de los canadienses «que se unen en un abrazo para ayudar a los necesitados», dice la Casa de la Moneda. El diseño también incluye un complejo conjunto de microespejos con un efecto de luz pulsante alrededor del corazón, que evoca el «fuerte latir del corazón» canadiense.



CASA REAL DE LA MONEDA DE CANADA



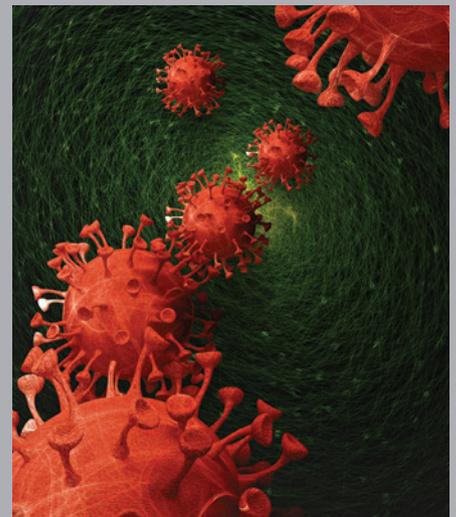
COURTESY OF FORMULA E

Recuperar el rumbo

La Fórmula E se preparó para seis carreras en nueve días para terminar la temporada 2019/2020 interrumpida por la pandemia mundial. Suspendingas en marzo debido a la COVID-19, el equipo de Fórmula E trabajó arduamente para recuperar las carreras y al mismo tiempo «dar prioridad a la salud y la seguridad de nuestra comunidad», dijo el Director Ejecutivo de Fórmula E, Jamie Reigle. Solo el personal esencial y los competidores estaban en el lugar. Aunque no hubo público presencial, el festival de nueve días contó con tres diseños de pista, «presentando un nuevo desafío y creando las condiciones para un clímax imprevisible y lleno de dramatismo para nuestra temporada», dijo Reigle. Doce equipos compitieron en el icónico Berlín-Tempelhof. Todas las baterías de los coches tenían el mismo diseño y fueron suministradas por McLaren Applied Technology utilizando las celdas NCA (níquel-cobalto-aluminio) de alta potencia de fabricación japonesa muRata que han aumentado las velocidades a 299 km/h y doblado la autonomía, por lo que ahora las carreras se pueden completar en un solo coche.

Filtro de aire que atrapa el virus que causa la COVID

Para hacer frente a la amenaza de que la transmisión aérea del SARS-CoV-2 se pueda propagar a través de los sistemas de aire acondicionado, los investigadores de la Universidad de Houston, en colaboración con otros, han diseñado un filtro que atrapa el virus responsable de la COVID-19, matándolo al instante. El filtro, hecho de espuma de níquel disponible en el mercado, calentado a 200 °C, o alrededor de 392 °F, mató el 99,8 % del nuevo SARS-CoV-2 en una sola pasada. Este sistema de desinfección de aire caliente prepara el camino para prevenir la transmisión en ambientes cerrados. El equipo de investigación ha aconsejado un despliegue gradual del dispositivo comenzando por los lugares de alta prioridad, donde los trabajadores esenciales corren un alto riesgo de exposición, en particular escuelas, hospitales y centros de salud, así como en el entorno de los transportes públicos, como los aviones. También prevén usos futuros en aeropuertos, edificios de oficinas y cruceros para detener la propagación de la COVID-19.



METAL SUECO

SOSTENIBILIDAD SIDERÚRGICA A TRAVÉS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL



SANDVIK

El proyecto sueco de metal está buscando aplicaciones prácticas de la inteligencia artificial en la fabricación de acero.

Cuando se observan los hitos clave del desarrollo industrial, uno podría preguntarse cómo es posible que la Industria 5.0 sea relevante para la fabricación de acero. Considerando las cargas masivas, las altas temperaturas y los productos químicos agresivos utilizados, es justo cuestionar si es un entorno demasiado duro para que un concepto de alta tecnología como el aprendizaje automático (aprendizaje de máquinas) sea eficaz.

Integración del aprendizaje automático

La realidad es que la infraestructura de la manufactura de minerales y metales ha estado interconectada con los operadores a través de sistemas informáticos durante décadas. Era solo cuestión de tiempo hasta que los algoritmos de aprendizaje

automático se integraran en esa interfaz y empezaran a dar sentido –mucho más eficientemente que los seres humanos– a los posibles vínculos entre las entradas (por ejemplo, materias primas, tiempo y temperatura) y las salidas (calidad de los productos de acero, gases de efecto de invernadero y desechos como la escoria).

Uniando fuerzas

Desde hace casi dos años, el fabricante sueco de acero al carbono SSAB y Sandvik, productor de muchos grados de aceros inoxidables al níquel, han unido sus fuerzas con la Universidad de Skövde. Cada socio está enfocando el proyecto desde su propia perspectiva. Sandvik tiene como objetivo optimizar el uso de la chatarra interna para disminuir la cantidad de aleaciones vírgenes necesarias y reducir el riesgo de errores de composición. SSAB se centra en la optimización del tiempo y la temperatura del convertidor para reducir las emisiones y el consumo de energía.

Estos objetivos reflejan la ambición de lograr que la producción de acero sea más sostenible, tanto desde el punto de vista de los insumos (materias primas y uso de energía) como desde la perspectiva de la producción, en términos de residuos y emisiones. Además, se puede prever un papel para la inteligencia artificial (IA) en el que el aprendizaje automático apoya las decisiones de los operadores en el proceso siderúrgico. Esto podría reducir la diferencia entre los resultados finales logrados por los operadores experimentados en comparación con los de los novatos. Las simulaciones e iteraciones de esas decisiones se prueban con las aportaciones de los operadores y se utilizan para reforzar la herramienta de aprendizaje automático.

El camino de la cuna a la puerta de los productos de acero consta de una serie de pasos, como la fase ascendente que incluye la fusión y la fundición de los aceros, y la forja en caliente. En la fase posterior a estos pasos de producción, los productos de acero se tratan térmicamente, a menudo se laminan en frío y se terminan. Entonces, ¿por qué ambos fabricantes de acero seleccionarían la misma área del proceso para probar la inteligencia artificial?

Las razones son múltiples:

- La parte ascendente de la producción de acero es un proceso bastante determinista. Un número de variables de insumos conduce uniformemente a un producto más o menos previsible. No

hay nada de aleatorio en ese proceso. Sin embargo, determinista no es equivalente a simple. En primer lugar, hay muchas variables en juego. En segundo lugar, existe cierta incertidumbre por el lado de los insumos (por ejemplo, la composición química media de los montones de chatarra) que la IA puede ayudar a comprender para lograr el producto deseado.

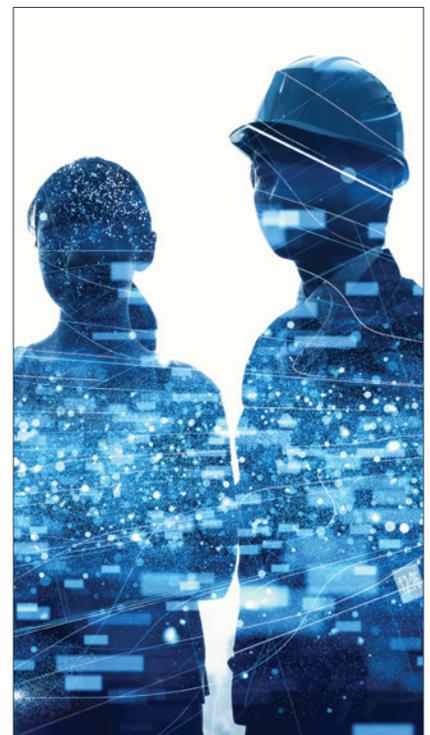
- La calidad del producto final está determinada en gran medida por lo que sucede en la etapa líquida. Así que invertir en el aprendizaje automático mejora la producción en términos de calidad.
- Las materias primas y la energía contribuyen en gran medida al costo de la fabricación de acero. Así que tiene sentido invertir en programas de mejora en este nivel.
- Por último, como indica SSAB, el proceso de producción de acero al carbono está bien documentado en los ámbitos de la automatización y del control de procesos. Hay modelos y abundan los conjuntos de datos, especialmente para productos bastante estandarizados como el acero al carbono.

Gran ventaja

Encontrándose ahora aproximadamente a mitad del proyecto, tanto los fabricantes de acero como el equipo de la Universidad de Skövde afirman que la medida en que los informáticos y los metalúrgicos han podido aprender unos de otros ha sido una gran ventaja.

Si bien los distintos segmentos de la industria siderúrgica utilizan diferentes modelos y conjuntos de datos y es probable que requieran una modelización a medida, existe la creencia compartida de que la IA puede volver más eficaz la fabricación de acero.

Si bien no es tecnología de «enchufar, conectar y usar», los conceptos de la IA de la Industria 5.0 parecen prometedores para la industria siderúrgica y la producción de muchos otros productos que contienen níquel. Es un mundo nuevo y valiente.

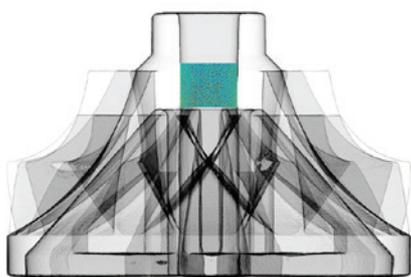


Se puede prever un papel para la inteligencia artificial donde el aprendizaje automático apoye las decisiones de los operadores en el proceso de fabricación de acero. Esto podría reducir la diferencia entre los resultados finales logrados por los operadores experimentados en comparación con los novatos.

INDUSTRIA 5.0

LA FABRICACIÓN ADITIVA CON METALES Y EL NÍQUEL

BRYAN HO-ON



MICROTECNOLOGÍAS DE EXPANSIÓN



Figura 1
Impulsor de 5 cm de diámetro en la aleación de acero inoxidable 17-4PH (UNS S17400)

Mientras que todavía nos encontramos en plena Industria 4.0 (fabricación inteligente a través de la integración de la inteligencia artificial, la computación en la nube, la fabricación justo a tiempo y la Internet de las cosas), el término Industria 5.0 o su variante japonesa Sociedad 5.0, está adquiriendo popularidad gradualmente. El principio básico que subyace a la cuarta revolución industrial reconoce que al vincular el equipo de producción, los dispositivos inteligentes de vigilancia y control, así como la conexión en tiempo real a los clientes a través de Internet, los fabricantes están creando redes inteligentes a lo largo de las cadenas de suministro y de valor.

En la próxima etapa de este desarrollo, se prevé el retorno de la participación humana directa para aportar el nivel siguiente de sofisticación, capacidad de respuesta y pertinencia para satisfacer las necesidades humanas en evolución; de ahí el término Sociedad 5.0. La integración más estrecha de los sistemas de producción y la participación de los seres humanos en su funcionamiento y orientación fusiona la precisión de alta velocidad de la automatización industrial con las habilidades creativas, cognitivas, críticas e intuitivas de los seres humanos. El concepto de Sociedad 5.0 ha sido promovido por el gobierno japonés desde aproximadamente 2015: una idea que sitúa a la sociedad en su conjunto, en lugar de la industria, en el centro del desarrollo tecnológico. Dando a la tecnología el papel de catalizador e impulsor, la Sociedad 5.0 tiene como objetivo el bienestar general de los miembros de la sociedad y se esfuerza por construir un ecosistema superinteligente de sociedad-tecnología. La Sociedad 5.0 coloca al ser humano en el centro de la Industria 4.0.

¿Cómo afectan estos desarrollos a la producción y al uso de los metales, y del níquel en particular?

Veamos este tema con un breve resumen de las últimas tendencias en la tecnología de fabricación, con especial énfasis en la fabricación aditiva (AM, o impresión 3D) con metal (AM con metal).

La AM con metal es un campo en rápido crecimiento que está catalizando una revolución en la fabricación moderna. El enfoque más común implica el uso de polvos metálicos como materia prima y la sinterización láser para ensamblar, capa por capa, objetos 3D. El proceso láser implica calentar las partículas hasta el punto de fusión del metal dado (~1500 °C para los aceros que contienen níquel) para fusionar o «soldar» las partículas, y una cuidadosa selección de los parámetros de control del rayo láser (potencia, tamaño del punto del rayo láser, patrón de exploración del rayo, entre muchos otros) para producir un objeto completamente denso, como en la *Figura 1*. Otros enfoques incluyen diferentes métodos de suministro de energía, como el haz

de electrones, el ultrasonido, la energía cinética (pulverización en frío), el arco eléctrico/de plasma y la extrusión o el chorro de material de compuestos de metal y polímero (como los filamentos que contienen polvo metálico), seguidos de procesos convencionales de desligado y sinterización. La *Figura 2* es un mapa del estado del desarrollo de alto nivel (índice de industrialización frente a madurez de la tecnología), que muestra que los procesos de deposición más avanzados en ambas balanzas son la fusión de lechos de polvo con haz de láser (LB-PBF), la deposición de polvos por láser (también conocida como proceso de deposición de alimentación de polvos o de energía dirigida), procesos de deposición por haz de electrones, por arco eléctrico/de plasma y por haz de electrones con cable. El FDM de filamentos (modelado de deposición fundida con filamentos metálicos que contienen polvo) y la inyección de aglutinante se acercan rápidamente al mismo territorio maduro.

La *Figura 3* muestra una lista más detallada de varias técnicas de AM con metal. A juzgar por el número de jugadores, la fusión de lecho de polvo con rayo láser

en la actualidad es claramente el enfoque dominante en la AM con metal.

La formación de objetos 3D capa por capa no es un concepto extraño en la industria del níquel. Así es exactamente como se hacen los pellets de níquel y ferroníquel, utilizando la deposición química de vapor del pentacarbonilo de hierro, $Fe(CO)_5$ y tetracarbonilo de níquel, $Ni(CO)_4$, descubierta por Ludwig Mond a finales de 1800. La *Figura 4* muestra una imagen transversal de un pellet de ferroníquel, que revela una estructura de capas alternas ricas en Ni y Fe. Las capas individuales forman un patrón regular. Los pellets están a una temperatura uniforme y la deposición de cada capa tiene lugar en todas las superficies de los pellets simultáneamente dentro del reactor. Debido a las diferencias en las propiedades del carbonilo de níquel y del carbonilo de hierro, la descomposición de cada uno tiene lugar preferentemente dentro de cierto espacio del reactor, dando lugar a la segregación de las capas ricas en Ni y Fe. Se puede imaginar fácilmente la deposición de un área seleccionada si la energía es suministrada por un rayo láser preciso, escribiendo un objeto

TIEMPO HASTA EL USO INDUSTRIAL



Figura 2 Índice de tecnología y madurez industrial de las diferentes tecnologías de AM con metal



Figura 3 Panorama de la tecnología Fabricación aditiva con metales. Se conocen más de 18 procesos diferentes de impresión en 3D con metales. AMPOWER Insights proporciona una visión general y una clasificación de los procedimientos más importantes.

Sensores impresos en 3D

Un automóvil moderno típico tiene entre 60 y 100 sensores que ayudan a que el motor funcione eficazmente y el vehículo funcione con seguridad y comodidad. Del mismo modo, los sensores se han convertido en esenciales en las industrias de fabricación y procesos, aeroespacial y de atención de la salud. Para que la Industria 5.0 tenga éxito, es necesario tener acceso a una enorme cantidad de información sobre todos los aspectos operativos de un sistema, que sea analizada instantáneamente y que provenga de diferentes tipos de sensores. La fabricación aditiva puede ayudar de dos maneras: los propios sensores pueden ser impresos, y los sensores pueden ser incrustados en las piezas mientras se imprimen. Al igual que con las piezas impresas en 3D estándar, estos sensores pueden ser diseñados a medida, producidos de forma rápida y rentable en pequeñas cantidades. Los sensores se imprimen en muchos materiales diferentes, incluyendo aceros inoxidable que contienen níquel y aleaciones de níquel. Los tamaños de los sensores pueden variar desde submicras hasta muy grandes. Los tipos de sensores que pueden imprimirse incluyen tensión, presión, fuerza, flujo, vibración y muchos más. A medida que aumente la necesidad de más sensores, se producirán más por impresión en 3D.



Sensor de presión de acero inoxidable impreso en 3D

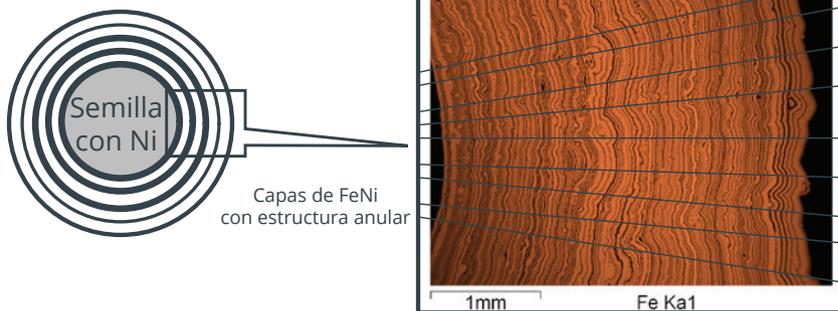


Figura 4 Estructura en capas de los pellets de ferroníquel (color oscuro = rico en níquel, color claro = rico en hierro)

de níquel en 3D (Figura 5). El desarrollo de tales técnicas de AM con metal en fase de vapor está todavía en fase de laboratorio. A partir de 2020, los metales dominantes utilizados en la AM con metal son el titanio, el acero inoxidable, los aceros para herramientas, el aluminio y las superaleaciones a base de níquel. Además del contenido de níquel en los aceros inoxidables, las aleaciones de níquel desempeñan un papel importante en la industria aeroespacial, la producción de herramientas y otras aplicaciones exigentes, posicionando al níquel como un componente importante de las piezas metálicas de alto valor, impresas de forma aditiva. Aunque el volumen total de polvos metálicos utilizados como materias primas en las impresoras de AM con metal es muy pequeño en comparación con las técnicas convencionales de

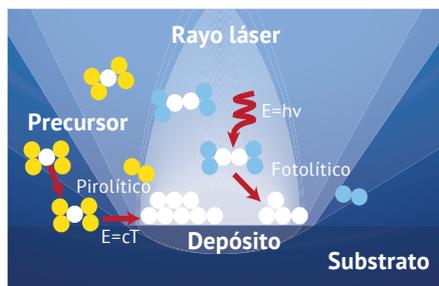


Figura 5 Deposición de área selectiva guiada por rayo láser del precursor de metal en fase de vapor

formación con metal (~3000 toneladas de todos los polvos metálicos combinados en 2020), se espera que persista el rápido crecimiento de la AM con metal y que el níquel siga desempeñando un papel clave en muchas aplicaciones.

La impresión en 3D de las superaleaciones de níquel es un área de investigación particularmente activa, debido al alto potencial en áreas de aplicación como la aeroespacial y la de utillaje.

El rápido crecimiento de la AM con metal sigue evolucionando y tiene el potencial de convertirse en una de las tecnologías más revolucionarias de la metalurgia. La industria aeroespacial, que suele ser una de las primeras en adoptar las nuevas tecnologías, ha estado a la cabeza del desarrollo de aplicaciones junto con el utillaje y el sector del mercado médico. Entre los importantes desafíos que aún quedan por resolver figuran la seguridad (trabajo con partículas metálicas) y los reglamentos, los limitados volúmenes de producción debido a las ineficacias de los procesos, las limitaciones de tamaño de los equipos y los largos plazos de fabricación, la limitada disponibilidad de polvos metálicos económicos, la necesidad de redactar las mejores prácticas, especificaciones y normas para su aceptación por los diversos sectores industriales.

El níquel está destinado a ser uno de los participantes dominantes en esta nueva categoría de materias primas metálicas, impulsando el desarrollo de piezas de alto rendimiento en la próxima generación de productos en diversas industrias. Ni

¿PROMUEVE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EL USO DEL NÍQUEL?

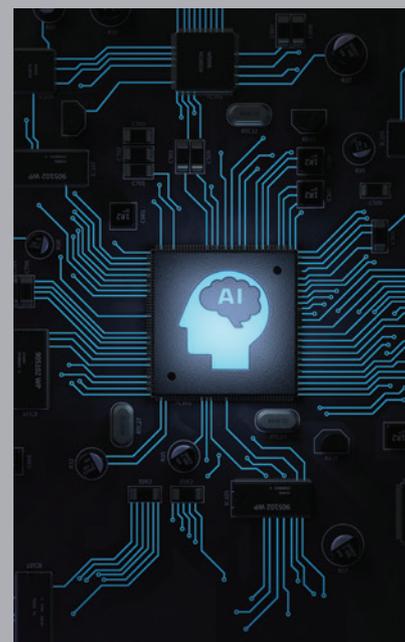
En los últimos años, la inteligencia artificial (IA) se ha introducido en muchas áreas de nuestras vidas. La industria no es una excepción y el desarrollo de nuevas aleaciones es una aplicación industrial que se está explorando.

El desarrollo de una nueva aleación suele llevar a un equipo de investigadores unos diez años. Requiere un alto grado de experiencia y comprensión de las interacciones entre los diversos elementos de aleación para lograr las propiedades deseadas, así como la capacidad de producirla comercialmente. La IA tiene el potencial de acortar significativamente ese tiempo de desarrollo y apoyar incluso a los desarrolladores sin experiencia.

El Dr. Ikumu Watanabe, investigador principal del Instituto Nacional de Ciencia de los Materiales (NIMS) de Japón y su equipo han desarrollado un programa informático de apoyo al desarrollo de aleaciones basado en la IA que calcula la composición química y el proceso de fabricación más adecuados para lograr las propiedades requeridas para las aleaciones que contienen níquel y otras aleaciones. El software identifica las correlaciones entre las múltiples propiedades, estructuras y procesos de producción, y permite mejorar las propiedades de la aleación. Por ejemplo, una aleación puede requerir resistencia al calor, así como resistencia a la fluencia y estabilidad de fase. En la práctica, si se refuerza una propiedad, a menudo se sacrifican otras propiedades. Lograr un equilibrio es el desafío para un desarrollador de aleaciones y donde la IA tiene el potencial de ayudar.

El software requiere una enorme cantidad de datos. Su IA de aprendizaje profundo puede reunir información y generar diagramas que correlacionen varios factores leyendo y recogiendo palabras relacionadas con los procesos de fabricación de aleaciones, las estructuras metálicas de las aleaciones, así como las propiedades físicas de las aleaciones. Actualmente, el software extrae datos de la base de datos de Elsevier, pero también puede personalizarse y ampliarse para leer los datos técnicos propios de una empresa y para recopilar grandes datos disponibles en Internet. En la actualidad solo extrae correlaciones cualitativas, pero en el futuro, el software tiene como objetivo manejar datos cuantitativos para su aplicación real in situ.

Hay muchos beneficios para los usuarios finales. Por ejemplo, si podemos mejorar la propiedad de resistencia al calor de una aleación de níquel existente, podemos mejorar la eficacia del combustible de un avión o de una planta de generación de energía térmica y se pueden reducir las emisiones de CO₂. Con la ayuda de la IA, existe el potencial de que las aleaciones de níquel de calidad superior se lancen más rápidamente, con los consiguientes beneficios medioambientales para la sociedad.



Introduciendo propiedades como el módulo elástico, la resistencia, la ductilidad, el límite de fatiga, la soldabilidad y la estabilidad de fase, el software calcula cómo conseguir las propiedades físicas requeridas de la nueva aleación.

Ni

ALEACIÓN DE NÍQUEL-COBRE EN EL ESPACIO

HTTPS://WWW.ENVIRONMENTAL-EXPERT.COM/COMPANIES/KCM-SPECIAL-STEEL-CO-LTD-100088/



Es sabido que alrededor del 70 % de toda la producción de níquel se utiliza en la producción de acero inoxidable. El acero inoxidable fue descubierto independientemente por varios investigadores en 1912, pero las aleaciones a base de níquel resistentes a la corrosión le preceden. En 1906, se patentó una aleación de níquel-cobre (Ni-Cu), desarrollada por la Compañía Internacional de Níquel (INCO). Ahora está compuesta por un grupo de aleaciones de níquel que contienen alrededor de dos tercios de níquel y un tercio de cobre y se conoce como Monel®.

Más fuertes que el níquel puro, las aleaciones de Ni-Cu poseen una excelente resistencia a la corrosión en una gama de ácidos no oxidantes y ambientes alcalinos, incluyendo el agua de mar de flujo rápido. Las aleaciones de Ni-Cu ofrecen una resistencia excepcional al ácido fluorhídrico en todas las concentraciones hasta el punto de ebullición y son resistentes a muchas formas de ácidos sulfúricos e hidroc্লóricos en condiciones de reducción.

Características

Las aleaciones de Ni-Cu también poseen una excelente resistencia a la oxidación (quemado) en ambientes con alto contenido de oxígeno, excelentes propiedades mecánicas tanto a temperaturas bajo cero como hasta 550 °C (1020 °F). Las aleaciones de Ni-Cu pueden producirse fácilmente por trabajo en caliente y en frío, mecanizado y soldadura. La variedad más conocida es la aleación 400 (N04400). Si bien la aleación 400 solo puede ser endurecida por trabajo en frío, en 1924, la adición de aluminio y titanio produjo una versión de endurecimiento por envejecimiento con

mayor resistencia, conocida como K-500 (N05500). Por medio de la precipitación de las partículas gamma primarias, se logra una fuerza de rendimiento superior a los 690 MPa, (100 ksi) aproximadamente tres veces mayor que la aleación 400 (N04400).

La industria aeroespacial

Las aleaciones de Ni-Cu se pueden encontrar en tubos, tuberías, varillas y alambre para varias aplicaciones aeroespaciales. La resistencia natural de las aleaciones de Ni-Cu a la quema en oxígeno, las excelentes propiedades a temperaturas bajo cero, y la alta resistencia de la K-500 han hecho de esta aleación un importante contribuyente en la fabricación de turbobombas para el lado oxidante de los motores de cohetes de combustible licuado ricos en oxígeno, como el Blue Origin BE-4.

Blue Origin ha aprovechado la fabricación aditiva en 3D para hacer muchos de los componentes clave de su bomba de refuerzo de gas oxígeno (OBP). La carcasa es una sola pieza de aluminio impresa y todas las etapas de la turbina hidráulica están impresas con la K-500. Este enfoque



Extremo izquierdo: la carcasa de la bomba de impulsión de oxígeno Blue Origin BE-4 es una sola pieza de aluminio impresa y todas las etapas de la turbina hidráulica están impresas con la K-500.

Izquierda: un mecánico inspecciona la bomba de impulsión de oxígeno.

Abajo izquierda: la bomba de impulsión de oxígeno puede verse en el cuarto inferior de la imagen.

Abajo: el cohete New Glenn de Blue Origin

de fabricación permite la integración de complejos pasajes de flujo interno en la carcasa que serían mucho más difíciles de lograr con los métodos convencionales. Las boquillas y los rotores de la turbina también están impresos en 3D y

requieren un mecanizado mínimo para lograr los ajustes necesarios.

Incluso hoy en día, las aleaciones de Ni-Cu desarrolladas hace más de un siglo son esenciales en las exigentes aplicaciones de vanguardia. Ni



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 niquelado para permitir el uso del níquel con confianza.

P: ¿Por qué los aceros inoxidables austeníticos que contienen níquel, como el 304, a veces tienen propiedades magnéticas?

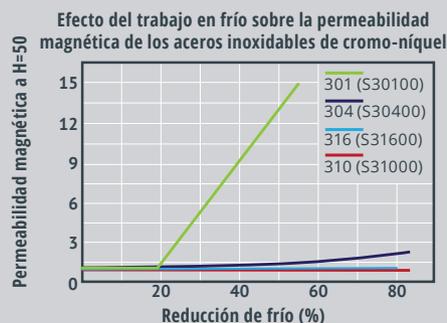
R: Por encima de aproximadamente 727 °C, el acero posee una microestructura no magnética llamada austenita. Por debajo de esta temperatura, el acero posee una microestructura no magnética llamada ferrita. La adición de suficiente níquel hace que la austenita sea estable a temperatura ambiente. Por eso los aceros inoxidables austeníticos como el 304 no son magnéticos. Sin embargo, la austenita en el 304 (S30400) y particularmente en el 301 (S30100) es metaestable. Esto significa que cuando se deforma plásticamente (trabajada en frío) parte de esta austenita puede sufrir una transformación en otra microestructura magnética más, llamada martensita inducida por tensión, que incluye un aumento de la resistencia a la tracción. Cuanto mayor es la cantidad de deformación plástica, más martensita se forma y por lo tanto más atracción magnética y mayor fuerza.

En la mayoría de los casos esta atracción magnética no tiene ninguna consecuencia. De hecho, el consiguiente aumento de la resistencia a la tracción es beneficioso para la producción de componentes como los retractores de los

cinturones de seguridad de los coches, los muelles de alambre y de cinta e incluso las agujas quirúrgicas. Sin embargo, en algunas aplicaciones puede causar problemas en equipos que pueden verse afectados por pequeñas cantidades de atracción magnética, como las máquinas de resonancia magnética (MRI). En estos casos, se emplean grados que poseen austenita estable con mayor contenido de níquel.

Visite: inquiries.nickelinstitute.org

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 @Nickellnstitute



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/Nickellnstitute

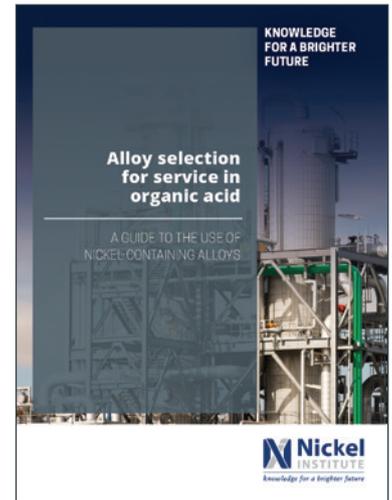
Nueva publicación

Selección de aleaciones para el servicio en el ácido orgánico (10063)

examina el efecto corrosivo de los ácidos orgánicos, como los ácidos fórmico, acético y grasso, en todas las concentraciones. La acción corrosiva de los ácidos orgánicos es complicada porque estos ácidos no se manejan de forma aislada sino más bien como mezclas de procesos con ácidos inorgánicos, disolventes orgánicos y sales. En la actualidad, los

ácidos orgánicos se encuentran entre los productos químicos más importantes de la industria. Son la base de muchos compuestos, desde medicamentos y productos farmacéuticos, como la aspirina, hasta plásticos y fibras. Esta publicación técnica completamente revisada del Nickel Institute proporciona una guía útil para los ingenieros de materiales.

Puede descargarse gratuitamente desde www.nickelinstitute.org



Nueva evaluación del ciclo de vida del níquel

Ya se dispone de los últimos datos de evaluación del ciclo de vida del níquel (año de referencia 2017) para el níquel metal, el ferroníquel y el sulfato de níquel. El informe ofrece un panorama sólido y transparente de las entradas (energía, productos químicos de proceso o agua) y salidas (emisiones al agua, al aire o a los residuos) del proceso de producción de níquel. Contribuyeron nueve empresas miembros del Nickel Institute y veinticuatro centros de producción de todo el mundo.

«El estudio representa el 52 % de la producción mundial de níquel metal, el 47 % de la producción de ferroníquel y

el 15 % de la producción de sulfato de níquel» explica el Dr. Mark Mistry del Nickel Institute, que dirigió el proyecto. «Está compilado según las normas ISO y ha sido revisado críticamente de forma independiente. Esta es la tercera actualización de los datos del ciclo de vida del níquel. Muestra el compromiso de las empresas miembros del Nickel Institute para proporcionar a los clientes y usuarios finales información de alta calidad».

Descargue la infografía resumida del sitio web del Nickel Institute. El informe completo se puede solicitar.

communications@nickelinstitute.org



Detalles UNS

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

UNS	Al	C	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Nb	N	Ni	P	S	Si	Ti
S17400 pág. 8	-	0.07 máx.	15.0- 17.5	3.00- 5.00	bal.	1.00 máx.	-	0.15- 0.45	-	3.00- 5.00	0.040 máx.	0.030 máx.	1.00 máx.	-
S30100 pág. 14	-	0.15 máx.	16.0- 18.0	-	bal.	2.00 máx.	-	-	0.10 máx.	6.0- 8.0	0.045 máx.	0.030 máx.	1.00 máx.	-
S30400 pág. 2, 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.	-
S31600 pág. 14	-	0.08 máx.	16.0- 18.0	-	bal.	2.00 máx.	-	-	-	10.0- 14.0	0.045 máx.	0.030 máx.	1.00 máx.	-
NO4400 pág. 11	-	0.3 máx.	-	bal.	2.50 máx.	2.00 máx.	-	-	-	63.0- 70.0	-	0.024 máx.	0.50 máx.	-
NO5500 pág. 11	2.30- 3.15	0.25 máx.	-	bal.	2.00 máx.	1.50 máx.	-	-	-	63.0- 70.0	-	0.01 máx.	0.50 máx.	0.35- 0.85



SPACEX

Dos tercios del cohete Falcon Heavy –los dos propulsores– regresan al Centro Espacial Kennedy en febrero de 2018. De los 30 intentos de aterrizaje en una plataforma marina, veinticinco han sido exitosos. Con la experiencia, los fracasos se han convertido en la excepción, no en la regla.

EL FIN DE LOS COHETES DESECHABLES

No, aún no ha sucedido, pero el valiente comienzo ha terminado. El lanzamiento y la recuperación están en proceso de hacerse normales: SpaceX tiene más de 50 recuperaciones de la primera etapa de los cohetes Falcon 9, y tres primeras etapas han sido lanzadas cinco veces. El Crew Dragon de SpaceX, un económico y rápidamente reutilizable módulo para llevar a los seres humanos al espacio, regresó triunfante el 2 de agosto de 2020. Si bien ya no tendrá el «olor a cápsula espacial nueva», la nave se utilizará otra vez y quizás hasta le quiten el hollín.

Ha sido dramático, pero la atención se ha centrado más en los tubos, no en los diez motores Merlin (nueve para la primera etapa, uno para la segunda). Cada vez que aterriza una primera etapa, lo hace con sus nueve motores Merlin intactos, listos para ser reabastecidos y reutilizados.

El objetivo es diez lanzamientos antes de la renovación y la puesta en servicio.

Se desconoce la vida útil final, pero los aproximadamente 1125 kg de aleaciones que contienen níquel serán finalmente recuperados y reciclados... excepto por lo que va a los museos como prueba del ingenio y la ambición humana.

NI