

F R E I B E R G E R F O R S C H U N G S S H E F T E
Herausgegeben vom Rektor der TU Bergakademie Freiberg

B 362 Werkstofftechnologie

**Zyklisches Verformungsverhalten
von partikelverstärkten Verbundwerkstoffen
mit metastabiler austenitischer Matrix**

Alexander Glage

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen, Symbole und Abkürzungen	IX
Abbildungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis	XVIII
1 Einleitung und Zielstellung	1
2 Grundlagen der Verformungs- und Verfestigungsmechanismen	3
2.1 Metastabile austenitische Edelstähle mit TRIP/TWIP-Effekt	3
2.1.1 Legierungskonzepte austenitischer Edelstähle	3
2.1.2 Mechanismen der plastischen Verformung in austenitischen Stählen	5
2.1.3 Thermodynamische Triebkräfte	9
2.2 Grundlegende Aspekte zu Zirkoniumdioxid	11
2.2.1 Eigenschaften	11
2.2.2 Teilstabilisiertes Zirkoniumdioxid	12
2.2.3 Zähigkeitssteigernde Mechanismen in PSZ-Keramiken	13
2.3 Partikelverstärkte Metallmatrix-Verbundwerkstoffe	15
2.3.1 Allgemeines	15
2.3.2 Verfestigungsmechanismen und Verformungsverhalten	15
2.3.3 TRIP-Matrix-Composite	16
3 Kenntnisstand zur Materialermüdung	21
3.1 Materialermüdung	21
3.1.1 Verformungs- und Schädigungsprozesse	21
3.1.2 Lebensdauerorientierte Untersuchungen	24
3.2 Ermüdungsverhalten metastabiler austenitischer Stähle	31
3.2.1 Wechselverformungsverhalten	31
3.2.2 Mikrostrukturentwicklung, Rissinitiierung und Mikrorisswachstum	37
3.2.3 Beschreibung der α' -Martensitbildungskinetik unter zyklischer Beanspruchung	39
3.3 Ermüdungsverhalten von Metallmatrix-Verbundwerkstoffen	43
4 Werkstoffe und experimentelle Methoden	47
4.1 Versuchswerkstoffe	47
4.2 Wechselverformungsversuche	54
4.2.1 Prüfstand und Prüfbedingungen	54
4.2.2 Bestimmung der Dehnungs-Wöhlerlinie und der zyklischen Spannungs-Dehnungs-Kurve unter Berücksichtigung der Kompatibilität	57
4.2.3 Schädigungsentwicklung mittels Nachgiebigkeitsmessungen	58
4.3 Untersuchungsmethoden	59
4.3.1 Ferritsonde	59

4.3.2	Magnetische Waage	61
4.3.3	Mikrostrukturuntersuchungen mittels Rasterelektronenmikroskopie	62
4.3.4	In situ-Untersuchungen am Großkammer-Rasterelektronenmikroskop	64
4.3.5	Röntgenographische Analysen	65
4.3.6	Mikrohärtemessungen	65
5	Ergebnisse und Diskussion	67
5.1	Neu- und Spannungs-Dehnungs-Hysteresekurven	67
5.2	Wechselverformungsverhalten	71
5.3	Wechselverformungsinduzierte Zwillingsbildung und Martensitbildung des Stahles 16Cr-6Mn-9Ni	76
5.4	Martensitische Phasenumwandlung unter zyklischer Beanspruchung	81
5.4.1	α' -Martensitevolutionen	81
5.4.2	Einfluss der α' -Martensitbildung auf das zyklische Verfestigungsverhalten	87
5.4.3	Modellierung der α' -Martensitbildungskinetik	92
5.4.4	α' -Martensitbildung innerhalb eines Zug-Druck-Zyklus	94
5.4.5	Bewertung der Verfahren zur Bestimmung des α' -Martensitanteils	96
5.5	Spannungsunterstützte martensitische Phasenumwandlung in der Mg-PSZ-Keramik	99
5.6	Einfluss von Versuchsfrequenz und Prüftemperatur	101
5.7	Schädigungsentwicklung auf der Grundlage von Nachgiebigkeitsmessungen	106
5.7.1	Spannungsabhängigkeit des Elastizitätsmodules	106
5.7.2	Evolution der Probensteifigkeit	108
5.7.3	Schädigungsparameter	109
5.8	Lebensdauerabschätzung und zyklisches Festigkeitsverhalten	113
5.9	Mehrstufige Belastung	120
5.10	Rissinitiation und Mikrorisswachstum	124
6	Zusammenfassung und Ausblick	129
	Literaturverzeichnis	135
A	Semiempirische Formeln zur Abschätzung der Austenitstabilität und Stapelfehlerenergie	159
B	Versuchsplan – Zusammenfassung der durchgeführten Experimente	161
C	Berechnungen auf Basis des α'-Martensitanteils	163
D	Parameter zur Lebensdauerabschätzung mittels der Schädigungsparameter D_T und D_C	165
	Bildnachweis	167