

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	vii
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik und Forschung	3
2.1 Verfahren zur Herstellung metallischer Mikrobauteile	3
2.2 Herausforderungen in der Mikroumformtechnik	12
2.2.1 Ähnlichkeitstheorie und Kenngrößen in der Prozessskalierung.....	13
2.2.2 Größeneffekte in der Umformtechnik.....	15
2.2.3 Maßnahmen zur Lösung größeneffektbedingter Herausforderungen in der Mikroumformtechnik	24
2.3 Mikromassivumformung vom Band.....	28
2.4 Zusammenfassende Bewertung	31
3 Zielsetzung und methodische Vorgehensweise	33
4 Verwendete Werkstoffe, Versuchsanlagen, Prüfverfahren und Methoden	37
4.1 Eingesetzte Werkstoffe.....	37
4.2 Tribologische Versuchsbedingungen.....	43
4.3 Halbzeugherstellung.....	44
4.4 Prozessstrategie und -führung	45
4.5 Aufbau und Funktionsweise des mehrstufigen modularen Werkzeugsystems.....	47
4.6 Messtechnische Methoden zur Charakterisierung der Bauteilgeometrie und -eigenschaften	51
4.6.1 Messung der Bauteilgeometrie	52
4.6.2 Untersuchung der Oberflächentopographie	53
4.6.3 Metallographische Analyse und Mikrohärtemessungen	53
4.7 Simulationssoftware und numerisches Modell	54
5 Analyse des Pin-Fließpressprozesses aus der Blechebene.....	59
5.1 Definition von Zielgrößen und Einflussparametern.....	59
5.2 Werkstofffluss, Bauteileigenschaften und Prozessgrenzen	61
5.2.1 Entwicklung von Modellvorstellungen zur Plausibilisierung des komplexen Werkstoffflusses beim Pin-Fließpressen aus der Blechebene	61

5.2.2	Weitere prozesseitige Einflussgrößen auf das Pin-Fließpressen aus der Blechebene	77
5.2.3	Werkstückseitige Einflussgrößen auf das Pin-Fließpressen	88
5.2.4	Werkzeugseitige Einflussgrößen auf das Pin-Fließpressen	106
5.3	Werkzeugbeanspruchung beim Pin-Fließpressen aus der Blechebene.....	115
6	Erforschung des Potenzials des Pin-Fließpressens aus der Blechebene für die Mikroumformtechnik	117
6.1	Analyse von Größeneffekten beim Pin-Fließpressen aus der Blechebene.....	118
6.2	Untersuchung der Herstellbarkeit eines Formelements auf dem Pin mittels Napf-Fließpressen	124
6.2.1	Gegenüberstellung und Bewertung der kombiniert einstufigen und der zweistufigen Prozessführungsstrategie ..	125
6.2.2	Identifikation, Plausibilisierung und Bewertung auftretender Größeneffekte beim Napf-Fließpressen in der zweiten Prozessstufe	129
6.2.3	Untersuchung des Potenzials von ultrafeinkörnigem Gefüge zur Minimierung der Größeneffekte	136
6.3	Untersuchung einer Scherschneidstufe zur Abtrennung des Mikrobauteils vom Blech	142
7	Handlungsempfehlungen und Einschätzung des gesellschaftlichen Nutzens	147
7.1	Bewertung der Forschungsergebnisse und Ableitung von Handlungsempfehlungen für das Pin-Fließpressen aus der Blechebene.....	147
7.2	Übertragbarkeit des Laborversuchs auf das Blechband für die Massenproduktion metallischer Mikrobauteile	155
7.3	Bewertung von Prozessführungsstrategien für die mehrstufige Umformung und Einschätzung der Anwendbarkeit hinsichtlich limitierender Skalierungseffekte	158
7.4	Mögliche Anwendungsfelder des Pin-Fließpressens aus der Blechebene.....	161
8	Zusammenfassung und Ausblick	165
9	Summary and outlook	169
10	Literaturverzeichnis	173