

Wasserstoff in Metallen und dessen Risikopotenzial im Einsatz

In vielen Anwendungen des Maschinen- oder Fahrzeugbaus geben Schadensfälle oder Produktionsausfälle den Anstoß, Fertigungstechnologien, Werkstoffeinsatz, Konstruktionen und tatsächliche Beanspruchungen kritisch zu hinterfragen. Ein häufiges Problem ist dabei die mangelnde Zähigkeit des eingesetzten Werkstoffs. Diese kann durch atomaren Wasserstoff extrem reduziert werden und zu plötzlichem Versagen von Bauteilen oder Komponenten führen.

Aufgabenstellung

Um das Risikopotenzial von atomarem Wasserstoff in metallischen Bauteilen im Einsatz sicher bewerten zu können, galt es zunächst, ein Analyseverfahren zu entwickeln. Dieses hatte vor allem das Ziel, den Bindungszustand des Wasserstoffs in Metallen mit vertretbarem Aufwand schnell abzubilden.

Vorgehensweise

Ausgangspunkt war das »normale« Wasserstoffanalyseverfahren auf Grundlage der Heiß- bzw. Schmelzextraktion. Bei diesem Verfahren werden die Möglichkeiten des kontrollierten Aufheizens bei gleichzeitiger Analyse ausgenutzt und eine quantitative Trennung der verschiedenen Bindungszustände in einer Messung ermöglicht. Um das Risikopotenzial im Einsatz einschätzen zu können, wurden neben der Ermittlung von mechanischen Kennwerten auch die Beanspruchungen berechnet.

Ergebnisse

In vielen Anwendungsfällen liefert der Gesamtwasserstoffgehalt keine sichere Aussage zum Risikopotenzial durch atomaren Wasserstoff. Zumeist liefert der diffusive Wasserstoff den entscheidenden Beitrag zum Risikopotenzial, weshalb dessen Abtrennung vom tiefer getrapten (fester gebundenen) Wasserstoff erfolgte. Gleichzeitig konnte die Veränderung des Bindungs-

zustandes des Wasserstoffes (Zahl der nachweisbaren Trappplätze) in Abhängigkeit von der Mikrostruktur z.B. bei verschiedenen Wärmebehandlungszuständen oder in galvanischen Prozessen nachgewiesen werden. Damit konnten Rückschlüsse auf die Wasserstoffquellen gezogen werden. So ist zum Beispiel korrosiv entstandener Wasserstoff meist deutlich leichter gebunden, er effundiert also bereits bei niedrigerer Temperatur als der bei hohen Temperaturen eingebrachte Wasserstoff. An Ausscheidungen und Fehlstellen wie z.B. Mangansulfiden im Stahl ist der Wasserstoff signifikant fester gebunden.

Diese physikalisch und chemisch bekannten Tatsachen konnten an praktischen Fällen zur Unterstützung von Risikobewertungen am Bauteil und an Fügeverbindungen gezeigt werden. Da ohne makroskopische Zugspannungen oder Zugeigenspannungen auch atomarer Wasserstoff in metallischen Bauteilen allein kaum zum Versagen führt, war die Kopplung mit Beanspruchungsszenarien und -simulationen der entscheidende Schritt für die Bewertungen des Risikopotenzials im Einsatz.

Zurzeit werden diese Verfahrenansätze auch für Schweißverbindungen und Beschichtungsprobleme mit Erfolg eingesetzt. Die angewandte Technologie stellt eine sehr gute Ergänzung zu anderen zumeist sehr aufwendigen Verfahren dar.

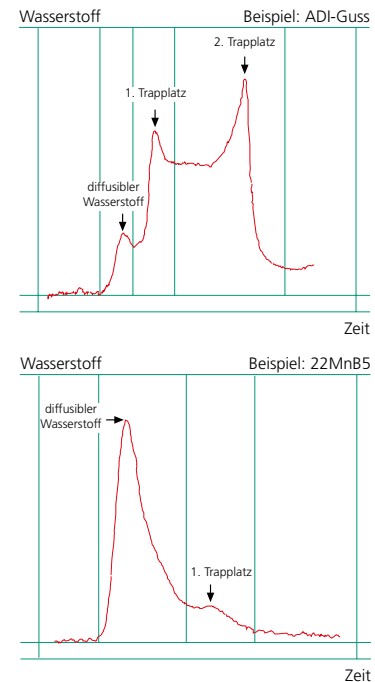


Abb. 1 Wasserstoffeffusionskurven bei kontrolliertem Ausheizen an zwei Beispielen.

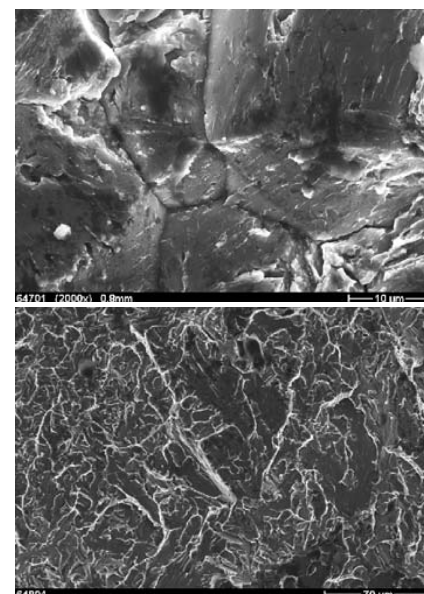


Abb. 2 Erscheinungsbild eines wasserstoffinduzierten Sprödbruchs.