

Der Einfluss der Prüfgeschwindigkeit bei Zugversuchen auf die Wasserstoffempfindlichkeit von KFZ-Materialien

S. Stolz^{*1}, M. Pohl¹, C. Herrera², J. Depka²

¹ Ruhr-Universität Bochum, Institut für Werkstoffe, Werkstoffprüfung

² Deutsche Edelstahlwerke Witten/Krefeld GmbH & Co. KG

Kubisch-flächenzentrierte (KFZ) Materialien gelten aufgrund ihres geringen Wasserstoffdiffusionskoeffizienten und ihrer hohen Löslichkeit für Wasserstoff als geeignet für den Einsatz in wasserstoffhaltigen Umgebungen. Dennoch wird in diesen Materialien häufig der durch Wasserstoff ausgelöste Mechanismus der lokalisierte Plastifizierung (HELP) aktiviert, wenn sie Wasserstoff ausgesetzt sind. Dies führt zu einer verstärkten lokalen Versetzungsbewegung und plastischen Verformung, was letztlich eine global reduzierte Duktilität des Materials zur Folge haben kann, ohne jedoch wesentliche Veränderungen der Streckgrenze zu bewirken. Aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht sind KFZ-Materialien daher gut geeignet für den Bau von Komponenten in wasserstoffreichen Umgebungen, in denen die Aufrechterhaltung der strukturellen Integrität von entscheidender Bedeutung ist.

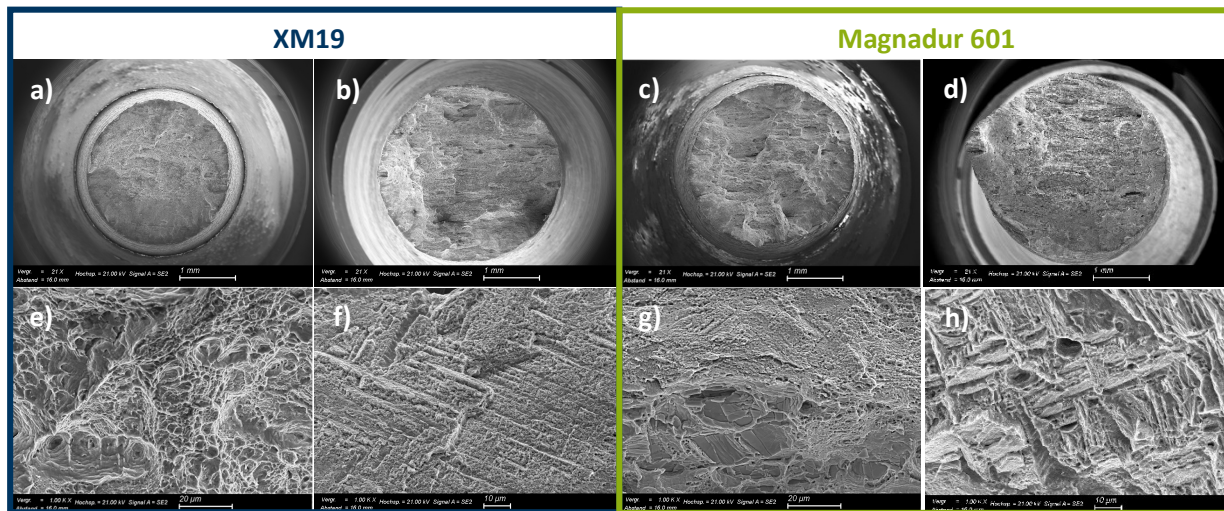


Abb.1. Fraktografie von XM19 (linke Seite) und Magnadur 601 (rechte Seite), wobei: a), e) und c), g) Referenzproben darstellen, und b), f) sowie d), h) Proben sind, die mit Wasserstoff vorbeladen und mit einer Prüfgeschwindigkeit von 0,03 mm/min getestet wurden.

Im Rahmen dieses Testprogramms wurden zwei stabile austenitische Materialien untersucht: XM19 (X2CrNiMnMoNb21-16-5-3 mit weniger Ni und Mo) und Magnadur 601. Aus beiden Materialien wurden Zugproben hergestellt, die in einem Autoklav bei 230°C und 100 bar für 21 Tage mit Wasserstoff beladen wurden. Nach der Beladung wurde der Wasserstoffgehalt mittels der TDMS-Methode analysiert. Die mechanischen Eigenschaften sowie die Bruchbilder der vorbeladenen Proben wurden mit denen von Referenzproben, die nicht mit Wasserstoff beladen wurden, verglichen. Beide Materialien wurden mit drei unterschiedlichen Dehnraten getestet: 0,12 mm/min (gemäß ASTM G142), 0,06 mm/min und 0,03 mm/min. Die Untersuchung zeigte deutlich, dass eine langsamere Prüfgeschwindigkeit dem Wasserstoff mehr Zeit gibt, in kritische Bereiche zu diffundieren und dort lokalisierte Plastizität zu verursachen, was zu einer insgesamt verringerten Duktilität der Probe führt. Spezifische Bruchmerkmale treten ebenfalls erst bei langsameren Prüfgeschwindigkeiten auf, weshalb eine langsamere Prüfgeschwindigkeit für KFZ-Legierungen eindeutig empfohlen wird.

Als Beispiel zeigt **Abb. 1** repräsentative Ergebnisse für beide Materialien, bei denen die Anwesenheit von Wasserstoff durch typische bruchmechanische Merkmale nachgewiesen wurden. Auffällig sind insbesondere treppenförmige Strukturen, die auf eine verstärkte lokalisierte Plastifizierung während der Zugversuche hindeuten. In diesen Bereichen hat das Material eine reduzierte Duktilität, wobei die Gleitebenen auf den Strukturen klar erkennbar sind.