

NICKEL MAGAZINE

DIE FACHZEITSCHRIFT FÜR NICKEL UND SEINE ANWENDUNGEN

NICKEL, JHRG. 36, NR. 1, 2021

Nickel: die Lösung für Wasser

*Sekundäre Wassersysteme für Hochhäuser
liefern Wasser bis unters Dach*

*Wiederverwendetes Wasser
ganz ohne „Igitt-Faktor“*

*Neue Technologien
für Grünen Wasserstoff*





FALLSTUDIE 21 NATIONAL ARMY MUSEUM



U.S. Green Building Council
– LEED Silver

AUSZEICHNUNGEN
American Institute of Architects New York (AIANY) 2021 Design Awards
– Merit Award

Metal Architecture Magazine 2020 Design Awards – Kategorie „Glattmetall-Wandpaneele“

Das neue National Museum of the United States Army, das im November 2020 eröffnet wurde, ist in Paneele aus nickelhaltigem, austenitischem Stahl gehüllt, in denen sich die Umgebung widerspiegelt. Die von dem internationalen Architekturbüro SOM gestalteten einfachen, eleganten Linien und langen, durchgängigen, polierten Edelstahlflächen schaffen ein Gefühl monumentaler Stabilität und Präzision.

Als symbolisches Schaufenster der ältesten Teilstreitkraft des US-Militärs vermittelt das Gebäude die Kernwerte Disziplin, Bescheidenheit und Stärke – Eckpfeiler des Lebens im Heer. Während sich an der äußeren Erscheinung der Edelstahl-Paneele über die Jahre hinweg nichts ändern wird, spiegeln sie aber auch die sich stets wandelnden Lichtverhältnisse und die Waldflora des Stützpunktes Fort Belvoir außerhalb der US-Bundeshauptstadt Washington wider.

Diese ästhetisch ansprechende Solidität wurde mit Komposit-Paneeelen, gefasst in 238 Tonnen Edelstahl des Typs 316L

(UNS S31603) in einer Dicke von 3 mm, mit einer präzisen, gleichmäßigen Hairline-Politur erzielt, um eine spektakuläre, angenehm reflektierende Fassade zu erzeugen.

Beim Entwurf wurden ein hoher Gehalt an Recyclingmaterial sowie die Langlebigkeit von Edelstahl berücksichtigt, wodurch das Museum nach dem Standard USGBC LEED Silver zertifiziert wurde. Das Gebäude hat internationale Aufmerksamkeit erregt und wurde trotz seiner erst jüngst erfolgten Fertigstellung bereits mit zahlreichen Preisen prämiert.



EDITORIAL: WASSERLÖSUNGEN

Universeller und gerechter Zugang zu sicherem und erschwinglichem Trinkwasser bis 2030 ist das sechste Ziel der Vereinten Nationen für eine nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs). Einem jüngsten Bericht von UN-Water¹ zufolge bedeutet das urbane Wachstum aber, dass viele Menschen immer noch zu kurz kommen. Seit 2000 hat die Bevölkerung von Städten ohne Zugang zu sauberem Wasser Schätzungen zufolge um 50 % zugenommen. Um das 6. SDG zu erreichen, müssen die weltweiten Anstrengungen und Investitionen vervierfacht werden.

In China macht die urbane Bevölkerung inzwischen mehr als 60 % der Bevölkerung aus; im Jahr 2000 belief sich dieser Wert noch auf 36 %. Es wird prognostiziert, dass in China zwischen heute und dem Jahr 2050 weitere 225 Millionen Großstadtbewohner hinzukommen werden².

Die Herausforderung, eine wachsende städtische Bevölkerung mit genügend Wasser zu versorgen, ist groß genug, wird aber noch durch die Notwendigkeit erschwert, alternde Systeme von früheren Urbanisierungskampagnen zu renovieren. Hinzu kommt, dass Leckstellen repariert, der Verbrauch reduziert und die Wasserqualität verbessert werden muss. Das bedeutet, dass ein langfristiger Fokus auf die Materialeistung vonnöten ist.

Die neue Stadtbevölkerung wohnt oft in Hochhäusern. Die Versorgung mit sauberem Wasser für die oberen Stockwerke erfolgt durch sekundäre Wassersysteme. In dieser Ausgabe von *Nickel* erfahren Sie mehr darüber, wie China das doppelte Problem der Bekämpfung von Wasserverlust und der Lieferung von sauberem Wasser in Hochhauswohnungen mithilfe von nickelhaltigem Edelstahl angeht.

Die Rolle von Nickel bei der sicheren Versorgung mit Wasser für eine nachhaltige Zukunft in China und anderswo spiegelt sich in Technologien zur Nutzung von Wasser beim Übergang zu einer kohlenstoffarmen Welt wider. Nickel wird eine entscheidende Rolle in dem Bemühen spielen, Grünen Wasserstoff per Elektrolyse aus erneuerbaren Energiequellen herzustellen und dadurch einen Kraftstoff zu erzeugen, dessen einziges Nebenprodukt Wasser ist. Ob wir es nun einfach nur trinken, zur Herstellung umweltfreundlicher Energien einsetzen oder zum Transport unserer Waren nutzen – Wasser und Nickel sind eng miteinander verwoben.

Clare Richardson
Redaktion, *Nickel*

NATIONAL BUREAU OF STATISTICS OF CHINA © STATISTA, 2021



Innovative Praktiken und Technologien für Wasser und Sanitärsysteme sind wichtige Faktoren beim Erreichen des 6. SDG. Für nachhaltige und erschwingliche Erfolge sind leckfreie, widerstandsfähige und haltbare Systeme erforderlich, wie sie in China mithilfe von Nickel derzeit eingeführt werden.

¹UN-Water, 2020: Summary Progress; Update 2021 – SDG 6 – water and sanitation for all. Version: 1 März 2021. Genf, Schweiz.

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

INHALT

- 02 **Fallstudie Nr. 21**
National Army Museum
- 03 **Editorial**
Wasserlösungen
- 04 **Beachtenswertes zum Thema Nickel**
- 06 **Den „Igit-Faktor“ überwinden:**
Wiederverwendung von Abwasser
- 07 **Chinas neue Wasserwege**
Edelstahl für langfristige Lösungen
- 10 **Grüner Wasserstoff**
Technologie für eine umweltfreundlichere Zukunft
- 12 **Nickel-Legierungen**
NiHard
- 13 **Nickel-Bildung**
Das Wissen weitergeben
- 14 **Technische Fragen und Antworten**
Wie korrosiv ist Chlorid?
- 15 **Neue Publikationen**
- 15 **UNS-Details**
- 16 **Bau der Shipbuilders**
Neue Skulptur in Port Glasgow

Das Nickel Magazine ist eine Publikation des Nickel Institute
www.nickelinstitute.org

Dr. Hudson Bates, Verbandspräsident
Clare Richardson, Chefredakteurin

communications@nickelinstitute.org

Autoren und Mitarbeiter: Parul Chhabra, Gary Coates, Catherine Houska, Richard Matheson, Geir Moe, Kim Oakes, Ken Rudisuela, Philip Song, Odette Ziezold

Entwurf: Constructive Communications

Das Textmaterial wurde zur allgemeinen Information des Lesers erstellt und sollte nicht als Grundlage für spezifische Anwendungen verwendet werden, ohne dass vorher fachmännische Beratung eingeholt wurde. Obwohl das Textmaterial nach unserem besten Wissen korrekt ist, garantieren das Nickel Institute, seine Mitglieder, Mitarbeiter und Berater nicht seine Eignung für eine allgemeine oder spezifische Anwendung und übernehmen keine Haftung oder Verantwortung irgendeiner Art im Zusammenhang mit den hierin enthaltenen Informationen.

ISSN 0829-8351

In Kanada von der Hayes Print Group auf Recyclingpapier gedruckt

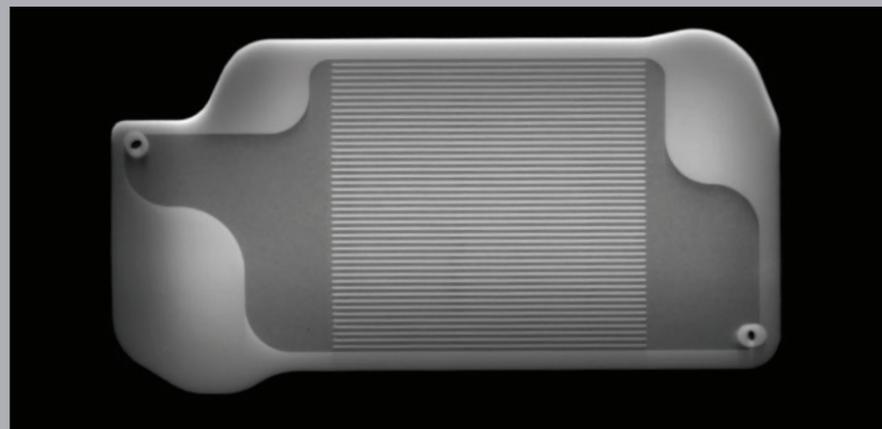
Cover: iStock@chinaface
Bildnachweise: S. 3 iStock@Chunyip Wong, S. 6 iStock@abandonian, S. 8 iStock@chinaface, S. 9 iStock@jxfzsy, S. 10 iStock@Petmal, S. 11 iStock@audioundwerbung

BEACHTENSWERTES ZUM THEMA

NICKEL



Heiß? Kein Problem!



Der auf dem Mars gelandete NASA-Rover Perseverance umfasst 11 im 3D-Druck-Verfahren hergestellte Metallteile. Sechs davon sind handflächengroße Nickellegierungs-Platten – Wärmetauscher, die wichtige Teile eines Instruments namens Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment (MOXIE) vor den Auswirkungen hoher Temperaturen schützen sollen. Die Mission von MOXIE besteht darin, eine Zukunftstechnologie zur Herstellung industrieller Sauerstoffmengen zu testen, die als Raketentreibstoff benötigt werden, um Astronauten zur Erde zurückzubringen. Um Sauerstoff zu erzeugen, erhitzt MOXIE Marsluft auf fast 800 °C. Ein konventioneller Wärmetauscher besteht aus zwei Teilen, die miteinander verschweißt werden. Durch die additive Herstellung konnte jedes Teil per 3D-Druck aus einem Stück gefertigt werden, wodurch es leichter und widerstandsfähiger ist. Die Platten wurden dann in einer heißisostatischen Presse, einem Gasbrecher, behandelt, der das Material auf mehr als 1000 °C erhitzt und einen gleichmäßigen, intensiven Druck erzeugt. Der letzte Schritt bestand aus der technischen Inspektion durch die Ingenieure und rigorosen mechanischen Tests, um sicherzustellen, dass die Mikrostrukturen für die Raumfahrt bereit sind.

Schläger mit Biss

MIM steht für eine aufregende neue Golfschläger-Innovation. Statt traditionell geschmiedeter oder gegossener Schläger verwendet Cobra die Metallpulverspritzguss-Technologie (Metal Injection Molding, MIM) mit dem Ziel, ein präziseres Produkt herzustellen. Jeder Schlägerkopf besteht aus einer Edelstahlmetallpulver-Mischung des Typs 304 (UNS S30400), die auf eine extrem hohe Temperatur (1340 °C im Gegensatz zu 1200 °C bei geschmiedeten Schlägern) erhitzt und in eine Form gegossen wird. Jeder Schlägerkopf wird mit weniger Schritten hergestellt, was zu einheitlicheren Ergebnissen führt. Der Unterschied? Laut Cobra entsteht dadurch eine stärkere Körnungsstruktur, die sowohl Profis als auch Freizeitspielern ein besonders weiches Gefühl vermittelt, das sie zur Verbesserung ihrer Schlagform benötigen. Zuerst wurden Wedges auf dem Markt eingeführt, aber inzwischen ist ein vollständiges Schläger-Set für den Einsatz auf dem Golfplatz lieferbar.



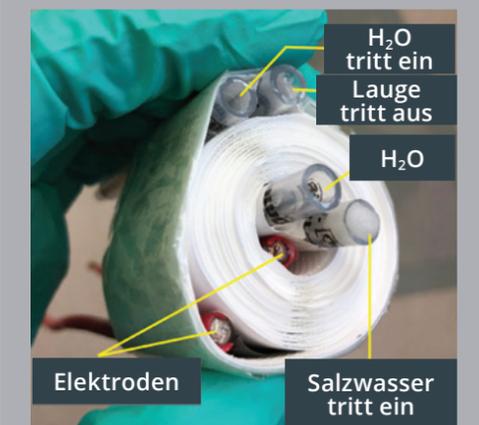
Sonnige CO₂-Lösung

Auch wenn die Reduzierung der CO₂-Emissionen das ultimative Ziel ist, untersuchen Forscher auch innovative und effiziente Möglichkeiten, um CO₂ und Wasserstoff in nützliches chemisches Methan auf Kohlenstoffbasis (CH₄) umzuwandeln. Der Vorteil? Wenn Methan als Kraftstoff verbrannt wird, wirkt dies der Freisetzung von CO₂ entgegen. Der Postdoktorand Diego Mateo beschreibt das vor Kurzem an der King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) in Saudi-Arabien entwickelte Verfahren so: „Unser Ansatz basiert auf der synergistischen Kombination von Licht und Wärme, die auch als photothermischer Effekt bezeichnet wird. Während andere industrielle Ansätze Wärme aus externen Quellen erfordern, um Temperaturen von bis zu 500 °C zu erzielen, zeigen diese Forschungsergebnisse, dass die Reaktion auch lediglich mithilfe des photothermischen Effekts von Tageslicht und eines Katalysators erreicht werden kann, der aus Nickel-Nanopartikeln auf einer Bariumtitanat-Schicht besteht.“ Mateo weiter: „Das Licht wird auf eine Weise absorbiert, bei der Elektronen in einen hochenergetischen Zustand versetzt werden. Sie werden dann als „heiße Elektronen“ bezeichnet und leiten die chemische Reaktion ein, mit der CO₂ wieder zu Methan umgewandelt wird. Das ist eine vielversprechende, nachhaltige Möglichkeit zur Umwandlung von Treibhausgasen in wertvollen Kraftstoff.“



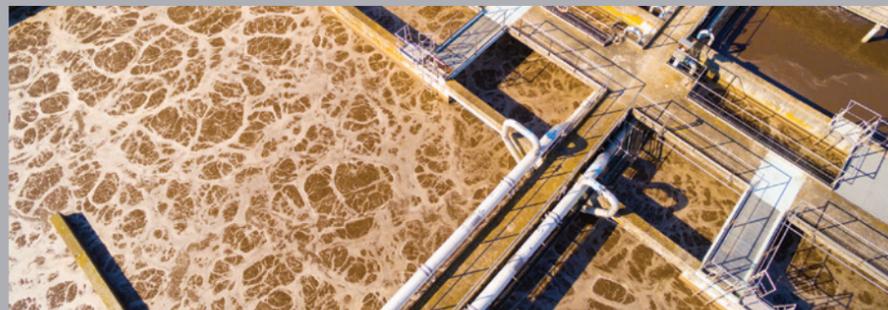
Kein Salz, danke!

Die Entsalzung von Wasser mit extrem hohem Salzgehalt, bis zu zehn Mal so viel Salz wie Meerwasser, hat sich für Länder, in denen Süßwasser knapp ist, und für Branchen, die den Wasserkreislauf schließen möchten, als eine enorme Herausforderung erwiesen. An der Fakultät für Materialwissenschaft und Nano-Engineering (Materials Science and NanoEngineering, MSNE) der Rice University wurde eine innovative, effiziente und kosteneffektive Technologie entwickelt, indem einem Edelmetallgewebe mit einem Durchmesser von 25 µm aus kommerziell erhältlichem, nickelhaltigem Edelstahl des Typs 316 (UNS S31600) eine Schutzbeschichtung aus dem 2D-Nanomaterial hexagonales Bornitrid



(hBN) hinzugefügt wurde. Die Materialwissenschaftler Pulickel Ajayan und Jun Lou von der Rice University hatten nachgewiesen, dass sie diese schützende hBN-Beschichtung auf gebogene Metalloberflächen aufbringen konnten, was für die Entsalzung von grundlegender Bedeutung ist, weil das heiße, extrem salzhaltige Wasser Lücken nutzen und das feine Metallgewebe angreifen kann. Basierend auf bahnbrechenden Forschungsergebnissen am Center for Atomically Thin Multifunctional Coatings (ATOMIC), dem einzigen Zentrum der National Science Foundation (NSF), das sich der Entwicklung fortgeschrittener 2D-Beschichtungen verschrieben hat, wird dieses widerstandsfähige Heizelement für die Entsalzung großer Mengen einer stark korrosiven Lauge dezentralisierte, zweckbezogene Technologien ermöglichen.

WIEDERVERWENDUNG VON WASSER DEN „IGITT-FAKTOR“ ÜBERWINDEN



Würden Sie Wasser aus einer städtischen Kläranlage trinken? Normalerweise wird dieses Wasser in einen Fluss, einen See oder ins Grundwasser geleitet. Es wird von einem anderen Ort aus zugeleitet und aufbereitet, um Trinkwasser zu erzeugen – also Wasser, das bedenkenlos getrunken werden kann. Aber werden Menschen ihren natürlichen Ekel vor einem derartigen Abwasser je überwinden? Der „Igit-Faktor“ (engl. „Yuck Factor“), wie der Bioethiker Arthur Caplan von der University of Pennsylvania dieses Phänomen nennt, beschreibt die instinktive Abneigung gegen neue Technologien, z. B. die Reaktion der meisten Menschen, wenn sie aufgefordert werden, aufbereitetes Abwasser zu trinken. Aus offensichtlichen Gründen muss aber an Orten wie der Internationalen Raumstation Abwasser wiederverwendet werden.

Die Wiederverwendung von Abwasser unmittelbar nach der Aufbereitung wird nicht nur in Regionen in Erwägung gezogen, in denen die Wasservorräte bereits begrenzt sind oder während jährlicher Dürreperioden knapp werden, sondern auch allgemein als neue Möglichkeit, nachhaltige Wasserquellen für ein zukünftiges Wachstum zu erschließen.

In vielen modernen Gebäuden wird Wasser aus Waschbecken leicht aufbereitet und dann für Sanitäranlagen, insbesondere zum Spülen von Toiletten, wiederverwendet. Aufgrund der Gefahr durch Pathogene und andere Verunreinigungen wird es aber nur selten als Trinkwasser wiederverwertet, weil für die erforderliche Qualität eine umfassendere Aufbereitung erforderlich wäre. Zu den angewandten Verfahren zählen Ultrafiltration, Umkehrosmose und der Gebrauch von Ozon, UV-Licht oder anderen üblichen Desinfektionschemikalien,

wobei immer die Resilienz von nickelhaltigem Edelstahl gefragt ist. Meist werden die Typen 304L (UNS S30403) oder 316L (S31603) verwendet. In Rückkehrosmose-Anlagen kommen aber auch oft Duplexlegierungen zum Einsatz.

Die Wiederverwendung von Abwasser ist technisch möglich, aber wie kann der damit einhergehende „Igit-Faktor“ überwunden werden? Überraschenderweise helfen in diesem Punkt verschiedene Craft-Brauereien weiter, die aus Abwasser hergestellte Spezialsude bewerben. Brauereien in Deutschland, Kanada, Schweden und den USA, aber auch in anderen Ländern haben bereits derartige Sude produziert, die auch schnell ausverkauft waren. Die Wiederverwendung von Wasser steckt zwar noch in den Kinderschuhen, wird aber in vielen Teilen der Welt weiterentwickelt. Darauf können wir anstoßen! 

Die Organisation Advancing Canadian Water Assets (ACWA) der University of Calgary arbeitet mit der Village Brewery und Xylem Inc. zusammen, um Bier aus wiederaufbereitetem Abwasser herzustellen und damit zu demonstrieren, wie sinnvoll aufbereitetes Abwasser in Zeiten der Wasserknappheit ist.

„Bei der Wiederverwendung von Abwasser müssen die meisten Menschen über eine mentale Hürde springen, weil sie diesen Gedanken einfach eklig empfinden“, so Jeremy McLaughlin, Braumeister der Village Brewery. „Wir wissen aber, dass dieses Wasser sicher ist, und wir stehen zu unserem Verfahren.“

CHINAS NEUE WASSERWEGE EDELSTAHL FÜR LANGFRISTIGE LÖSUNGEN

Aus Leckstellen in Wasserverteilungssystemen auslaufendes Wasser (auch als „Non-Revenue Water“ oder unprofitables Wasser bezeichnet) stellt für Wasserbehörden weltweit schon lange ein großes Problem dar. Ebenso problematisch ist die Trinkwasserhygiene, insbesondere in Entwicklungsländern und Ländern mit einer Jahrhunderte alten Infrastruktur. Darüber hinaus stellen die schnelle Urbanisierung und das Wohnen in Hochhäusern weitere technische Herausforderungen für sekundäre Wassersysteme dar, bei denen sichergestellt werden muss, dass auch die höchstgelegenen Wohnungen effizient mit sauberem Wasser versorgt werden.

In China werden bislang vor allem Kunststoff (PE, PPR) oder galvanisierter Stahl und Kugelgraphit als traditionelle Leitungsmaterialien eingesetzt. Wasserlecks und Wasserkontamination sind bei alten Wasserversorgungssystemen mit alternden oder korrodierenden Rohrleitungen, die ursprünglich aus ungeeigneten Materialien hergestellt wurden, die größten Probleme.

Wasserverluste und die mit einer schlechten Trinkwasserqualität verbundenen Gesundheitsgefahren zu reduzieren, hat für die chinesische Regierung wie auch die lokalen Wasserbehörden inzwischen höchste Priorität. Zunehmend setzen sie dafür als technische Lösung Leitungen und Verbindungsteile aus Edelstahl ein.

Höhere Qualität, weniger Leckstellen

Rohrleitungen aus nickelhaltigem Edelstahl werden in vielen Wasserverteilungssystemen weltweit bereits erfolgreich eingesetzt. Sie haben sich bei der Lösung von Problemen durch Wasserverluste und mangelnde Hygiene als höchst effektiv erwiesen.

Seit 2011 setzt die chinesische Zentralregierung im Rahmen ihrer Fünfjahrespläne ambitionierte Pläne zum Wasser-

schutz um. Dabei werden signifikante Verbesserungen von der Wasserquelle bis zum Wasserhahn angestrebt. Für die Verbesserung der Wasseraufbereitungs- und -leitungssysteme wurde ein Budget von 700 Mrd. RMB (ca. 112 Mrd. US-Dollar) veranschlagt. Die Mittel wurden auf verschiedene Ministerien und Regierungsbehörden verteilt, darunter den Staatsrat, die Staatliche Kommission für Entwicklung und Reform (NDRC), das Ministerium für Wasserressourcen, das Umweltschutzministerium, das Ministerium für Wohnungsbau und städtisch-ländliche Entwicklung sowie das Gesundheitsministerium.

Das vielversprechendste Material

Der wirtschaftliche Fortschritt Chinas in den letzten Jahrzehnten hat zu einem rapiden Wachstum von Edelstahl in Anwendungen mit Wasser geführt. In den vergangenen fünf Jahren wurde dieses Wachstum durch massive Investitionen und die Einführung substantieller vorteilhafter Richtlinien und Vorschriften auf verschiedenen Regierungsebenen vorangetrieben. Das zunehmende öffentliche Bewusstsein um die Vorteile des Einsatzes von Edelstahl für



Tokio nimmt beim Gebrauch von partiell gewellten Rohren aus Edelstahl (Stainless Steel Partially Corrugated Tube, SPCT) eine Vorreiterrolle ein. Seit den 1980er Jahren ersetzt die Wasserbehörde Tokios alternde Wasserverteilungssysteme durch Edelstahrohrleitungen, was eine hohe Wasserqualität und eine signifikante Reduzierung des Wasseraustritts bewirkt.



© ZHENG TONG

Die Renovierung der sekundären Wasserversorgungssysteme ist ein nationales Projekt von enormem Potenzial, und China hat sich zu massiven Investitionen verpflichtet.

Wasserleitungen war ebenfalls ein wichtiger Faktor.

Edelstahl wird heute flächendeckend in groß angelegten Anwendungen genutzt, von Versorgungsleitungen und Sanitärinstallationen bis zu sekundären Wasserversorgungsanlagen und der Erneuerung ganzer Wasserversorgungssysteme. Edelstahl gilt als vielversprechendstes Material für moderne Wasserversorgungssysteme und ist inzwischen das Standard-Rohrleitungsmaterial für das Wasserversorgungsnetz. Der Markt wächst schnell und besitzt ein eindrucksvolles Potenzial.

Die Messlatte höher legen

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die nationale Norm zur Trinkwasserqualität (GB 5749-2006), die 2007 eingeführt wurde und auf die meisten internationalen Normen abgestimmt ist. Die Regierung erwartet, dass alle Städte in ganz China letztendlich dieser nationalen Norm entsprechen werden. Um dieses Ziel zu erreichen, sind kontinuierliche Anstrengungen erforderlich, und Edelstahl spielt dabei eine wichtige Rolle.

In den vergangenen fünf Jahren sind die Investitionen in Edelstahl-Wasserleitungen in China beträchtlich gestiegen, und die Anzahl der Hersteller von Edelstahl-Rohrleitungen hat sich verdreifacht. Viele groß chinesische Stahlrohr-

hersteller haben sich diese Anwendung ebenfalls zu eigen gemacht und neue Edelstahl-Rohrleitungsprodukte in ihr Sortiment aufgenommen.

Das ist anhand von Schätzungen des Bedarfs an Edelstahlrohrleitungen und -anschlüssen sowohl für die Erneuerung von sekundären Wassersystemen älterer Wohnblöcke als auch für Installationen für neue Wohngebäude nicht überraschend. Eine typische Gemeinde mit 1000 Haushalten benötigt in der Regel 10 000 bis 15 000 m Rohrleitungen des Typs 304 (UNS S30400) mit Durchmessern von 15–160 mm sowie verschiedene Verbindungsstücke. Das Gesamtgewicht der Edelstahlleitungen und -anschlusssteile für 1000 Haushalte wird auf 20–25 Tonnen geschätzt. Wenn man dann noch andere Edelstahlanlagen wie Wasserspeichertanks und Ventile sowie die 200 Millionen Haushalte in China, deren sekundäre Wassersysteme renoviert werden müssen, hinzurechnet, ist von insgesamt 4–5 Millionen Tonnen Edelstahlleitungen und -verbindungsstücken auszugehen.

Landesweit laufen viele Wasserprojekte enormen Ausmaßes. Schließlich handelt es sich hier um ein langfristiges Projekt mit dem Ziel einer lückenlosen Versorgung aller Wohngemeinden in China mit Trinkwasser hoher Qualität. Dabei ist Edelstahl die beste und nachhaltigste Option.

Wasser bis unters Dach

In Hangzhou, der Hauptstadt der Provinz Zhejiang, wurde 2020 an der Erneuerung von 100 Wasserversorgungssystemen mit Edelstahlprodukten gearbeitet. Das massive Projekt dient der Versorgung von 55 000 Haushalten mit mehr als 210 000 Menschen, die bisher immer wieder verschlammtes Leitungswasser erhielten.

Das Projekt begann mit dem Neubau der sekundären Wasserversorgungsanlagen, die nötig sind, um die obersten Stockwerke von Hochhäusern mit Wasser zu versorgen. Dabei kommen Rohre, Wassertanks, Ventile und Pumpen aus nickelhaltigem Edelstahl des Typs 304 (UNS S30400) und 316 (S31600) zum Einsatz. Wassertanks aus Edelstahl wurden an sekundären Wasserversorgungsstationen installiert, über Edelstahlrohre mit der Wasserpumpe und Ventilen und dann dem Edelstahl-

Wasserversorgungsnetz verbunden, um auch die oberen Stockwerke mit Wasser erreichen zu können.

Das Renovierungsprojekt war höchst erfolgreich. Der Wasserdruck ist stabiler denn je, die Wasserhygiene gesichert und das gesamte Wasserversorgungssystem viel einfacher zu reinigen, zu warten und zu desinfizieren. Ausfälle von Rohrleitungen und Verbindungsteilen und die daraus resultierenden Reparaturfälle wurden dramatisch reduziert. Ni



© ZHENG TONG

Das Projekt zur Lieferung einer breiten Palette an Edelstahlprodukten wurde einem örtlichen Hersteller, Zhejiang Zhengtong Pipe Industry Co., Ltd., zugeschlagen. Der Vorstandsvorsitzende des Herstellers von Edelstahl-Rohrleitungen und Verbindungsstücken, SX Yang, ist sehr stolz auf diesen Erfolg. „Ich freue mich über diese geschäftlichen Möglichkeiten und beabsichtige, weiterhin auf diesem neuen Markt zu investieren.“



© ZHENG TONG

UMWELTFREUNDLICH GRÜNER WASSERSTOFF DURCH NEUE TECHNOLOGIE



Viele Länder weltweit setzen aggressive Initiativen zur Produktion und Nutzung von Grünem Wasserstoff um. Manchen Prognose zufolge wird auf dem Markt für zwei nickelhaltige Technologien – Elektrolyseure, die Wasserstoff erzeugen, und Brennstoffzellen, mit denen Fahrzeuge mit Wasserstoff angetrieben werden – in den nächsten zehn Jahren eine Verdoppelung des Wachstums erwartet.

Was treibt diese Verlagerung an?

Um die Dekarbonisierungsziele des Pariser Klimaschutzabkommens und die ehrgeizigen Ziele einzelner Länder in Bezug auf eine kohlenstoffneutrale Gesellschaft zu erreichen, muss die Verwertung fossiler Brennstoffe durch kohlenstoffneutrale Alternativen ersetzt werden.

Wasserstoff könnte die ideale alternative Brennstofflösung darstellen. Wird dieses Gas in Energie umgewandelt, entsteht kein CO₂, sondern lediglich Wasserdampf. Daher könnte der breitflächige Einsatz von Wasserstoff die Erzeugung von Treibhausgasen signifikant reduzieren.

Die Rolle der Elektrolyse

Das effizienteste Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff ist die Elektrolyse. Dabei wird ein Wassermolekül in Wasser- und Sauerstoff aufgespalten. Durch die Dissoziation des Wassermoleküls in einem elektrischen Feld sammelt sich Wasserstoff an der Kathode (-) und Sauerstoff an der Anode (+), wo sie dann abgeleitet werden können. Wird Wasserstoff mithilfe erneuerbarer Energiequellen per Elektrolyse erzeugt, entsteht auch kein CO₂. Diese Form von Wasserstoff wird auch als Grüner Wasserstoff bezeichnet. Liquid Alkaline(LA)-Elektrolyseure definieren den gegenwärtigen Standard

für eine großflächige Elektrolyse und werden auch am häufigsten eingesetzt. Sie haben sich als eine ausgereifte Technologie und kosteneffektive Lösung bewährt. In LA-Elektrolyseuren findet die Reaktion in einer Lösung aus Wasser und Flüssigelektrolyt (30 %iges Natriumhydroxid) zwischen den beiden Elektroden statt. Beide Elektroden erfordern eine katalytische Zwischenreaktion, um eine effiziente Umwandlung zu erzielen.

Dabei spielt Nickel eine wichtige Rolle. Eine Elektrodenoberfläche aus Nickel gewährleistet optimale Kosten, Haltbarkeit und Effizienz. Die Menge des reinen Nickels, die in einem alkalischen Elektrolyseur verwendet wird, entspricht ca. 2 kg/kW der umgewandelten Energie.

Die Zukunft von Brennstoffzellen

Brennstoffzellen sind elektrochemische Energiegeneratoren, die chemische Energie in elektrische umwandeln. Wird Wasserstoff als Brennstoff verwendet, ist das einzige Nebenprodukt Wasser.

In der kohlenstoffneutralen Zukunft werden Elektrofahrzeuge jedes Typs und jeder Größe die Norm sein. Während die meisten PKWs Li-Ion-Akkus nutzen, werden größere Fahrzeuge wie LKWs, Busse und Wasserfahrzeuge wahrscheinlich mit Brennstoffzellen angetrieben werden.

Funktionsweise verschiedener Brennstoffzellen

Wie Elektrolyseure weisen auch Brennstoffzellen zwei Elektroden auf. Dazwischen befindet sich ein Elektrolyt. Die einzelnen Brennstoffzelltypen unterscheiden sich durch den verwendeten Elektrolyttyp.

Protonenaustauschmembran-Brennstoffzellen (PEMFC) sind am weitesten verbreitet und werden aufgrund ihrer Größe, Flexibilität, des günstigen Verhältnisses zwischen Leistung und Gewicht sowie des schnellen Motorstarts häufig in Transportanwendungen wie PKWs, LKWs Bussen und Gabelstaplern eingesetzt.

Bei dieser Art von Brennstoffzelle reagiert ein festes Polymermembran-Elektrolyt elektrochemisch mit dem gespeicherten Wasserstoff sowie Sauerstoff aus der Luft,

um Energie zu erzeugen. Der Vorgang erfolgt bei relativ geringen Temperaturen und Drücken und es kommt zu höheren Leistungsdichten als bei anderen Brennstoffzellen.

Jede Zelle befindet sich zwischen zwei bipolaren Platten, die Wasserstoff zur Anode und Sauerstoff zur Kathode leiten und das Produktwasser von den Elektroden weg und zum Auspuff hin ableiten. In der Regel kommen in Protonenaustauschmembran-Brennstoffzellen wegen des Betriebs bei relativ niedrigen Temperaturen (ca. 80 °C) nur geringe Nickelmengen zum Einsatz. Weil sie aber so oft verwendet werden, kann trotzdem eine signifikante Gesamtmenge an Nickel erforderlich sein.

Am zweithäufigsten werden Festoxid-Brennstoffzellen (SOFC) verwendet, in erster Linie als primäre Energiequellen für Kraftwerke, Mikronetze und große Einzelverbraucher. Bei dieser Art von Brennstoffzelle wird ein ionisch leitfähiger Keramik-Elektrolyt verwendet, und die Betriebstemperaturen liegen zwischen 600 und 800 °C. Aufgrund dieser hohen Temperatur erfordern Festoxid-Brennstoffzellen den umfassenden Einsatz von nickelhaltigen Edelmetallen bei der Konstruktion.

Schmelzkarbonat-Brennstoffzellen (MCFC) sind den Festoxid-Brennstoffzellen ähnliche Hochtemperatur-Brennstoffzellen, die aber ein Schmelzkarbonat in einer Keramikmatrix als Elektrolyt verwenden. Ungeachtet seiner limitierten Verbreitung hat dieser Brennstoffzellentyp die Fähigkeit, Kohlendioxid während des Prozesses abzusondern, weshalb er bei vielen Gasabscheidungsanwendungen zur Reduzierung der Gesamttreibhausgasen stark gefragt ist. In diesen Systemen werden signifikante Mengen an Nickel eingesetzt: ca. 5 kg für jedes erzeugte Kilowatt.

Der Klimawandel und die damit verbundene Umweltschädigung sind eine echte Bedrohung für die gesamte Welt. Die vielen neuen und innovativen Anwendungen von Wasserstoff als Brennstoff versprechen viel für eine umweltfreundlichere Zukunft.



Protonenaustauschmembran-Brennstoffzellen (PEMFC) sind am weitesten verbreitet und werden aufgrund ihrer Größe, Flexibilität, des günstigen Verhältnisses zwischen Leistung und Gewicht sowie des schnellen Motorstarts häufig in Transportanwendungen wie PKWs, LKWs, Bussen und Gabelstaplern eingesetzt.

NICKELLEGIERUNGEN: NIHARD



PENICTON FOUNDRY

*Ferrit ist die Atomstruktur von Bau-
stählen unter ca. 727 °C, während
Austenit die Atomstruktur von
Stahl oberhalb dieser Temperatur
ist. Austenit ist eine nicht magne-
tische, feste Lösung aus Eisen
und Kohlenstoff, während Ferrit
magnetisch ist und eine niedrigere
Kohlenstofflöslichkeit als Austenit
aufweist. Wird Stahl auf eine
Temperatur unter ca. 727 °C
abgekühlt, wird der überschüssige
Kohlenstoff als Eisen- und
Kohlenstoffzusammensetzung
gebunden, dem sog. Zementit.
Zementit und Ferrit bilden eine
mehrschichtige Struktur namens
Perlit, die dann als „Inseln“ in der
Ferrit-Matrix vorliegt.*

Legierungs- und Gussstähle machen ca. 9 % der Nickelproduktion aus und bieten spezifische Merkmale für Spezial- und oft kritische Anwendungen.

Ein Material dieser Art ist NiHard. NiHard ist der generische Name für eine Familie von weißen Gusseisen, die mit Nickel und Chrom legiert werden und für Gleittrieb bei niedriger Schlagzähigkeit sowohl in Nass- als auch in Trockenanwendungen geeignet sind.

Es wird zwischen drei NiHard-Typen unterschieden: Typ 1, Typ 2 und Typ 4. Jeder Typ weist eine leicht unterschiedliche Zusammensetzung in den ASTM- und EN-Spezifikationen auf, wie aus der nachstehenden Tabelle hervorgeht.

Nickel ist zur Optimierung der Härte und dadurch der Verschleißfestigkeit von kritischer Bedeutung. Der Nickelgehalt nimmt mit der Querschnittsgröße oder Abkühlzeit des Gusses zu, um die Perlitbildung zu hemmen. Bei Güssen mit einer Stärke von 38–50 mm reichen 3,4 bis 4,2 % Nickel aus, um die Perlitbildung zu unterdrücken, zu der es beim Abkühlen

der Gussform kommt. Bei Querschnitten mit höherem Gewicht kann ein Nickelgehalt von bis zu 5,5 % erforderlich sein, um die Perlitbildung zu verhindern. Es ist wichtig, dass der Nickelgehalt auf den für die Perlitkontrolle erforderlichen Wert begrenzt wird, weil überschüssiger Nickel die Menge des Restaustenits erhöht und die Härte verringert. Ni

Typische Anwendungen: NiHard-Typen 1 und 2

- Metallwalzen
- Auskleidungen von Mahlanlagen
- Zerstäuberringe
- Schlammumpenteile
- Mahlkörper

NiHard-Typ 4

- Schlammumpenteile
- Schlagleisten

Zusammensetzungen von NiHard-Eisen									
Güte		Chemische Zusammensetzung* (Gewicht-%)							
		C	Ni	Cr	Si	Mn	Mo	S	P
	ASTM A532								
NiHard 1	Klasse 1, Typ A	2,8–3,6	3,3–5,0	1,4–4,0	0,8	2,0	1,0	0,15	0,3
NiHard 2	Klasse 1, Typ B	2,4–3,0	3,3–5,0	1,4–4,0	0,8	2,0	1,0	0,15	0,3
NiHard 4	Klasse 1, Typ D	2,5–3,6	4,5–7,0	7,0–11,0	2,0	2,0	1,5	0,15	0,10
	EN 12513								
NiHard 1	EN-JN2039	3,0–3,5	3,0–5,5	1,5–3,0	0,8	0,8	–	0,10	0,10
NiHard 2	EN-JN2029	2,5–3,0	3,0–5,5	1,5–3,0	0,8	0,8	–	0,10	0,10
NiHard 4	EN-JN2049	2,5–3,5	4,5–6,5	8,0–10,0	1,5–2,5	0,3–0,8	–	0,08	0,08

* Einzelne Werte sind Höchstwerte

NI-BILDUNG WISSEN WEITERGEBEN



Aufgrund der weltweiten Lockdowns seit Beginn der Coronapandemie Anfang 2020 wurden die Präsenz-Workshops, Konferenzen und Seminare, für die das Nickel Institute bekannt ist, sofort eingestellt.

Diese Fortbildungsaktivitäten sind ein fundamentaler Bestandteil unserer Mission zur Förderung und Unterstützung der optimalen Anwendung von Nickel in dafür geeigneten Bereichen. Bei einer Evaluierung der möglichen Modelle für die Durchführung derartiger Veranstaltungen sind wir zu dem Schluss gekommen, dass Webinare die schnellste und effektivste Methode zur Bereitstellung von technischen Informationen an die Anwender von nickelhaltigen Produkten wie Nickellegierungen und Edelstahl sind. Dafür brauchen wir Partner, die der Schlüssel zur Lieferung von Inhalten an geeignete Zielgruppen sind, so wie das auch bei den bisherigen Präsenz-Events der Fall war. Sowohl unsere bisherigen als auch unsere neuen Partner – darunter verschiedene Korrosions- und Schweißgruppen, Vereinigungen für die Entwicklung von Edelstahl und in einigen Fällen auch große Endanwender sowie kommerzielle Plattformen – begrüßen

die Gelegenheit, mit dem Nickel Institute zu arbeiten. Wo Konferenzen stattfinden konnten, die Anreise von nicht in der Region beheimateten Referenten aber nicht möglich war, erwiesen sich im Voraus aufgezeichnete Präsentationen als höchst effektiv. 2020 fanden 52 individuelle Präsentationen für ca. 18 000 Teilnehmer statt. Das sind mehr Präsentationen und ein größeres Publikum als bei Präsenzveranstaltungen.

Auch 2021 werden die Webinare und aufgezeichneten Präsentationen fortgesetzt. Unser Ziel ist es, die visuelle Qualität und das Interesse an diesen Vorträgen zu steigern.

Die kommenden öffentlich verfügbaren Webinare werden auf unserer LinkedIn-Seite und auf der Website des Nickel Institute bekanntgegeben. (Gehen Sie zu „Library“ (Bibliothek) und wählen Sie „Events“ aus.) Ni

Nickel Institute-Webinar-Themen:

- Einführung in korrosionsbeständige Nickellegierungen
- Einführung in Edelstahl
- Eigenschaften von Hochtemperatur-Edelstahl
- Plattierter Edelstahl und Nickellegierungen
- Beizen, Passivieren und Reinigen von Edelstahl
- Edelstahl: Oberflächenausführungen und Spezifikation
- Schweißen und Verarbeiten von korrosionsbeständigem Edelstahl
- Schweißen und Verarbeiten von Duplex-Edelstahl
- Schweißen und Verarbeiten von Nickellegierungen

Branchenspezifische Webinare:

- Akkus
- Lebensmittelverarbeitung
- Pharma
- Öl und Gas
- Wasser und Abwasser
- Chemie
- Architektur
- Abgasbehandlungsanlagen für die Schifffahrt

Weitere Informationen unter communications@nickelinstitute.org



FRAGEN AN EXPERTEN FAQ VON DER TECHNISCHEN BERATUNGS-HOTLINE DES NICKEL INSTITUTE

Geir Moe P. Eng. ist der Technical Inquiry Service Coordinator beim Nickel Institute. Zusammen mit anderen Werkstoffexperten in aller Welt hilft Geir Moe Endanwendern und Spezialisten von nickelhaltigen Materialien, die technische Unterstützung benötigen. Das Team steht bereit, um kostenlose technische Beratungsleistungen zu einer breiten Palette von Anwendungen wie Edelstahl, Nickellegierungen und Vernickelung anzubieten, damit Nickel bedenkenlos eingesetzt werden kann.
<https://inquiries.nickelinstitute.org/>

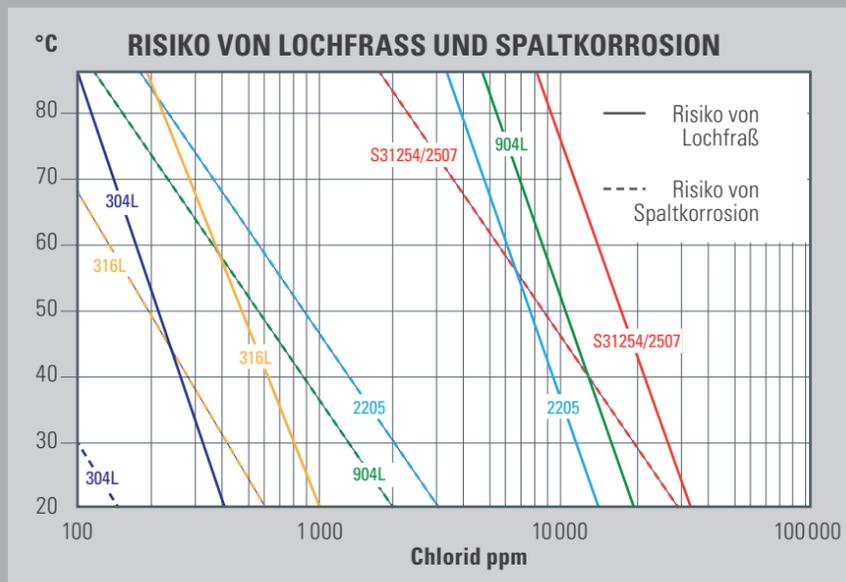
F: Ich weiß, dass Chloridlösungen für Edelstahl ein Problem darstellen. Wie korrosiv ist Chlorid und wie wähle ich einen geeigneten nickelhaltigen Edelstahl?

A: Chloride sind für lokalisierte Angriffe wie Lochfraß und Spaltkorrosion verantwortlich. Ein höherer Chrom-, Molybdän- und Stickstoffgehalt erhöht jedoch die Beständigkeit gegenüber Chlorid. Die relative Beständigkeit gegenüber Chlorid für die Güten 304L (UNS S30403), 316L (S31603), 2205 (S32205), 904L (N08904), 6%Mo (S31254) und Superduplex 2507 (S32750) ist dem nachstehenden Diagramm zu entnehmen.

In diesem Auswahldiagramm wird der langfristige Kontakt nach Edelmetallgüte in einer neutralen Chloridlösung beurteilt. Der Bereich rechts von jeder Linie stellt die Bedingungen der Chloridkonzentration und die Temperatur dar, bei der ein Angriffsrisiko besteht. Diese Kurven dienen aber nur als grobe Leitwerte,

weil viele zusätzliche Faktoren vorliegen können, die vorteilhaft oder nachteilig sein und die Kurven nach links oder rechts verschieben können. Dazu zählen pH-Wert, Anwesenheit oxidierender Organismen, Bewegen der Lösung (Stagnieren ist am schlechtesten), Gehalt an gelöstem Sauerstoff, Oberflächenrauheit, Kontaktzeit, Inklusionsgehalt und Anwesenheit von Hitzeverfärbung.

Dieses Thema wird in unserer kommenden Publikation *Guidelines for the Use of Stainless Steels and Nickel-containing Alloys in Water* (11003) (Richtlinien zur Anwendung von Edelstahl und nickelhaltigen Legierungen in Wasser), die im weiteren Jahresverlauf veröffentlicht wird, ausführlicher behandelt. Ni



NICKEL ONLINE

WWW.NICKELINSTITUTE.ORG

ABONNIEREN Sie das Nickel Magazine kostenlos und erhalten Sie eine Druckversion oder eine Ankündigung per E-Mail, wenn eine neue Ausgabe online verfügbar ist.
www.nickelinstitute.org

LESEN Sie das Nickel Magazine online in verschiedenen Sprachen.
www.nickelinstitute.org/library/

DURCHSUCHEN Sie ältere Ausgaben des Nickel Magazine in unserem Online-Archiv, das Exemplare enthält, die bis ins Jahr 2009 zurückreichen.
www.nickelinstitute.org/library/

FOLGEN SIE UNS auf Twitter @Nickellnstitute

BESUCHEN SIE UNS auf der LinkedIn-Seite des Nickel Institute

SCHAUEN Sie sich Videos zum Thema „Nickel“ auf dem YouTube-Kanal des Nickel Institute an.
www.youtube.com/user/Nickellnstitute

Neue Publikationen

Alloy selection in wet-process phosphoric acid (10015) (Wahl der richtigen Legierung für Phosphorsäure im Nassverfahren) – In diesem Dokument wird die Korrosionsbeständigkeit verschiedener nickelhaltiger Legierungen und anderer Metalle in reiner und kontaminierter Phosphorsäure besprochen. Phosphorsäure ist eine wichtige Industriechemikalie die in fast jeder Großindustriebranche eingesetzt wird. Ihre Hauptanwendung ist die Produktion von Düngemitteln für die Landwirtschaft sowie von Mineralstoffzusätzen für Tierfutter. Diese Publikation dient als nützlicher Leitfaden für Werkstofftechniker.

High-temperature high-strength nickel-base alloys (Nr. 393) (Hochtemperatur-Legierungen auf Nickelbasis mit hoher Festigkeit) beschreibt mechanische und physikalische Eigenschaften bei Zimmertemperatur sowie erhöhten Temperaturen für Guss- und Knetnickel-Basislegierungen, Kobalt-Nickel und Eisen-Nickel-Superlegierungen. Diese Eigenschaften sind für die Konstruktion von Gasturbinen von Interesse, z. B. für Anwendungen in der Luftfahrt, in der Automobilindustrie sowie bei der Energieerzeugung.

Practical guide to using duplex stainless steels (10044) (Praktischer

Leitfaden zur Verwendung von Duplex-Edelstahl) – In dieser Publikation werden die verschiedenen Typen von Duplex-Edelstahl, ihre mechanischen und physikalischen Eigenschaften, Korrosionsbeständigkeit, Metallurgie, Verarbeitung und Schweißseigenschaften zusammengefasst. Sie bietet Anleitungen zur erfolgreichen Verwendung dieser Edelmetalltypen in vielen verschiedenen industriellen Anwendungen.

Practical Guidelines for the Fabrication of Austenitic Stainless Steels (Praktische Richtlinien für die Verarbeitung von austenitischem Edelstahl) bietet Informationen zu den Eigenschaften, zur Leistung und Verarbeitung des gesamten Bereichs an austenitischen Edelmetallen. Die Publikation enthält klare und praktische Anleitungen zum Fräsen, Spanen, Montieren und zur Oberflächenbearbeitung, um qualitativ hochwertige Installationen und Geräte zu gewährleisten, damit Ingenieure die nötigen Informationen besitzen, um diese Werkstoffe effektiv einzusetzen. Das Nickel Institute unterstützte die IMO (International Molybdenum Association) beim Verfassen dieser Publikation.

Die Publikationen können kostenlos von www.nickelinstitute.org heruntergeladen werden. Ni



UNS-DETAILS

Chemische Zusammensetzung (in Gewichtsprozent) der Legierungen und Edelmetalltypen in dieser Ausgabe von Nickel.

UNS	C	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	N	Ni	P	S	Si
N08904 S. 14	0,020 max.	19,0- 23,0	1,00- 2,00	Rest	2,00 max.	4,00- 5,00	-	23,0- 28,0	0,045 max.	0,035 max.	1,00 max.
S30400 S. 5, 8, 9, 16	0,08 max.	18,0- 20,0	-	Rest	2,00 max.	-	-	8,0- 10,5	0,045 max.	0,030 max.	1,00 max.
S30403 S. 6, 14	0,03 max.	18,0- 20,0	-	Rest	2,00 max.	-	-	8,0- 12,0	0,045 max.	0,030 max.	1,00 max.
S31600 S. 5, 9	0,08 max.	16,0- 18,0	-	Rest	2,00 max.	2,00- 3,00	-	10,0- 14,0	0,045 max.	0,030 max.	1,00 max.
S31603 S. 2, 6, 14, 16	0,03 max.	16,0- 18,0	-	Rest	2,00 max.	2,00- 3,00	-	10,0- 14,0	0,045 max.	0,030 max.	1,00 max.
S31254 S. 14	0,020 max.	19,5- 20,5	0,50- 1,00	Rest	1,00 max.	6,0- 6,5	0,18- 0,22	17,5- 18,5	0,030 max.	0,010 max.	0,80 max.
S32205 S. 14	0,030 max.	22,0- 23,0	-	Rest	2,00 max.	3,00- 3,50	0,14- 0,20	4,50- 6,50	0,030 max.	0,020 max.	1,00 max.
S32750 S. 14	0,030 max.	24,0- 26,0	-	Rest	1,20 max.	3,0- 5,0	0,24- 0,32	6,0- 8,0	0,035 max.	0,020 max.	0,80 max.



BAU DER SHIPBUILDERS



John McKenna beim Testbau. Die Figuren wurden im Atelier in Teilen hergestellt und im Freien mithilfe von Kränen und Hebebühnen zusammgebaut.

Port Glasgow am schottischen Fluss Clyde feiert sein industrielles Erbe mit einer neuen, kolossalen Skulptur aus Edelstahl, an der sechs Jahre lang gearbeitet worden war. Der Bildhauer John McKenna ist für seine überlebensgroßen Statuen von arbeitenden Menschen bekannt und wurde vom örtlichen Gemeinderat mit dem Werk „The Shipbuilders of Port Glasgow“ als Teil eines Erneuerungsprojekts für den Ort beauftragt.

Die Skulptur mit zwei hammerschwingenden Wertarbeitern besteht aus Rohren des Typs 304 (UNS S30400), ist mit Typ 316L (S31603) plattiert und besitzt eine 2B-Oberfläche. Jede der Metallplatten unterschiedlicher Größen wurde separat geformt. Die Kanten wurden gefaltet und dann punktverschweißt, um den Eindruck von Tausenden von Nieten zu erwecken. Die Schweißnähte wurden sorgfältig elektropoliert, um eine jegliche Hitzeverfärbung zu verhindern und die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern. The Shipbuilders ist nicht nur ein

Kunstwerk, sondern war auch in statisch-technischer Hinsicht eine echte Herausforderung. Die 11 m hohe und ca. 20 Tonnen schwere Skulptur wird dem starken Wind an der schottischen Westküste standhalten müssen, wenn sie an ihrem endgültigen Standort im Coronation Park in der Nähe des früheren Hafendamms von Port Glasgow aufgestellt wird.

The Shipbuilders of Port Glasgow wird sich nach der Aufstellung im weiteren Jahresverlauf sicher zu einem Publikumsmagneten entwickeln.