

Dipl.-Ing. Weidong Qi, Darmstadt

Modellierung der Kriech- schädigung einkristalliner Superlegierungen im Hochtemperaturbereich

Reihe **18**: Mechanik/
Bruchmechanik

Nr. **230**

Inhaltsverzeichnis

Liste verwendeter wichtigen Formelzeichen	V
1 Einleitung	1
1.1 Einkristalline Superlegierungen	2
1.2 Zielsetzung	3
2 Kontinuums-Schädigungsmechanik	6
2.1 Grundidee von Kachanov und Rabotnov	7
2.2 Konzepte der Schädigungsmechanik	10
2.2.1 Das Effektivspannungskonzept	10
2.2.2 Das Effektivverzerrungskonzept	12
2.2.3 Hypothese der Energieäquivalenz	13
2.3 Repräsentation der Materialschädigung	15
2.3.1 Mikroskopische Betrachtung der Materialschädigung	15
2.3.2 Die anisotrope Eigenschaft der Schädigung und die Schädigungsvariablen	17
2.3.3 Der Schädigungstensor von Murakami und Ohno	19
2.3.4 Der vierstufige Schädigungstensor von Chaboche	22
2.4 Aktive und passive Schädigung	23
2.5 Entwicklungsgleichungen der Schädigung	28
2.5.1 Direkte Methode	28
2.5.2 Die Darstellungstheorie der Tensorfunktion	30
2.5.3 Thermodynamisches Konzept	33
2.6 Kontinuumsmechanik mit Diskontinuität?	43
3 Thermomechanisches Verhalten einkristalliner Superlegierungen	44
3.1 Mikrostruktur des kubisch flächenzentrierten Einkristalls	44
3.2 Elastische und viskoplastische Eigenschaften	46
3.3 Mikroskopische Untersuchungen	51
4 Entwicklung des Schädigungsmodells	57
4.1 Vorbetrachtungen	57
4.2 Schädigungsvariable und aktive Schädigungen	59

4.3 Definition der Effektivspannung.....	60
4.4 Schädigungsgleichung	65
4.4.1 Thermodynamische Überlegungen	66
4.4.2 Schädigungsaktive Spannung	69
4.4.3 Antriebskraft der Schädigung	70
4.4.4 Orientierungsfunktion für k.f.z.-Einkristalle	72
4.4.5 Strukturtensor für k.f.z.-Einkristalle	75
4.5 Lebensdauerprognose	77
5 Anwendung des Schädigungsmodells	78
5.1 Das viskoplastische Modell ohne Schädigung	78
5.2 Das viskoplastische Modell gekoppelt mit Materialschädigung	82
5.3 Versuchsdaten	83
5.3.1 SRR99 bei 760 °C	83
5.3.2 CMSX-6 bei 760 °C	86
5.4 Identifikation der Materialparameter	88
5.4.1 Materialparameter des Kriechmodells	89
5.4.2 Materialparameter des Schädigungsmodells	91
5.5 Vergleich der Modellrechnung mit den Experimenten	99
5.5.1 Orientierungsabhängigkeit	99
5.5.2 Nichtlinearität des Spannung-Deformationsverhaltens	102
5.6 Schädigungsentwicklung und Lebensdauer	102
6 Zusammenfassung und Ausblick	110
Anhang Experimente und Modellierungen	112
A.1 SRR99 bei 760 °C	112
A.2 CMSX-6 bei 760 °C	115
Literatur	117