

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Formelzeichen	8
Verwendete Abkürzungen.....	11
Verzeichnis der Abbildungen	13
Verzeichnis der Tabellen	18
1 Einleitung	19
2 Stand der Technik / Grundlagen	22
2.1 Massive ultrafeinkörnige und nanostrukturierte Metalle	22
2.2 Grundlagen der plastischen Umformung.....	24
2.2.1 Einführung.....	24
2.2.2 Versetzungen	24
2.2.3 Korngrenzen.....	29
2.3 Mikrostrukturformation bei Kaltumformung und hochgradig plastischer Umformung.....	31
2.4 Verfestigungsmechanismen bei Aluminiumwerkstoffen	41
2.5 Hochgradig plastische Umformung	44
2.5.1 Charakteristik und Verfahrensvarianten	44
2.5.2 Gleichkanalwinkelpressen (Equal Channel Angular Pressing).....	48
2.5.3 Eigenschaften und Anwendung hochgradig umgeformter Werkstoffe	53
2.6 Partielle hochgradig plastische Umformung	59
2.6.1 Einleitung	59
2.6.2 Spaltprofilieren (engl. Linear Flow Splitting).....	59
2.6.3 Verfahren zu Randschicht- bzw. Oberflächenmodifikation	60
3 Zielsetzung der Arbeit und Inhalt.....	63
4 Vorarbeiten zur Entwicklung von Gradierungsverfahren	66
4.1 Radial gradierte, hochgradig plastische Umformung.....	66

4.2	Eingrenzung der Fertigungsverfahren	68
4.3	Voruntersuchungen inkrementeller Massivumformverfahren	73
4.3.1	Bohrungsdrücken und Walkeffekt	73
4.3.2	Bohrungsdrückversuche.....	76
4.3.3	Probenanalyse	78
4.4	Vorbetrachtungen zur gradiert hochgradig plastischen Umformung ...	80
4.5	Ablaufplan der Vorgehensweise.....	82
5	Verfahrensentwicklung inkrementeller Walzverfahren	86
5.1	Verfahrensansatz	86
5.2	Verfahrensdefinition des Gradierungswalzens	89
5.3	Parameter des Gradierungswalzens	90
5.4	Numerische Prozesssimulation des Gradierungswalzens.....	93
5.4.1	Modellableitung	93
5.4.2	Ergebnisse und Bewertung der Prozesssimulation	95
5.5	Verformungspfade beim Gradierungswalzen	105
5.6	Versuchstechnik und Parameter der Gradierungswalzversuche	110
6	Verfahrensentwicklung Durchdrück-verfahren	114
6.1	Verfahrensdefinition des Gradierungspressens	121
6.2	Numerische Umformsimulation des Gradierungspressens	123
6.2.1	Modellbeschreibung	123
6.2.2	Ergebnisse der Prozesssimulation des Gradierungspressens	126
6.3	Versuchstechnik und Parameter der Gradierungspressversuche	136
7	Charakterisierungsmethoden und Ergebnisse	140
7.1	Charakterisierung der Proben	140
7.1.1	Probenentnahme.....	140
7.1.2	Härtemessung.....	142
7.1.3	Zugversuche mit Minizugproben	143

7.1.4	EBSD-Charakterisierung.....	144
7.2	Versuchsergebnisse des Gradierungswalzverfahrens	146
7.2.1	Gradierungswalzen von Aluminiumwerkstoffen.....	146
7.2.2	Umformversuche am Aluminiumwerkstoff EN AW-1090	147
7.2.3	Umformversuche an der Aluminiumlegierung EN AW-6082.....	151
7.2.4	Versuchsreihe EN AW-6082 - mechanische Eigenschaften.....	156
7.2.5	Wesentliche Aussagen und Halbzeugeigenschaften	162
7.3	Versuchsergebnisse Gradierungspressen	165
7.4	Diskussion und Einordnung.....	172
8	Zusammenfassung.....	174
9	Ausblick.....	178
	Literaturverzeichnis.....	182
	Anlagen	200