

Fraunhofer LBF

© Illustrated by Fraunhofer LBF

Wasserstoff – Barriere – Permeation – zyklische Beanspruchung

Effiziente Schutzschichten: Reduzierung der Wasserstoffdurchlässigkeit unter zyklischer Beanspruchung

Die Auslegung von Komponenten für deren Einsatz in einer Wasserstoff (H_2)-haltigen Umgebung, führt oftmals zu Herausforderungen bei der Werkstoffauswahl. Bekannte bzw. etablierte und geeignete Werkstoffe sind meist kostenintensiv. Der Einsatz günstigerer bzw. H_2-anfälligerer Werkstoffe funktioniert nur in Kombination mit einer geeigneten Wasserstoffbarriere. In diesem Kontext entwickeln die Fraunhofer-Experten neue Testumgebungen und Methoden, um mit möglichst realitätsnahen Analysen die Barriereeigenschaften unterschiedlicher Beschichtungen quantitativ einzuordnen.

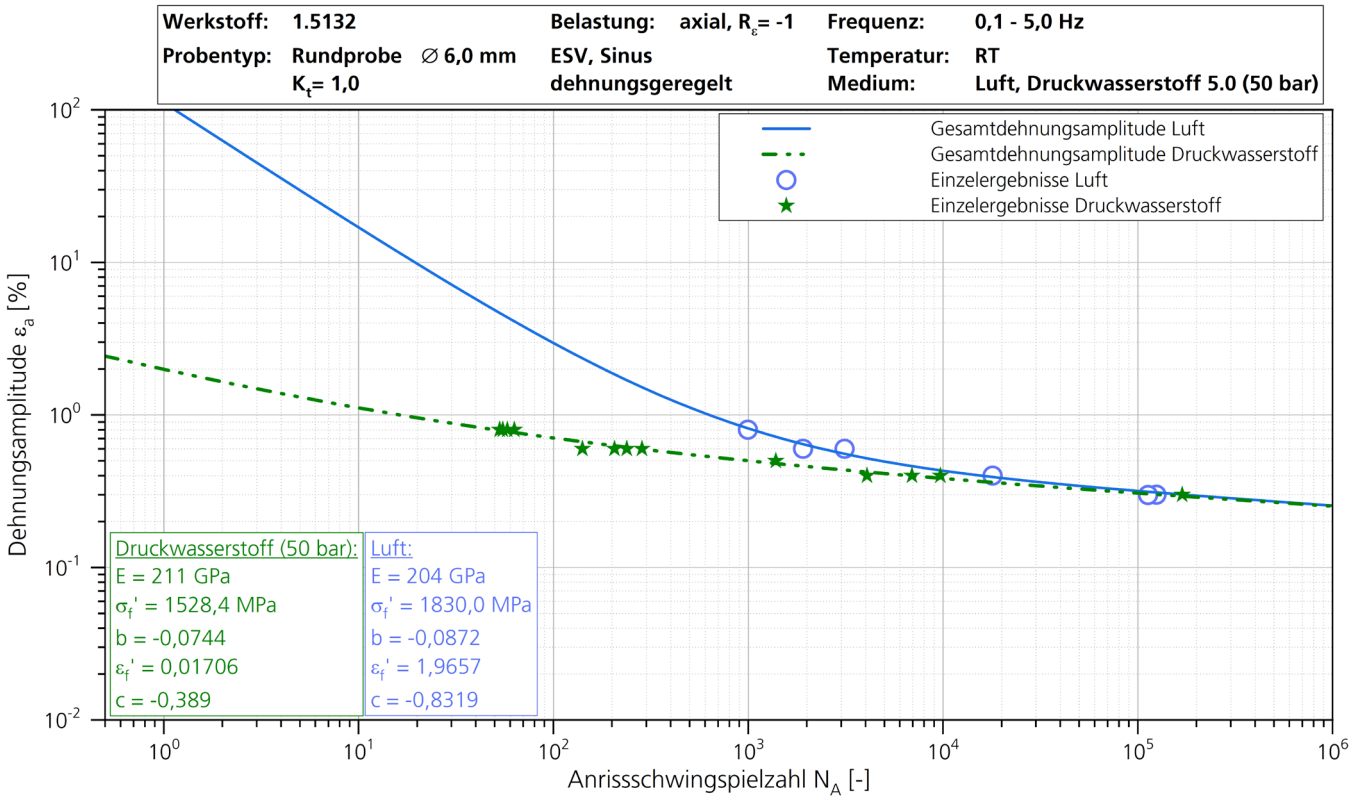
Im Auslegungsprozess von wasserstoffführenden Komponenten ist es nicht immer möglich, ausschließlich wasserstoffbeständige Werkstoffe einzusetzen. Häufig ist es wirtschaftlicher und effizienter, Standardwerkstoffe zu verwenden und diese mittels Barrierebeschichtungen wasserstoffbeständig auszurüsten. Solche Beschichtungen bieten Schutz vor den negativen Auswirkungen einer Wasserstoffatmosphäre, wie die Versprödung metallischer Werkstoffe, die Ertüchtigung von Leitungen und Tanks oder den Schutz empfindlicher Sensorik. Aufgrund der Vielzahl möglicher Werkstoff-Beschichtungs-Kombinationen fehlt es jedoch insbesondere zu Beginn des Entwicklungsprozesses oft an belastbaren Daten für fundierte Auslegungsentscheidungen.

Effizienter Schutz durch innovative Barrierebeschichtungen

Zur Bewertung der Barrierewirkung von Beschichtungen gibt es verschiedene Analysemöglichkeiten. Dabei ist es entscheidend, zu unterscheiden, ob vorrangig die Wasserstoffpermeation der Beschichtung oder das bauteilgebundene Werkstoffverhalten unter funktionalen und zuverlässigkeitsrelevanten Gesichtspunkten (auch unter zyklischer Belastung) im Fokus steht.

Das Fraunhofer LBF setzt hier an und untersucht mithilfe modernster Analysemethoden den Einfluss von Wasserstoff auf die Barrierewirkung funktionaler Beschichtungen – insbesondere unter Bedingungen, die einer Wasserstoffatmosphäre mit überlagerter zyklisch-mechanischer Beanspruchung entsprechen. Der Schwerpunkt liegt zunächst auf polymerbasierten Beschichtungen, die sowohl für »raue« metallische Werkstoffe als auch nichtmetallische Substrate als Schutz dienen können.

Im Rahmen des Konzepts werden spezielle metallische Werkstoffproben mit und ohne Beschichtung unter Wasserstoffatmosphäre sowie mechanischer Beanspruchung getestet. Ziel ist es, den Einfluss dieser multiphysikalischen Beanspruchung auf die Lebensdauer der Proben zu erfassen und zu bewerten. Es wird davon ausgegangen, dass eine Beschichtung mit hoher Barrierewirkung gegenüber Wasserstoffpermeation deutlich höhere Schwingfestigkeiten und Lebensdauern ermöglicht – im Idealfall vergleichbar zu Proben, die nur an Luft getestet wurden.

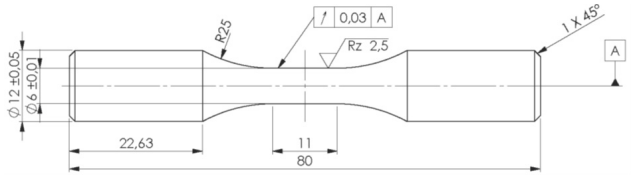


Gegenüberstellung Dehnungswöhlerlinien Werkstoff 1.5132 an Luft und Druckwasserstoff.

Zur quantitativen Bewertung nutzt das Fraunhofer LBF einen bereits umfangreich untersuchten martensitischen Werkstoff (1.5132), der eine sehr hohe Wasserstoffempfindlichkeit aufweist. Diese Eigenschaft wird gezielt genutzt, um Unterschiede in der Lebensdauer – die nachweislich um den Faktor 10 variieren können – bei beschichteten und unbeschichteten Proben aufzuzeigen und die Wirksamkeit der Barrierebeschichtungen zu bestimmen.

Fertigung, Beschichtung, Analyse

Die Untersuchungen am Fraunhofer LBF umfassen die Fertigung und Beschichtung von Werkstoffproben mittels Dip-, Float- oder Spray-Coating, (die Überprüfung der Schichthaftung), experimentelle Analysen in einer speziellen Druckautoklaven-Anlage (aktuell bis 50 bar Wasserstoffdruck, zukünftig bis 100 bar), die Bewertung der Ergebnisse durch Vergleich mit Referenzdaten. Auch extern beschichtete Proben können für die Untersuchungen verwendet werden. In Zusammenarbeit mit Projektpartnern werden die Optimierung der Beschichtungen, wie auch weiterführende Analysen zur Bestimmung des Permeations-Reduktions-Faktors bzw. Barrier Improvement Factor (BIF) durchgeführt



Darstellung einer Werkstoffprobe mit versagenskritischem eingezogenem Bereich.

Kundennutzen

Durch die Arbeiten des Fraunhofer LBF entstehen fundierte Erkenntnisse zur Barrierewirkung von Beschichtungen unter praxisnahen Belastungen. Diese bilden die Basis für weiterführende Charakterisierungen und gezielte Optimierungen der Beschichtungssysteme.

Unternehmen profitieren von erhöhter Betriebssicherheit, verlängerter Lebensdauer und verbesserter Zuverlässigkeit ihrer wasserstoffführenden Komponenten. So können Bauteile und Systeme effizient, sicher und wirtschaftlich für den Einsatz im Wasserstoffumfeld ertüchtigt werden.

Kontakt

Dr. Steffen Schönborn
+49 6151 705-448
steffen.schoenborn
@lbf.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
Bartningstr. 47
64289 Darmstadt
www.lbf.fraunhofer.de