

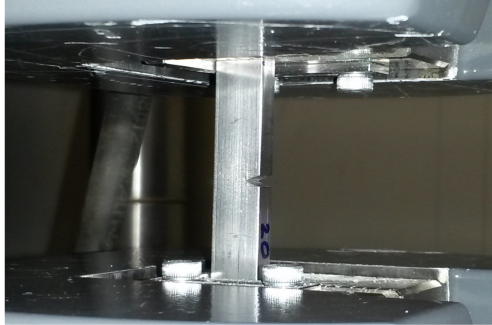


Marcel Bürgi

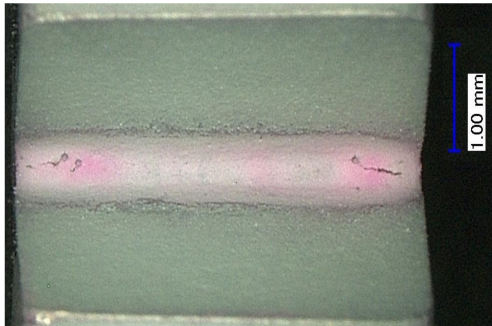
Diplomand	Marcel Bürgi
Examinator	Prof. Dr. Hanspeter Gysin
Experte	Hanspeter Gysin
Themengebiet	Innovation in Products, Processes and Materials

Schädigungsmechanismen bei Metallen

Theoretische Grundlagen zur Berechnung und Vergleich von Experimenten mit Simulationen



Wechselnd belastete Kerbprobe eingespannt in der Zugprüfmaschine.

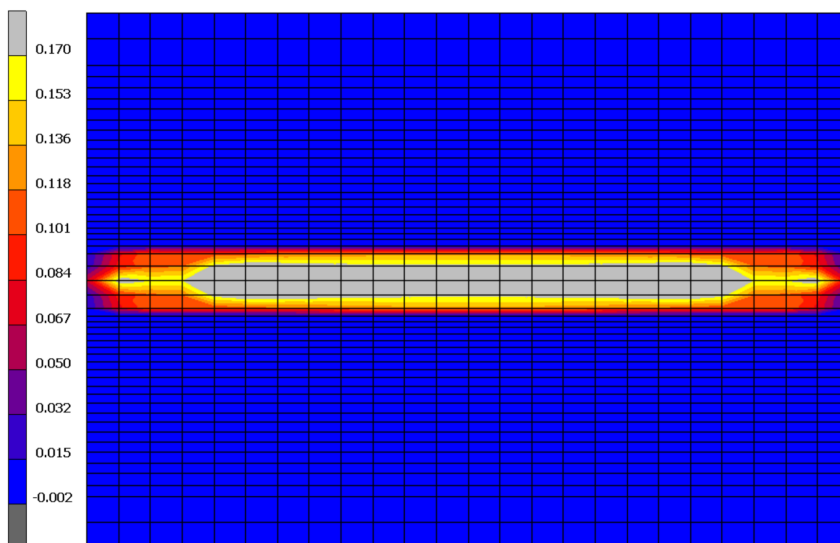


Probe an der Kerbe nach 10 Lastwechseln. Die rote Farbe weist auf Schädigungen hin.

Numerische Simulationen können dabei helfen, eine Voraussage zu machen, wann und wo ein Bauteil versagt. Dafür werden die Theorien der klassischen Festigkeitslehre, der Bruchmechanik und der Schädigungsmechanik verwendet. Diese Arbeit schafft einen Überblick der Theorien und fasst jene Punkte zusammen, welche für die Simulation nötig sind. Es wurden Experimente an einer gekerbten Zugprobe durchgeführt, um Modelle der Bruchmechanik und der Schädigungsmechanik zu validieren.

Die Festigkeitslehre bietet die einfachste und schnellste Möglichkeit, eine Berechnung durchzuführen. Dabei ist es wichtig, sich für die passende Festigkeitshypothese zu entscheiden. Es ist nicht immer eindeutig, welche gewählt werden muss. Mit dem Anwenden der klassischen Festigkeitslehre wird die Vereinfachung gemacht, dass das Material frei von Defekten ist. Diese Vereinfachung lässt die Theorie oft an ihre Grenzen kommen. Mit der Theorie der Bruchmechanik lässt sich eine Aussage dazu machen, ob ein vorhandener Riss sich unter gegebener Belastung ausbreitet oder nicht. Wichtige bruchmechanische Kenngrößen sind der Spannungsintensitätsfaktor K , die Energiefreisetzungsrate G und das J-Integral. Durch die Anwendung in der Finiten Elemente Methode lässt sich auch der Pfad der Rissausbreitung simulieren. Es hat sich gezeigt, dass die Simulation von Rissen sehr aufwändig ist. In dieser Arbeit stimmt das Resultat der Simulation nur ansatzweise mit dem des Versuchs überein.

Die Schädigungsmechanik bietet die Möglichkeit, den Zustand des Materials an jedem Punkt mit der Schadensvariable D zu beschreiben. Diese Theorie geht von einer kontinuierlichen Defektdichte im Material aus. Die Defekte können bei Belastung zunehmen, grösser werden oder zusammenwachsen. Dies lässt Simulationen zu, bei denen die Vergangenheit des Materials berücksichtigt wird. In einem Versuch stimmt das Resultat der Simulation sehr gut mit der Realität überein. Für weitere Untersuchungen stellt sich zum Beispiel die Frage, ob Schädigungsmodelle in der Ermüdungsfestigkeitslehre als Ersatz für Wöhlerkurven eingesetzt werden könnten. In dieser Arbeit wurden Einarbeit in die umfangreiche theoretische Grundlage, Anwendung in der Simulation und experimentelle Überprüfung an einfachen Probekörpern erfolgreich zusammengeführt.



Simulationsergebnisse nach 10 Lastwechseln. Die Farben stellen die Höhe der Schadensvariable D dar. Ab $D = 0.17$ (grau) gilt ein Element als defekt.