

Hochleistungswerkstoffe

Hochfeste Kupferbasiswerkstoffe für den Einsatz in Wasserstoff bzw. wasserstoffhaltigen Umgebungen

Wasserstoff spielt eine zunehmende Rolle in der Entwicklung der zukünftigen Energieerzeugung. Viele Werkstoffe, die derzeit in technischen Anwendungen eingesetzt werden, können aber anfällig für wasserstoffinduzierte Versagensmechanismen sein. Die Verwendung moderner Werkstoffe ermöglicht hingegen einen sicheren Einsatz ohne Verschlechterung der Materialeigenschaften.

+49.711.830930 | materion.com/copperberyllium

Wasserstoff wird zunehmend als alternativer Energielieferant gesehen, da es die Umwelt weit weniger belastet als konventionelle fossile Brennstoffe. Allerdings können Werkstoffe, die in Kontakt mit Wasserstoff kommen bzw. stehen, unerwünschte Veränderungen erfahren, z.B. durch die sogenannte Wasserstoffversprödung. Dieser Mechanismus geht häufig mit einer Abnahme der Zähigkeit bzw. Duktilität einher, wodurch es zu einer beschleunigten Werkstoffschädigung durch Rissbildung kommen kann. Materialien, die Wasserstoff ausgesetzt sind, sollten daher unempfindlich gegenüber einer möglichen Versprödung sein.

Materion hat den gesamten Lebenszyklus von Wasserstoff untersucht – von der Herstellung über den Transport und dessen Lagerung bis hin zum fertigen Produkt. Die Wahl sicherer Werkstoffe in allen Bereichen ist die wichtigste Voraussetzung für die Akzeptanz einer neuen Technologie. Dabei ist insbesondere die Langzeitbeständigkeit gegenüber einer möglichen Versprödung zu berücksichtigen. Materion's hochfeste Kupferwerkstoffe bieten eine zuverlässige Performance und hohe Lebensdauer in Wasserstoff bzw. wasserstoffhaltigen Umgebungen.

KRITERIEN ZUR SICHEREN AUSWAHL IHRES WERKSTOFFS FÜR ANWENDUNGEN IM BEREICH WASSERSTOFF

Anwendungsbereiche, für die eine Beständigkeit gegenüber Wasserstoff wichtig ist:

- Chemische Industrie (z.B. Düngemittelherstellung)
- Öl- und Gasindustrie
- Energieerzeugung
- Direkte Verbrennung oder Brennstoffzellen in Kraftfahrzeugen, Schiffen, Flugzeugen oder Eisenbahnen
- Synthetische Kraftstoffe
- Stahlproduktion

Bei der Bauteilentwicklung (inklusive der Werkstoffauswahl) für Anwendungen mit bzw. in Wasserstoff sollten die spezifischen Probleme berücksichtigt werden, so z.B. eine mögliche Wasserstoffversprödung. Zur Abschätzung eines möglichen Risikos sollten dazu folgende Fragen beantwortet werden:

- Ist bekannt, dass das Material für eine Wasserstoffversprödung empfänglich ist?
- Gibt es ungelöste Schadensfälle im Zusammenhang mit Anwendungen in Wasserstoff (z.B. unerwartet schnelles Versagen oder hohe Ausfallhäufigkeiten)?
- Besteht das Risiko einer Streckgrenzen-Überschreitung (durch statische Belastung oder Eigenspannungen infolge von Verformung, Bearbeitung, Wärmebehandlung bzw. Schweißarbeiten)?
- Treten wasserstoffreiche Atmosphären auf oder besteht die Gefahr einer Wasserstoffentwicklung durch Korrosion?
- Enthält der Werkstoff Kohlenstoff und erfolgt die Anwendung bei erhöhter Temperatur?
- Weist der Werkstoff eine höhere Streckgrenze als 800 MPa auf?
- Enthält der Werkstoff Hydrid-bildende Elemente wie z.B. Tantal oder Niob?

Wenn Ihr Material in einer der oben genannten Situationen verwendet werden soll, müssen Sie sicher sein, dass es in diesem Fall auch eingesetzt werden kann. Moderne Werkstoffe, die diesen Nachweis erbracht haben, sind sicher und verbessern die Ergebnisse in der Anwendung.

WERKSTOFFAUSWAHL FÜR DEN EINSATZ IN WASSERSTOFF

Werden Werkstoffe im späteren Produkt Wasserstoff ausgesetzt oder besteht das Risiko einer Wasserstoffexposition, sollten diese unter Einhaltung der zu erwartenden Einsatzbedingungen auf deren Eignung getestet werden. Bei der Werkstoffauswahl für neuartige Bauteile oder Konstruktionen ist es immer am besten, Materialien zu selektieren, bei denen ihre Beständigkeit gegenüber Wasserstoffversprödung in geeigneten Versuchen an unabhängigen Laboren bestätigt wurden. Daher hat Materion die eigenen Werkstoffe Alloy 25 (eine Kupfer-Beryllium Legierung), PerforMet® (eine Cu-Ni-Si-Cr-Legierung) und -im Vergleich dazu- einen handelsüblichen Stahl (P91, 1.4903) auf die Anfälligkeit bezgl. einer Wasserstoffversprödung untersucht.

Am DECHEMA-Forschungsinstitut wurden die Werkstoffe elektrochemisch mit Wasserstoff unter sehr aggressiven Bedingungen (NaOH + As₂O₃) über 192 h bei Raumtemperatur beladen. Sowohl Alloy 25 als auch PerforMet zeigten im Gegensatz zum Stahl P91 keine Tendenz, Wasserstoff aufzunehmen. Ein ähnliches Verhalten ergab sich an der Ruhr Universität Bochum, wo die Wasserstoffbeladung 21 Tage lang über die Gasphase bei hoher Temperatur (300°C) und Druck (200 bar) erfolgte.

Tabelle 1: Ergebnisse der Wasserstoffbeladung

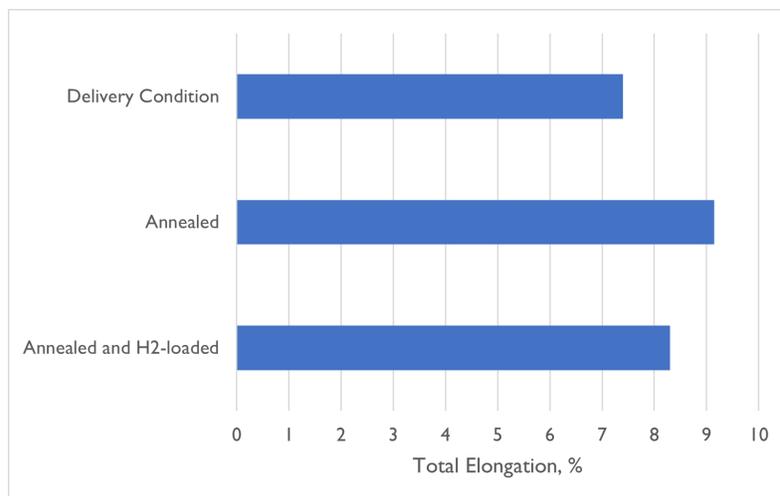
Material	Measured Hydrogen Content (ppm) after 192 h (cathodically charged)*	Measured Hydrogen Content (ppm) after 21 Days (300°C, 200 bar) Exposure**
Alloy 25 Copper Beryllium	0.7	< 0.1
PerforMet	0.4	< 0.1
Steel P91	3.2	Not measured

* DECHEMA-Forschungsinstitut, Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt

**Ruhr Universität Bochum, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

In Zugversuchen mit langsamer Abzugsgeschwindigkeit konnte gezeigt werden, dass in mit Wasserstoff aufgeladenen Proben aus der Kupfer-Beryllium Legierung gegenüber nicht aufgeladenen Proben keine Reduzierung der Duktilität nachweisbar ist. Eine Versprödung findet somit offensichtlich nicht statt. In Bild 1 sind die Ergebnisse der Ruhr Universität Bochum dargestellt.

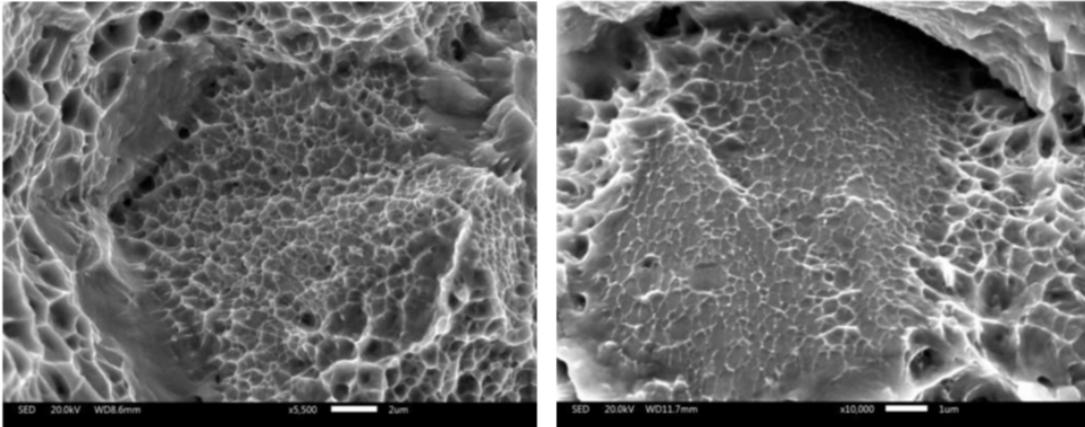
Bild 1: Werte für die Bruchdehnung aus SSRT-Versuchen für CuBe



Die Ergebnisse aus Bild 1 deuten auf keine nennenswerte Veränderung der Duktilität in Form der Bruchdehnung durch die Aufladung mit Wasserstoff hin. Dies bestätigen auch die elektronenmikroskopischen Untersuchungen der Bruchflächen. Beide Zustände (mit Wasserstoff aufgeladen/nicht aufgeladen) zeigen Wabenbrüche ohne Sprödanteile, woraus erkenntlich wird, dass keine Versprödung stattgefunden hat (Bild 2).

fortsetzen

Bild 2: Bilder aus REM-Untersuchungen: Bruchflächen der CuBe-Proben im Lieferzustand (links) und nach H₂-Beladung (rechts)



Die Aufnahmen der Bruchflächen aus den Untersuchungen der Ruhr Universität Bochum zeigen keine Unterschiede im Bruchverhalten und auf den Bruchflächen.

ALLOY 25 UND PERFORMET – SICHERE WERKSTOFFLÖSUNGEN FÜR ANWENDUNGEN IN WASSERSTOFF

Das Material Alloy 25 ist ein vielseitiger Werkstoff, der hohe mechanische Festigkeiten mit guter elektrischer und thermischer Leitfähigkeit vereint und sich damit von konventionellen Kupferlegierungen deutlich abhebt. PerforMet ist ein durch Nickelsilizid verfestigter Bronze-Werkstoff mit hoher Druck- und Temperaturbeständigkeit. Beide Werkstoffe sind als Gussblock, Band, Stab, Rohr und Draht lieferbar.

Die Legierungen bieten für Anwendungen in Wasserstoff bzw. wasserstoffhaltiger Umgebung aber noch weitere Vorteile gegenüber anderen Werkstoffen:

- Keine bzw. vernachlässigbare Versprödung in Wasserstoff oder wasserstoffhaltigen Umgebungen
- Hohe mechanische Festigkeiten
- Für Konstruktionsberechnungen steht ein hoher Sicherheitsabstand zur Streckgrenze zur Verfügung
- Vernachlässigbare Wasserstoffaufnahme bzw. -abgabe
- Keine Versprödung oder Abnahme der Duktilität von der Raumtemperatur bis in den kryogenen Bereich (z.B. – 252°C)
- Keine Randentkohlung (wie z.B. bei Stahlwerkstoffen)
- Keine innere Rissbildung durch Methan- oder Hydridbildung
- Kein Biofouling
- Nichtmagnetisch
- Herausragende Federeigenschaften
- Gute Warm- und Kaltverformbarkeit
- Hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit

- Geringe Neigung zum Kaltverschweißen
- Funkenfreiheit

SICHERHEITSRISIKEN

Die Handhabung von Wasserstoff ist, wie bei anderen Gefahrstoffen, unter Beachtung der jeweiligen Sicherheitsvorschriften, unbedenklich. Bei der Planung der verwendeten Werkstoffe sollten die Angaben aus Datenblättern vorsichtig interpretiert werden, da sich Test- und Materialzustände über weite Bereiche erstrecken können. Es wird geraten, das Materialverhalten unter Einsatz- bzw. Worst-case-Bedingungen zu ermitteln.

SICHERE HANDHABUNG VON KUPFERBERYLLIUM

Die Handhabung von Kupfer-Beryllium in fester Form stellt kein Gesundheitsrisiko dar. Wie bei vielen anderen Werkstoffen, geht ein Risiko von Kupfer-Beryllium aus, wenn die empfohlenen Sicherheitsmaßnahmen nicht befolgt werden. Werden diese nicht eingehalten, kann das Einatmen von Stäuben oder Dämpfen zu schweren Lungenkrankheiten bei dafür empfänglichen Personen führen. Die „Occupational Safety and Health Administration“ (OSHA) hat verpflichtende Obergrenzen für gelegentliche Expositionen festgesetzt. Lesen und befolgen Sie die Angaben im Sicherheitsdatenblatt, bevor Sie mit Kupfer-Beryllium arbeiten. Zusätzliche Angaben für den sicheren Umgang sowie technische Daten zum Kupfer-Beryllium erhalten Sie bei Materion's technischem Kundenservice unter +1-800-375-4205.

PerforMet® ist ein eingetragenes Markenzeichen der Materion Corporation.

MATERION Global Headquarters

6070 Parkland Boulevard
Mayfield Heights, OH 44124 USA
materion.com/ContactPAC
+1.800.375.4205

MATERION Brush GmbH

Motorstraße 34
70499 Stuttgart, Deutschland
PAC-EMEACustomerService@materion.com
+49.711.830930