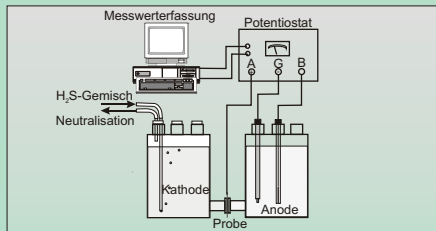


Wasserstoffaufnahme und -diffusion in Schweißnahtgefügen supermartensitischer Stähle

Im Offshore-Bereich werden geschweißte Flowlines aus supermartensitischen Stählen eingesetzt. Diese Stähle sollen nach dem Prinzip „Fitness for Purpose“ bisher verwendete höher legierte Werkstoffe ersetzen. Die neuen Stähle sind aufgrund ihrer Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit sehr gut für das beabsichtigte Einsatzgebiet geeignet. Im Sour Service besteht jedoch die Gefahr der Wasserstoffaufnahme mit nachfolgender Rissbildung. Zur Beurteilung der Rissicherheit der geschweißten Bauteile werden Wasserstofftransportdaten benötigt, die für den Grundwerkstoff, das Schweißgut und die Wärmeeinflusszone ermittelt wurden. Die Wasserstofftransportdaten können durch Permeationsexperimente an Stahlmembranen unter realistischen Einsatzbedingungen quantifiziert werden, so dass die Ergebnisse in computergestützte Lebensdauerberechnungen Eingang finden können.

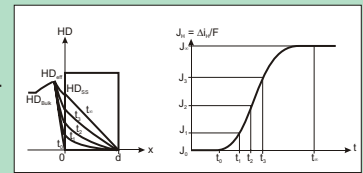
Permeationsmessungen

Elektrochemische Permeationsexperimente an 0,5 mm dicken Stahlmembranen



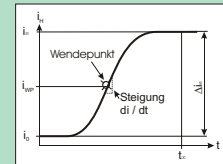
Schematischer Versuchsaufbau

Aufbau eines Konzentrationsprofils von HD_{SS} bis 0 und Aufzeichnung einer Permeationsstromdichtekurve



Ermittlung des Diffusionskoeffizienten und der Wasserstoffkonzentration HD_{SS} mit Hilfe des Wendepunktverfahrens:

$$D = \frac{0,04124 \cdot d^2}{0,2442 \cdot i_w} \cdot \frac{di}{dt} \quad HD_{SS} = \frac{i_w \cdot d}{D \cdot F}$$



Ergebnisse - Grundwerkstoffe

Untersuchung von zwei supermartensitischen Stählen: **Stahl I - 0,02 % C, 12 % Cr, 4,5 % Ni, 1,5 % Mo**

Stahl II - 0,01 % C, 12 % Cr, 6 % Ni, 2,5 % Mo

Ermittlung der Diffusionskoeffizienten und der Wasserstoffkonzentrationen HD_{SS} in einem Standardelektrolyten in Abhängigkeit von der H_2S -Sättigung

Unterschiedliches H-Transportverhalten

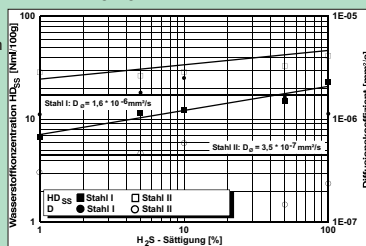
Stahl I: $D \propto HD_{SS} \downarrow$

Stahl II: $D \propto HD_{SS}$

Mittlere Diffusionskoeffizienten

$$D_{Stahl I} \approx 5 \cdot D_{Stahl II}$$

Charakteristischer Anstieg der Wasserstoffkonzentration HD_{SS} mit steigender H_2S -Sättigung

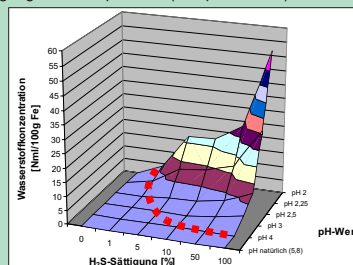


Ermittlung der Wasserstoffkonzentrationen HD_{SS} in einem realitätsnahen Geformationswasser in Abhängigkeit von der H_2S -Sättigung und dem pH-Wert (Beispiel: Stahl I)

Für beide Stähle wurden erwartungsgemäß die gleichen Diffusionskoeffizienten wie im Standardelektrolyten ermittelt.

Keine H-Aufnahme unter natürlichen Korrosionsbedingungen (pH-natürlich)
H-Aufnahme nur bei Existenz von H_2S ab einem bestimmten pH-Wert (rote Markierung)

Höhere H_2S -Sättigungen führen zu höheren HD_{SS} bei gleichem pH-Wert



- Schweißnahtgefüge

WIG-Schweißungen mit Pendelung und Kalt-drahtzufuhr an Stahl I und Stahl II

Zusatzwerkstoff: **ZWS - 0,01 % C, 12 % Cr, 6 % Ni, 2,5 % Mo**

Einfluss des höherlegierten Zusatzwerkstoffs
Vergütung und Austenit-Bildung durch Mehrlagenschweißung

Stahl I:
geringer Diffusionskoeffizient im Schweißgut

Stahl II:
signifikantes Verhalten vom Austenitgehalt γ zum Diffusionskoeffizient D

$$\gamma : D \downarrow$$

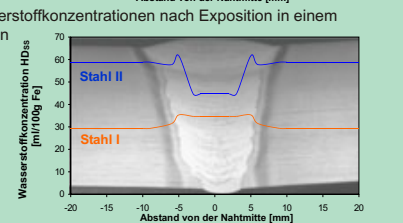
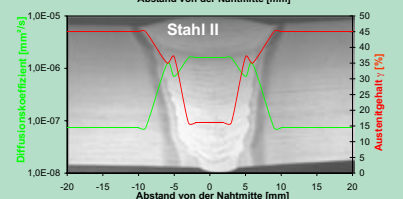
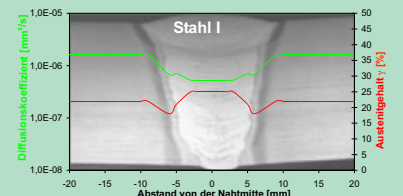
Beispielhafte Darstellung der Wasserstoffkonzentrationen nach Exposition in einem mit 50 % H_2S -gesättigten Elektrolyten

Stahl I: $HD_{SS} \text{ Schweißgut} > HD_{SS} \text{ Grundwerkstoff}$

Stahl II: $HD_{SS} \text{ Schweißgut} < HD_{SS} \text{ Grundwerkstoff}$

Stahl I/Stahl II:
 $HD_{SS} \text{ Schweißgut Stahl I} \approx HD_{SS} \text{ Schweißgut Stahl II}$

Gegensätzliches Verhalten von Diffusionsvermögen und Löslichkeit



Schlussfolgerungen

Der Diffusionskoeffizient des jeweiligen Werkstoffs bzw. Gefüges hängt nicht von der chemischen Zusammensetzung der Prüfelektrolytlösung ab. Die eintretende Wasserstoffkonzentration HD_{SS} hängt dagegen vom pH-Wert, von der H_2S -Sättigung und von der Zusammensetzung der Elektrolytlösung ab. Die chemische Zusammensetzung der Stähle und die jeweilige Gefügeausbildung beeinflussen das Permeationsverhalten erheblich.