

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und Formelzeichen	IX
1 Einleitung	1
2 Metallkundliche Grundlagen von Aluminiumlegierungen	3
2.1 Legierungsklassifikation der Aluminiumwerkstoffe	3
2.2 Technisch relevante Aluminiumlegierungen.....	5
2.3 Festigkeitssteigernde Mechanismen	6
2.3.1 Ausscheidungshärtung durch Warmauslagerung	6
2.3.2 Mischkristallhärtung	8
2.3.3 Dispersionshärtung	8
2.3.4 Verformungsverfestigung.....	9
2.3.5 Kornfeinung.....	11
2.4 Plastische Umformung von Ein- und Polykristallen	11
2.5 Dynamische und statische Entfestigungsmechanismen.....	13
2.5.1 Dynamische Erholung	13
2.5.2 Statische Rekristallisation	14
2.5.3 Statische Erholung	15
2.6 Einfluss und Beschreibung von Texturen in Aluminiumwerkstoffen.....	16
3 Versuchstechniken zur Werkstoffmodellierung	17
3.1 Ermittlung der Werkstoffverfestigung	17
3.1.1 Fließspannung und ihre Einflussgrößen.....	17
3.1.2 Versuchstechniken zur Fließkurvenermittlung.....	18
3.1.3 Fließkurvenermittlung im Zylinderstauchversuch	21
3.1.4 Temperaturkompensierte Fließkurven.....	26
3.2 Experimentelle Ermittlung statischer Werkstoffentfestigung	30
3.2.1 Spannungsrelaxationsversuch.....	31
3.2.2 Doppel – und Mehrstufenversuche	33

4	Modellierung von Fließkurven für die FEM.....	35
4.1	Empirisch-mathematische Modelle zur Fließkurvenbeschreibung	35
4.2	Empirisch-phänomenologische Fließkurvenmodelle	37
4.3	Metallphysikalische Fließkurvenmodelle	40
4.3.1	Versetzungsdichtebasierte Fließkurvenmodelle.....	41
4.3.2	Das 3 Interne Variablen Modell - 3IVM.....	45
4.4	Bewertung der Möglichkeiten zur Fließkurvenmodellierung	48
5	Zielsetzung und Arbeitsprogramm.....	51
5.1	Zielsetzung	51
5.2	Arbeitsprogramm.....	52
6	Grundversuche zur Ver- und Entfestigungsmodellierung	53
6.1	Verwendete Aluminiumlegierung für die experimentellen Arbeiten	53
6.2	Prüfeinrichtung zur Durchführung von Zylinderstauchversuchen.....	55
6.3	Physikalische Simulation zur Werkstoff- und Prozesscharakterisierung	56
6.4	Ermittlung der Fließkurven	57
6.4.1	Fließkurven im Bereich der Kaltumformung	58
6.4.2	Fließkurven im Bereich der Warmumformung	60
6.5	Durchführung von Spannungsrelaxationsversuchen	63
6.6	Durchführung und Auswertung der Doppelstauchversuche.....	65
6.7	Bestimmung der Erholungskinetik aus den Doppelstauchversuchen.....	67
6.8	Ergebnisse der Doppelstauchversuche.....	71
6.9	Zusammenfassung und Bewertung der experimentellen Vorarbeiten.....	76
7	Statische Erholung im mehrstufigen Kaltwalzprozess	79
7.1	Temperatur- und Fließspannungsentwicklungen in Kaltwalzprozessen.....	79
7.2	Physikalische Simulation eines Kaltwalzprozesses	81
7.2.1	Versuchseinrichtungen.....	82
7.3	Vorarbeiten und Werkstoffcharakterisierung.....	84

7.3.1	Vergleichende Fließkurvenaufnahme an vorgewalztem Material	87
7.3.2	Variation des Fe-Lösungszustandes.....	88
7.4	Versuchsdurchführung und Auswertung	90
7.4.1	Mehrstufiges Kaltwalzen ohne Zwischenglühlung.....	92
7.4.2	Mehrstufiges Kaltwalzen mit Zwischenglühlung bei 230°C	95
7.4.3	Mehrstufiges Kaltwalzen mit Zwischenglühlung bei 150°C	97
7.5	FE-Simulation des Kaltwalzprozesses	101
7.6	Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse.....	103
8	Optimierung eines Fließspannungsmodells mit der FEM	105
8.1	Verwendete Software und Optimierungsalgorithmen	107
8.2	Motivation zur Entwicklung des Optimierungstools.....	108
8.3	Modularer Aufbau und Funktionsweise des Optimierungstools.....	110
8.4	Vorteile der Struktur des Optimierungstools.....	115
8.5	FE-Simulation des Zylinderstauchversuches in der Optimierung.....	115
8.6	Validierung des Optimierungstools an den bisherigen Ergebnissen	120
8.7	Optimierung des VOCE-Fließkurvenmodells für die Legierung AA8079.....	125
8.8	Zusammenfassung und Bewertung der Arbeiten	131
9	Zusammenfassung und Ausblick	133
9.1	Zusammenfassung	133
9.2	Ausblick	135
10	Literaturverzeichnis.....	137
	Kurzfassung der Arbeit.....	153
	Abstract.....	155
	Lebenslauf	157