



Kupferwerkstoffe und Wasserstoff

Kupferwerkstoffe und Wasserstoff

Der Kupferverband hat zusammen mit dem Institut für Werkstoffe – Lehrgebiet Werkstoffprüfung der Ruhr-Universität Bochum in einer ersten Testserie zehn repräsentative Kupferwerkstoffe bezüglich ihrer Verträglichkeit gegenüber Wasserstoff getestet. Das Ergebnis ist mehr als positiv: Keiner der untersuchten Werkstoffe zeigt eine negative Beeinflussung oder Versprödung durch Wasserstoff.

Zukünftiger Einsatz

Mit dem Ziel der Klimaneutralität bis 2045 gilt es für die globale Energieversorgung einen epochalen Umbruch zu meistern. Fossile Energieträger müssen bis dahin durch klimafreundliche Energieträger substituiert werden, von denen Wasserstoff ein wesentlicher Vertreter ist.



Wasserstoff gilt als Energieträger der Zukunft (Bild: shutterstock).

Materialverträglichkeit

Die Materialverträglichkeit von Werkstoffen in Kontakt mit Wasserstoff ist von zentraler Bedeutung, da es in vielen Werkstoffklassen (z. B. höherfeste Stähle, Aluminium, Titan) zur Aufnahme von Wasserstoff und daraus folgender Schädigung, beispielsweise in Form von Versprödung kommen kann. Für Konstrukteure und Entwickler ist daher die Kenntnis der Verträglichkeit eines Werkstoffs in Kontakt mit Wasserstoff entscheidend.

In der Normung besteht keine grundsätzliche Einschränkung für den Einsatz von Kupferwerkstoffen im Wasser-

stoffkontakt (z. B. ASME B31.12-2011 oder EIGA IGC Doc 121/14). Für die Nutzung des vollen Potentials von Kupferwerkstoffen mit Wasserstoff war die Datengrundlage jedoch bisher zu dürftig.

Versuchsprogramm

Für die Erprobung der Kupferwerkstoffe wurde das in Abbildung 1 gezeigte Versuchsprogramm beim Institut für Werkstoffe – Lehrgebiet Werkstoffprüfung der Ruhr-Universität Bochum durchgeführt.



Abb. 1: Ausgewählte repräsentative Kupferwerkstoffe und Testparameter.

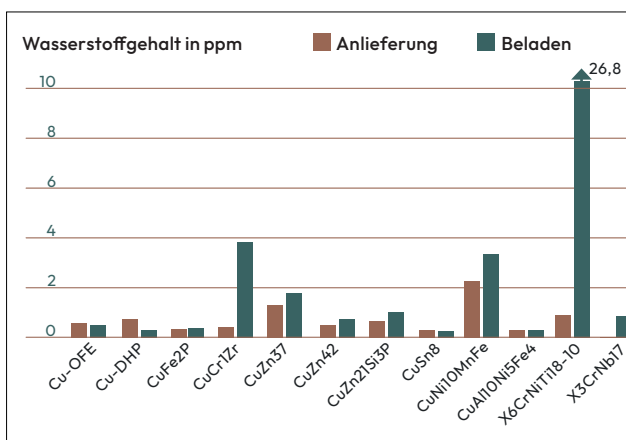
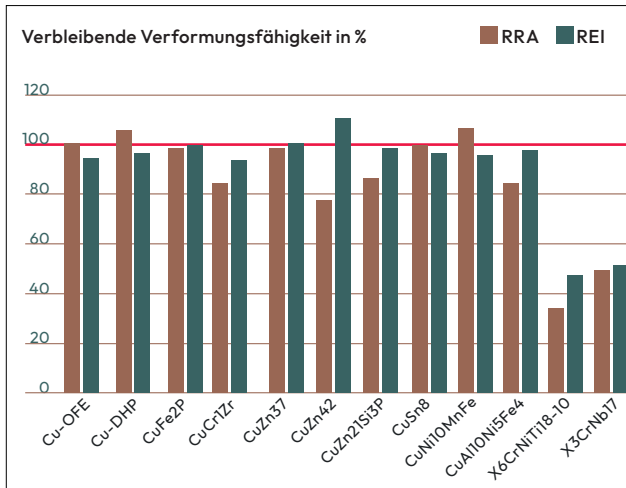
Bewertungsgrundlage

Die Quantifizierung der Wasserstoffresistenz erfolgt durch sogenannte Versprödungsparameter HEI (Hydrogen Embrittlement Index), die die Bruchdehnung A (Relative Elongation, REI) und die Brucheinschnürung Z (Relative Reduction of Area, RRA) der wasserstoffbeladenen Proben ins Verhältnis zu den wasserstofffreien Referenzproben setzen¹. Die Prüfung erfolgt im Langsam-Zugversuch (SSRT – Slow Strain Rate Test), damit ggf. aufgenommener Wasserstoff eine Möglichkeit erhält, seine Wirkung zu zeigen.

$$RRA = \frac{Z_{\text{beladen}}}{Z_{\text{unbeladen}}} \quad REI = \frac{A_{\text{beladen}}}{A_{\text{unbeladen}}}$$

Eine stark versprödete Probe würde so einen RRA und REI-Wert nahe Null haben, während eine unbeeinflusste Probe einen Wert von 100% erreicht. Die Eignung von Werkstoffen für den Einsatz in Wasserstoffanwendungen wird also dadurch beschrieben, wie nah die RRA und REI-Werte dem Ideal von 100% entsprechen.

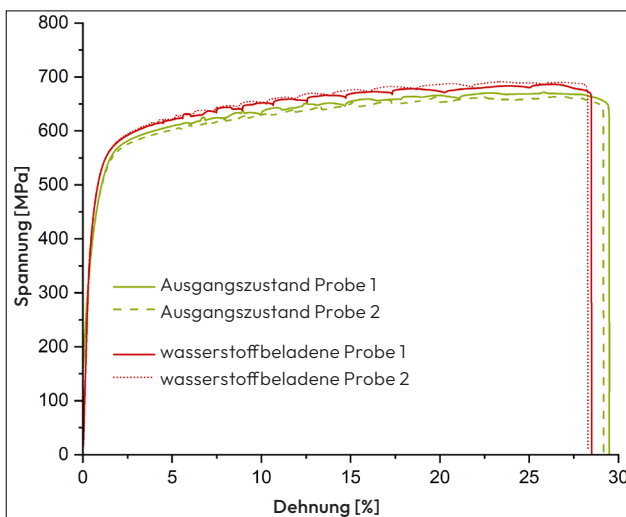
Ergebnisse



Verbleibende Verformungsfähigkeit und Wasserstoffaufnahme im Vergleich zu zwei Stahlwerkstoffen nach I bei vergleichbarem Testprogramm. Wasserstoffgehalt von X6CrNiTi18-10 bei 26,2 ppm (außerhalb der Skala).

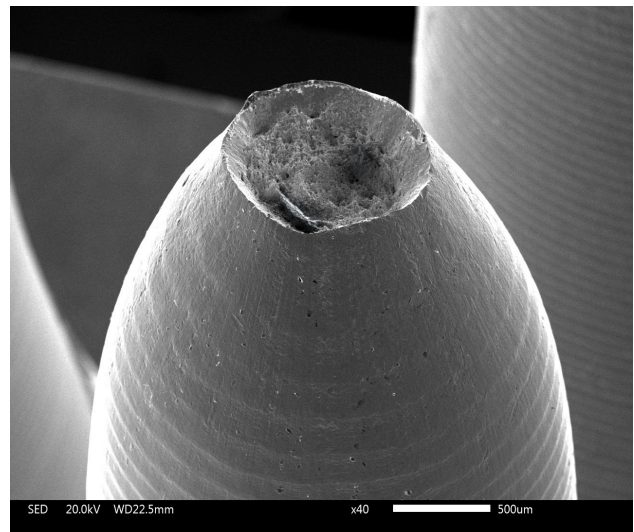
Fazit

Die untersuchten Kupferwerkstoffe zeigen keine Beeinträchtigung durch die Beladung unter Druckwasserstoff.



Beispiel CuZn2Si3P. Ausgangszustand und wasserstoffbeladene Proben zeigen im Zugversuch ein vergleichbares Verhalten.

So nehmen die Werkstoffe nur äußerst geringe Mengen an Wasserstoff auf und zeigen keinen Rückgang der Duktilität. Kupferwerkstoffe sind also eine ausgezeichnete Wahl für den Einsatz in Wasserstoffanwendungen.



Beispiel CuFe2P. Bruchfläche einer wasserstoffbeladenen Probe im Rasterelektronenmikroskop. An der großen Brucheinschnürung ist zu erkennen, dass das Material weiterhin ein ausgezeichnetes Verformungsvermögen aufweist.

Literatur

- 1 Jürgensen, J.; Frehn, A.; Ohla, K.; Stolz, S.; Pohl, M. Effect of Hydrogen Charging on the Mechanical Properties of High-Strength Copper-Base Alloys, Austenitic Stainless Steel AISI 321, Inconel 625 and Ferritic Steel 1.4511. Metals 2024, 14, 588. <https://www.mdpi.com/2075-4701/14/5/588>
- weitere Quelle: www.kupfer.de

kupfer_

Kupferverband e. V.
 Emanuel-Leutze-Str. 11 • 40547 Düsseldorf
 Tel.: +49 211 239469-0 • Fax: +49 211 239469-10
 info@kupfer.de • kupfer.de