

ADIABATISCHE ERWÄRMUNG BEI DYNAMISCHER RISSBEANSPRUCHUNG

Der Sicherheitsnachweis bei Bauteilen aus ferritischen Stählen mithilfe des Masterkurven-Konzepts wurde am Fraunhofer IWM in zwei vom BMWi geförderten Projekten auch bei höheren Belastungsgeschwindigkeiten untersucht. Üblicherweise erfolgt dieser Sicherheitsnachweis für Kernkraftwerkskomponenten aus ferritischen Stählen bei quasistatischer Belastung. Die angewandte Masterkurve beschreibt dabei im spröde-duktilen Übergangsbereich die statistische Verteilung und Temperaturabhängigkeit von Rissinitiierungskennwerten. Bei zunehmender Rissbeanspruchungsrate, also schnellerer Belastung, verhält sich das Material zunehmend spröder, was eine Verschiebung der Masterkurve mit sich bringt.

Um diesen Effekt der Versprödung zu quantifizieren, wurde eine Vielzahl von dynamischen Rissinitiierungskennwerten bei unterschiedlichen Prüftemperaturen und Rissbeanspruchungsraten bestimmt. Es zeigt sich, dass auch die Form der aus den Kennwerten bestimmten Masterkurve bei dynamischer Belastung von der quasistatisch bestimmten Kurve abweicht und bei hohen Temperaturen steiler verläuft.

Ein Erklärungsansatz ist die bisher nicht berücksichtigte adiabatische Erwärmung der plastischen Zone in Risspitzennähe bei dynamischer Belastung. Bei den sehr kurzen Versuchszeiten von unter einer Millisekunde kann die Wärme aus der Verformungsarbeit nicht abgeleitet werden, was die Materialeigenschaften lokal verändert.

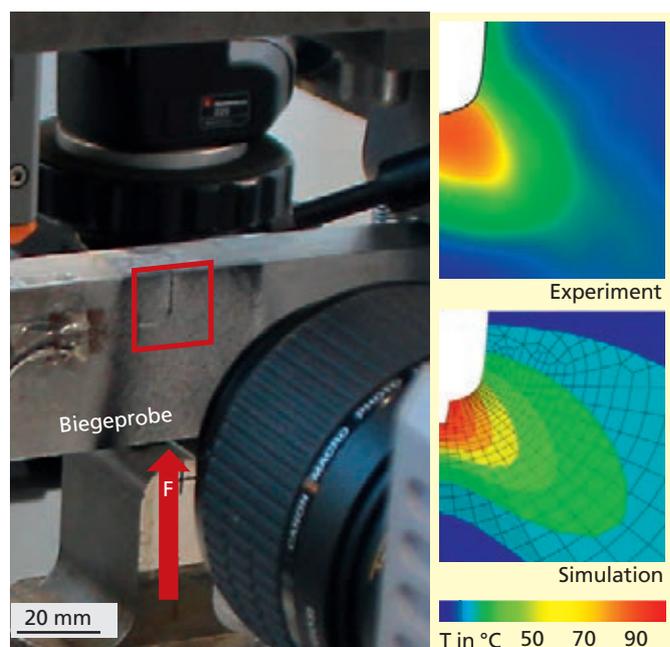
Simulation der dynamischen Bruchmechanikversuche

Dieser Effekt wurde durch einen kombinierten Ansatz aus Experiment, Fraktographie und Simulation näher untersucht. Das Temperaturfeld in der Nähe der Risspitze wurde mithilfe einer Hochgeschwindigkeits-Infrarot-Kamera bei einer dynamischen Versuchsserie gemessen. Unter Berücksichtigung der

Wärmeentwicklung und -leitung und des dehnratenabhängigen Verformungsverhaltens wurden die Versuche simuliert. Die sehr gute Übereinstimmung der gemessenen und berechneten Temperaturfelder bei Rissinitiierung ist in Abbildung 1 erkennbar.

Die ausführliche Quantifizierung dieses Effekts dient zur Weiterentwicklung eines lokalen Spaltbruchmodells zur Beschreibung des Rissverhaltens bei dynamischer Belastung. Darüber hinaus ist geplant, die Ergebnisse in einer Erweiterung der international angewandten ASTM-Norm E1921 zukünftig zu berücksichtigen.

Dr. Thomas Reichert, Johannes Tlatlik



1 Versuchsaufbau (links) und per Hochgeschwindigkeits-IR-Kamera gemessene Erwärmung der Risspitze auf der Probenoberfläche unmittelbar vor Rissinitiierung und Ergebnis der Simulation des dynamischen Versuchs mit Berücksichtigung duktiler Schädigung (rechts).