

Multiinstrumentelle zerstörungsfreie Analyse der lokalen Wasserstoffeffusion im Vergütungsstahl 42CrMo4

M. von Pavel^{1,2}, G. Manke³, M. Pohl^{3,4}, F. Walther¹

matthias.vonpavel@tu-dortmund.de

¹ Lehrstuhl für Werkstoffprüftechnik (WPT), TU Dortmund;

² RIF, Institut für Forschung und Transfer e.V., Dortmund; ³ Euro-Labor GmbH, Bochum;

⁴ Institut für Werkstoffe - Werkstoffprüfung, Ruhr-Universität Bochum

Vergütungsstähle werden häufig zur Konstruktion hochbelasteter Bauteile eingesetzt. Kommen diese Stähle in Kontakt mit Wasserstoff und dringt dieser in das Gefüge ein, kann es zu einem frühzeitigen Versagen kommen [1]. Bereits Wasserstoffgehalte < 1 ppm können sich bei hochfesten kubisch-raumzentrierten Stählen kritisch auswirken [2]. Für den Wandel zu einer wasserstoffbasierten Wirtschaft sind daher zerstörungsfreie Analyseverfahren notwendig, die neben der lokalen Wasserstoffkonzentration auch die hervorgerufene Schädigung im Gefüge bewerten. Verfahren, wie bspw. die TDMS, sind hierzu nicht in der Lage, da sie einerseits zerstörend sind und andererseits nur eine integrale Wasserstoffkonzentration bestimmen.

Es wird eine alternative zerstörungsfreie Methode zur Analyse der Wasserstoffkonzentration vorgestellt. Zunächst werden Proben aus dem Vergütungsstahl 42CrMo4 im vergüteten und normalisierten Wärmebehandlungszustand elektrochemisch mit Wasserstoff beladen. Während der anschließenden Wasserstoffeffusion an Luft erfolgt eine quantitative Analyse der lokalen Wasserstoffkonzentration mit einer elektrochemischen Messzelle, der Local Hydrogen Analysis (LHA) [3]. Durch mikromagnetische Sensoren wird qualitativ der Einfluss von Wasserstoff auf die Mikrostruktur untersucht. Eigenspannungen werden in $\cos(\alpha)$ -Röntgenbeugungsmessungen ermittelt. Die Ergebnisse der LHA zeigen eine exponentielle Abnahme der Wasserstoffkonzentration. Das Verhalten lässt sich durch die Wirbelstromamplitude und -phase nachvollziehen, die mit unterschiedlichen Wasserstoffkonzentrationen im Stahl korrelieren.

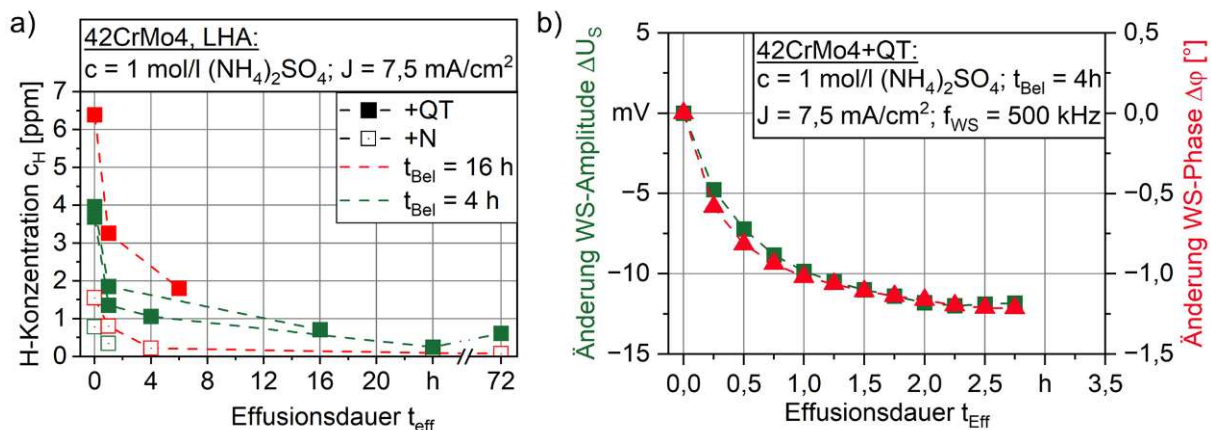


Abbildung 1: a) Abnahme der lokalen Wasserstoffkonzentration in Abhängigkeit der Effusionsdauer, der Beladedauer und der Gefügestruktur; b) Änderung der Wirbelstromamplitude und -phase in Abhängigkeit der Effusionsdauer.

- [1] Donnerbauer, K.; Nickel, T.; von Pavel, M.; Otto, J.; Gerdes, L.; Roza Vasquez, J.; Lingnau, L.; Koch, A. Walther, F.: Methodology for hydrogen-assisted fatigue testing using in situ cathodic charging. Accepted. Materials 2025.
- [2] Jürgensen, J.; Pohl, M.: Impact and Detection of Hydrogen in Metals. HTM Journal of Heat Treatment and Materials 78, 5 (2023) 257–275. <https://doi.org/10.1515/htm-2023-0020>
- [3] Manke, G.; Jürgensen, J.; Pohl, M.: Development of an In Situ Measuring Cell to Non-Destructive, Local Measurement of Diffusible Hydrogen Content in Steels. Proceedings of the 2016 International Hydrogen Conference (2017) 440–445. https://doi.org/10.1115/1.861387_ch49