

# Inhaltsverzeichnis

Liste der verwendeten Symbole und Abkürzungen	XI
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Aufgabenstellung . . . . .	2
<b>2 Stand der Technik</b>	<b>5</b>
2.1 Konzepte zur Bewertung mehrachsiger Beanspruchungen . . . . .	5
2.1.1 Grundlagen der Kontinuumsmechanik . . . . .	5
2.1.2 Elastizitäts- und Plastizitätstheorie . . . . .	9
2.1.3 Festigkeitshypothesen . . . . .	10
2.1.4 Schädigung bei mehrachsiger Hochtemperaturermüdung . . .	17
2.2 Beanspruchungsanalyse von Turbinenschaufeln und Turbinenscheiben	22
2.2.1 Turbinenschaufel . . . . .	23
2.2.2 Turbinenscheibe . . . . .	25
2.3 Biaxiale Hochtemperaturermüdung . . . . .	26
2.3.1 Zug/Druck-Torsions-Ermüdungsprüfung . . . . .	26
2.3.2 Biaxial-planare Ermüdungsprüfung . . . . .	28
2.4 Berechnung des vorliegenden Spannungszustandes über dem tragen- den Querschnitt . . . . .	31
2.5 Nickelbasis-Superlegierungen . . . . .	35
2.5.1 Entstehung und Entwicklung . . . . .	35
2.5.2 Zusammensetzung und Mikrostruktur . . . . .	36
2.5.3 Erstarrung von Nickelbasis-Superlegierungen . . . . .	42
2.5.4 Wärmebehandlung . . . . .	44
<b>3 Experimentelles</b>	<b>47</b>
3.1 Biaxial-planarer Prüfstand . . . . .	47
3.1.1 Kreuzförmige Probengeometrie . . . . .	49
3.1.2 Induktorentwicklung . . . . .	50
3.1.3 Versuchsdurchführung . . . . .	58

3.2	Einachsige Werkstoffprüfungen . . . . .	61
3.2.1	Zeitstandprüfung . . . . .	61
3.2.2	Warmzugprüfung . . . . .	62
3.2.3	Hochtemperaturermüdung . . . . .	62
3.3	Versuchswerkstoffe . . . . .	66
3.3.1	Waspaloy™ . . . . .	67
3.3.2	IN738LC . . . . .	68
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>71</b>
4.1	Statische und quasistatische Werkstoffprüfung . . . . .	71
4.1.1	Waspaloy™ . . . . .	71
4.1.2	IN738LC . . . . .	77
4.2	Einachsige Hochtemperaturermüdung . . . . .	83
4.2.1	Waspaloy™ . . . . .	84
4.2.2	IN738LC . . . . .	99
4.3	Biaxial-planare Hochtemperaturermüdung . . . . .	115
4.3.1	Waspaloy™ . . . . .	115
4.3.2	IN738LC . . . . .	124
4.3.3	Versagen von Waspaloy™ und IN738LC unter biaxial-planarer Hochtemperaturermüdung . . . . .	127
4.4	Lebensdauerbeschreibung . . . . .	134
4.4.1	Lebensdauerkorrelation von Waspaloy™ . . . . .	137
4.4.2	Lebensdauerkorrelation von IN738LC . . . . .	139
4.4.3	Zusammenfassung der Lebensdauerbeschreibung . . . . .	142
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>143</b>
5.1	Biaxial-planare Hochtemperaturermüdungsprüfung . . . . .	143
5.2	Zusammenfassende Beurteilung der Ergebnisse . . . . .	144
5.3	Ausblick . . . . .	146
5.3.1	Isotherme biaxial-planare Ermüdung . . . . .	146
5.3.2	Thermo-mechanische biaxial-planare Ermüdung . . . . .	147
	<b>Eigene Veröffentlichungen</b>	<b>148</b>
	<b>Literatur</b>	<b>151</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>XVII</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>XXVI</b>