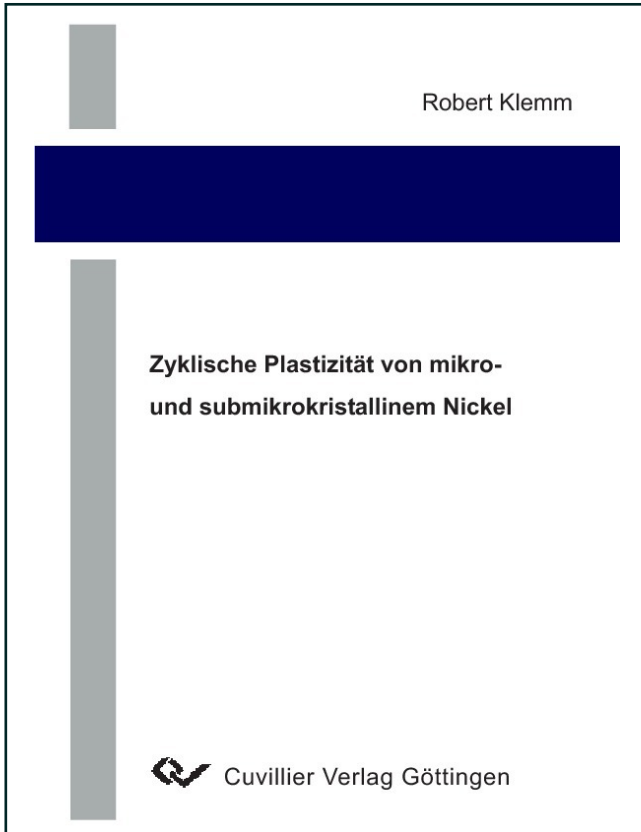




Robert Klemm (Autor)  
**Zyklische Plastizität von mikro- und  
submikrokristallinem Nickel**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/2956>

Copyright:  
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>	<b>I</b>
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>2 GRUNDLAGEN</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Zyklische Plastizität – Begriffe und Grundzusammenhänge</b>	<b>7</b>
2.1.1 Mechanische Kennwerte und Kennfunktionen	7
2.1.2 Zusammenhang zwischen dem mechanischen Verhalten bei der zyklischen plastischen Verformung und den mesoskopischen Versetzungsstrukturen	10
2.1.2.1 Mittelorientierte kfz Einkristalle und Begriff „Ermüdungstypische Versetzungsstruktur“	10
2.1.2.2 Orientierungseinfluss bei kfz Einkristallen	12
2.1.2.3 Vielkristalle	13
2.1.2.4 Zusammenhang zwischen der Universalität der ZSD-Kurve und den mesoskopischen Versetzungsstrukturen	14
2.1.3 Experimentelle Befunde zu den Zusammenhängen zwischen mechanischen Kenngrößen und Kenngrößen der Versetzungsstruktur	15
<b>2.2 Mikrostrukturkorrelierte Modellierung des Verformungsverhaltens</b>	<b>16</b>
2.2.1 Modellierungskonzepte	16
2.2.2 Mehrkomponentenmodelle	17
2.2.3 Konstitutive Modelle	22
<b>2.3 Gefüge, Gefügecharakterisierung und Gefügeeinstellung</b>	<b>25</b>
2.3.1 Korn- und Subkornstruktur	25
2.3.1.1 Grundbegriffe	25
2.3.1.2 Kenngrößen der Korn- und Subkornstruktur und deren Bestimmung	26
2.3.1.3 Experimentelle Methoden zur Charakterisierung der Korn- und Subkornstruktur	28
2.3.2 Versetzungsstruktur	28
2.3.3 Röntgenographische Methoden der Gefügecharakterisierung	29
2.3.3.1 Begriffe und Profilparameter	29
2.3.3.2 WILLIAMSON-HALL-Plot (WH-Verfahren)	31
2.3.3.3 Fourieranalytische Auswerteverfahren	33
2.3.3.4 Berücksichtigung der elastischen Anisotropie auf die Profilverbreiterung	37

---

2.3.3.5	Vergleich der röntgenographischen und elektronenmikroskopischen Methoden der Gefügecharakterisierung	38
2.3.4	Methoden zur Herstellung von Nickel mit unterschiedlicher Kornstruktur	39
<b>3</b>	<b>ERKENNTNISSTAND UND AKTUELLE FRAGEN</b>	<b>43</b>
<b>3.1</b>	<b>Gefüge von submikrokristallinen kfz Metallen</b>	<b>43</b>
<b>3.2</b>	<b>Gefügestabilität und Ent- bzw. Verfestigungsverhalten von kfz Metallen bei wechselsinniger Belastung</b>	<b>45</b>
<b>3.3</b>	<b>Einfluss der Korngröße auf das zyklische Spannungs-Dehnungsverhalten von kfz Vielkristallen</b>	<b>47</b>
<b>3.4</b>	<b>Ermüdungstypische Versetzungsmuster und Korngrößeneffekte</b>	<b>48</b>
<b>3.5</b>	<b>Präzisierung der Zielstellung</b>	<b>50</b>
<b>4</b>	<b>EXPERIMENTELLE METHODEN UND AUSWERTEROUTINEN</b>	<b>53</b>
<b>4.1</b>	<b>Röntgenographische Methoden</b>	<b>53</b>
<b>4.2</b>	<b>Elektronenmikroskopische Methoden</b>	<b>55</b>
4.2.1	REM-Untersuchungen	55
4.2.1.1	Charakterisierung der Kornstruktur und Missorientierungswinkelverteilung	55
4.2.1.2	Charakterisierung der ermüdungstypischen Versetzungsstrukturen	57
4.2.2	TEM-Untersuchungen	57
4.2.2.1	Charakterisierung der Substruktur	58
4.2.2.2	Charakterisierung der ermüdungstypischen Versetzungsstrukturen	58
<b>4.3</b>	<b>Verformungsexperimente</b>	<b>59</b>
<b>4.4</b>	<b>Versuchsproben und Überblick zum experimentellen Programm</b>	<b>60</b>
4.4.1	Probenherstellung und Probenpräparation	60
4.4.1.1	RT-ECAP-Ni	60
4.4.1.2	ET-ECAP-Ni	61
4.4.1.3	MK-Ni	61
4.4.1.4	PED-Ni	62
4.4.1.5	FK-Ni	63
4.4.2	Probenpräparation für röntgenographische und elektronenmikroskopische Untersuchungen	63
4.4.3	Zusammenstellung aller experimentellen Aktivitäten	63

---

<b>5</b>	<b>EXPERIMENTELLE ERGEBNISSE</b>	<b>65</b>
<b>5.1</b>	<b>Charakterisierung des Ausgangszustandes</b>	<b>65</b>
5.1.1	Kornstruktur und Missorientierungswinkelverteilung (MOWV) von MK-Ni und ECAP-Ni	65
5.1.2	Substruktur von ECAP-Ni (und MK-Ni)	67
5.1.3	Kornstruktur und Substruktur von PED-Ni	70
5.1.4	Größe kohärent streuender Teilchen 4 röntgenographische Untersuchungen	72
5.1.5	Gitterdehnungen, innere Spannungen und mittlere Versetzungsdichten 4 röntgenographische Untersuchungen	74
5.1.6	Zusammenstellung der ermittelten Gefügekenngößen	77
5.1.7	Zugversuche und Texturuntersuchungen	77
<b>5.2</b>	<b>Wechselverformungsexperimente</b>	<b>78</b>
5.2.1	Wechselverformungskurven	79
5.2.2	Zyklische Spannungs-Dehnungs-Kurven	80
<b>5.3</b>	<b>Untersuchungen zu Gefügetransformationen infolge zyklischer plastischer Verformung</b>	<b>82</b>
5.3.1	Kornstruktur und Missorientierungswinkelverteilung (MOWV) von MK-Ni und ECAP-Ni	82
5.3.2	Substruktur von ECAP-Ni und MK-Ni	85
5.3.3	Kornstruktur und Substruktur von PED-Ni	89
5.3.4	Größe kohärent streuender Teilchen	90
5.3.5	Gitterdehnungen, innere Spannungen und Versetzungsdichten	91
5.3.6	Zusammenstellung der Gefügekenngößen nach zyklischer Verformung	93
<b>5.4</b>	<b>Analyse der ermüdungstypischen Versetzungsstrukturen</b>	<b>94</b>
5.4.1	MK-Ni	94
5.4.2	PED-Ni und ECAP-Materialien	98
5.4.2.1	PED-Ni	99
5.4.2.2	ECAP-Materialien	101
5.4.3	Zusammenstellung der Kenngrößen der ermüdungstypischen Versetzungsstrukturen	104
<b>6</b>	<b>DISKUSSION DER ERGEBNISSE</b>	<b>105</b>
<b>6.1</b>	<b>Gefügetransformationen bei der zyklischen plastischen Verformung</b>	<b>105</b>
6.1.1	Quantitative Gefügecharakterisierung 4 Einfluss der Messmethode	105
6.1.2	Stabilität und Transformation der Kornstruktur	107
6.1.3	Stabilität und Transformation der Substruktur	109
6.1.4	Zusammenfassende Sicht auf die Gefügetransformationen und Diskussion des Ent- bzw. Verfestigungsverhaltens	111

---

<b>6.2</b>	<b>Einfluss der Korngröße auf die ermüdungstypischen Versetzungsstrukturen</b>	<b>113</b>
<b>6.3</b>	<b>Einfluss der Korngröße auf das zyklische Spannungs-Dehnungsverhalten und mikrostrukturkorrelierte Modellierungsansätze</b>	<b>116</b>
6.3.1	Experimentelle Befunde zum Einfluss der Korngröße auf das zyklische Spannungs-Dehnungsverhalten	116
6.3.2	Mikrostrukturkorrelierte Modellierung des zyklischen Spannungs-Dehnungsverhaltens	117
6.3.2.1	Vorbemerkungen zur Modellierung	117
6.3.2.2	Modellansatz mit mittlerer Versetzungsdichte (Modell I)	118
6.3.2.3	Modellansatz nach einem Zwei-Komponenten-Modell (Modell II)	123
6.3.2.4	Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse der Modellierung	125
6.3.2.5	Bemerkungen zu PED-Ni	125
6.3.3	Überlegungen zum quantitativen Einfluss der Korngröße auf das zyklische Spannungs-Dehnungsverhalten	126
<b>6.4</b>	<b>Zusammenfassende Betrachtungen zum Einfluss der Korngröße auf die zyklische Plastizität</b>	<b>129</b>
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK</b>	<b>131</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>135</b>
	<b>VERZEICHNIS HÄUFIG VERWENDETER ABKÜRZUNGEN</b>	<b>147</b>
	<b>VERZEICHNIS HÄUFIG VERWENDETER SYMBOLE</b>	<b>149</b>
	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>153</b>
	<b>TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>157</b>
	<b>ANHANG</b>	