

Gruppe

MIKROSTRUKTUR, EIGENSPANNUNGEN

Dr. Johannes Preußner | Telefon +49 761 5142-101 | johannes.preussner@iwm.fraunhofer.de

WASSERSTOFFVERSPRÖDUNG: WERKSTOFFVERSAGEN BEI STATISCHER UND DYNAMISCHER BELASTUNG

Der Einsatz von Wasserstoff als Energieträger verlangt den Ausschluss der sogenannten Wasserstoffversprödung für Werkstoffe im direkten Kontakt mit Wasserstoff. Ein grundlegender Versuch ist die Prüfung nach ASTM E 1681: Rissbehaftete Bauteile werden statisch unter betriebsrelevanten Umgebungsbedingungen belastet und die umgebungsbedingte kritische Spannungsintensität K_{IEAC} gemessen, die zum Versagen führt.

Für den Werkstoff P265GH, einen niedriglegierten Kohlenstoffstahl, der für Rohrleitungen und Druckkessel verwendet wird, haben wir den Kennwert K_{IEAC} für eine elektrochemische Beladung mit Wasserstoff ermittelt. Die Beladung erfolgte in 0,1 N Natronlauge mit 1 g/l Thioharnstoff bei einer Beladungsstromdichte von 15 mA/cm², was nach längerer Versuchsdauer in einem relativ geringen Wasserstoffgehalt von 3 ppm resultierte.

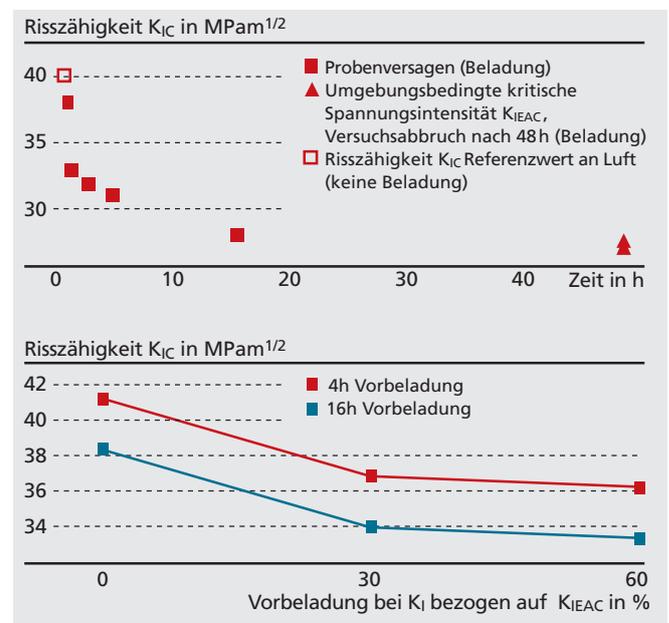
Der Referenzwert der Risszähigkeit K_{IC} an Luft nach ASTM E 399 liegt bei 38 MPa√m. Die Risszähigkeit K_{IEAC} unterschreitet bei länger andauerndem Wasserstoffangebot mit rund 27 MPa√m den Referenzwert deutlich (Abbildung 1 oben). Die statisch ertragbare Belastung wird also durch die Anwesenheit von Wasserstoff signifikant vermindert und muss bei der Auslegung eines Bauteils für Wasserstofftransport oder -speicherung berücksichtigt werden. Die auch gezeigte Belastungsabhängigkeit der Zeit bis zum Versagen ist typisch für den Prozess der Wasserstoffversprödung. Hohe Zugspannungen an der Risspitze führen zu hohen Wasserstoffanreicherungen sowie einer schnellen Rissinitiiierung und -ausbreitung.

Kennwerte für dynamische Belastung

Weiterhin wurde der Einfluss einer Wasserstoffanreicherung bei statischer Last unterhalb von K_{IEAC} auf K_{IC} geprüft. Damit wird der Fall simuliert, bei dem sich Wasserstoff im Betrieb im Bereich von Ungängen, wie Kerben oder Einschlüssen, bei

statisch unkritischen Lasten anreichert und eine kurzzeitige Überbelastung zum Versagen führen kann. Im Versuch erfolgt nach der Vorbelastung eine schnelle Belastung bis zum Bruch zur Messung von K_{IC} . Dabei nimmt mit steigender statischer Belastung während der Beladung die anschließende Bruchzähigkeit K_{IC} ab (Abbildung 1 unten). Die Wasserstoffversprödung muss also auch bei kurzfristigen, dynamischen Belastungen berücksichtigt werden.

Dr. Ken Wackermann, Dr. Wulf Pfeiffer



1 Zeit bis zum Versagen bei unterschiedlichen Spannungsintensitäten während elektrochemischer Beladung in 0,1 N NaOH mit 1 g/l Thioharnstoff und 15 mA/cm² für P265GH (oben). Risszähigkeit bei dynamischer Belastung nach Vorbelastungen bei unterschiedlichem K_I (unten).