

Dipl.-Ing. Henrik Wittke, Hordorf

**Phänomenologische sowie  
mikrostrukturell begründete  
Beschreibung des  
Verformungsverhaltens und  
Rißfortschritt im LCF-Bereich**

Reihe **18**: Mechanik/  
Bruchmechanik

Nr. **204**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1	Allgemeine Grundlagen zur Low Cycle Fatigue (LCF)	3
2.1.1	LCF: Definition und praktische Bedeutung	3
2.1.2	Untersuchungsverfahren und -ziele	3
2.2	Makroskopisches Wechselverformungsverhalten	4
2.2.1	Wechselverformungskurve, Spannungs-Dehnungs-Hysteresis und zyklische Spannungs-Dehnungs-Kurve	6
2.2.2	Weitere Darstellungsarten, Begriffe und Kenngrößen des makroskopischen Wechselverformungsverhaltens	13
2.2.3	Temperatur- und Dehngeschwindigkeitseinfluß, Reihenfolge-Effekte, mehraxiale Formulierung des Verformungsverhaltens	14
2.3	Mikrostruktur	16
2.3.1	Anfangsver- bzw. -entfestigung	16
2.3.2	Mikroskopisches Verformungsverhalten im Sättigungsbereich	17
2.4	Zusammenhang zwischen Mikrostruktur und makroskopischem Verformungsverhalten; Stoffgesetze	20
2.4.1	Vielkomponenten-Modelle	22
2.4.2	Beschreibung des Verformungsverhaltens durch Stoffgesetze	23
2.5	Werkstoffversagen; Rißentstehung und Rißfortschritt	25
2.5.1	Ermittlung der Lebensdauer	25
2.5.2	Rißentstehung, Rißwachstum: Phänomenologische Beschreibung und Modellierung	26
2.5.3	Bruchmechanische Methoden: Zusammenhang zwischen Verformungsverhalten und Rißfortschritt	30

<b>3</b>	<b>Experimentelle Methoden, Versuchsdurchführung und -auswertung</b>	<b>35</b>
3.1	Probenmaterial und Probenform	35
3.2	Versuchsapparatur, -durchführung und -auswertung zur Untersuchung des Wechselverformungsverhaltens	36
3.3	Rißwachstumsmessungen mit dem ACPD-Verfahren und mit optischen Methoden	38
<b>4</b>	<b>Beschreibung des Wechselverformungsverhaltens</b>	<b>42</b>
4.1	Wechselverformungskurve und zyklische Spannungs-Dehnungs-Kurve	42
4.1.1	Allgemeine Beschreibung der Versuchsergebnisse	42
4.1.2	Kenngrößen der Wechselverformungskurve	44
4.1.3	Kenngrößen der zyklischen Spannungs-Dehnungs-Kurve	47
4.2	Hysteresen	49
4.2.1	Versuchsergebnisse und Bestimmung von Kenngrößen	49
4.2.2	Phänomenologische Beschreibung der Einzel-Hysteresis	63
4.2.3	Phänomenologische Beschreibung von Hysteresen in Abhängigkeit von wenigen amplitudenunabhängigen Parametern	72
4.3	Wechselverformung und Reihenfolge-Effekte	81
<b>5</b>	<b>Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Mikrostruktur und Verformungsverhalten sowie zu Stoffgesetzen</b>	<b>86</b>
5.1	Mikrostruktur und innere Spannungen	86
5.2	Anwendung des Stoffgesetzes von Steck et al. für Kupfer	95
5.3	Anwendung und Modifizierung eines Stoffgesetzes von Hatanaka et al.	105
5.3.1	Beschreibung des Stoffgesetzes mit ersten Modifizierungen	105
5.3.2	Weitere Modifizierungen des Stoffgesetzes	110
5.4	Vergleich der verschiedenen mikrostrukturell begründeten Modelle	118

<b>6</b>	<b>Untersuchungen zum Rißausbreitungsverhalten</b>	<b>123</b>
6.1	Ergebnisse der Rißfortschrittsuntersuchungen mit dem ACPD-Verfahren	123
6.2	Ergebnisse der Messungen mit optischen Methoden zu Rißfortschritt und Rißspitzenöffnungsverschiebung	133
6.2.1	Rißfortschritt und $\Delta J$ sowie $\Delta J_{eff}$	133
6.2.2	Korrelation zwischen Rißfortschritt und Rißspitzenöffnungsverschiebung	137
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>146</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>149</b>