

Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	i
Abkürzungsverzeichnis.....	vii
Formelzeichen.....	ix
Kurzfassung	xiii
Abstract.....	xv
1 Einleitung.....	1
2 Stand der Kenntnisse	3
2.1 Relevante Grundlagen der Blechumformung	3
2.1.1 Metallkundliche Grundlagen	3
2.1.2 Mechanische Kennwerte von metallischen Werkstoffen.....	7
2.1.3 Fließkurve	10
2.2 Verfahren und Werkzeuge des Tiefziehens	13
2.2.1 Tiefziehen – Definition und Prozesseigenschaften.....	13
2.2.2 Kräfte beim Tiefziehen	15
2.2.2.1 Krafteinleitung in das Ziehteil / Berechnung der maximalen Stempelkraft bzw. der Bodenreißkraft.....	18
2.2.3 Spannungs- und Dehnungsverhältnisse in unterschiedlichen Bauteilbereichen des Ziehteils	19
2.2.4 Versagensarten und Formänderungsvermögen des Blechwerkstoffes	21
2.3 Prozessgrenzerweiterung des Tiefziehens	22
2.3.1 Mechanische Verfahren	23
2.3.2 Thermische Verfahren	37
2.4 Mechanische und thermische Verfahren zur Verfestigung von Platinenoberflächen...	43
2.4.1 Mechanische Verfahren	43
2.4.2 Das Prägen in Abgrenzung zu konventionellen Oberflächenbehandlungsverfahren	46
2.5 Fazit aus dem Stand der Kenntnisse	59
3 Motivation und Zielsetzung.....	60
3.1 Motivation der Arbeit	60
3.2 Zielsetzung der Arbeit	61

4 Werkstoff, Versuchsanlagen, Prozessführung und Methoden	63
4.1 Charakterisierung des Versuchswerkstoffes DP600	63
4.2 Versuchsanlagen und Prozessführung	65
4.2.1 Elektrohydraulischer Stanzautomat TRUMATIC 5000R	65
4.2.2 Elektrohydraulische Servopresse und Tiefziehwerkzeug	66
4.2.3 Prägeprozess und Prozessführung	67
4.3 Optische Formänderungsanalyse	69
5 Untersuchung der Oberflächenintegrität mechanisch geprägter Strukturen in Blechplatinen	70
5.1 Auswahl geeigneter Prägegeometrien zur lokalen Festigkeitssteigerung von Blechplatinen anhand numerischer Analysen	70
5.2 Analyse der Oberflächenbeschaffenheit der Platine	73
5.3 Ermittlung der lokalen Verfestigungsmechanismen anhand Gefügeanalytik	76
5.4 Analyse der Härtesteigerungen im Blechquerschnitt der Versuchsproben mittels Mikrohärtemessungen	78
6 Mechanische Kennwerte und Fließverhalten geprägter Platinen	82
6.1 Einfluss unterschiedlicher Prägemuster und Prägetiefen auf mechanische Blechkennwerte	82
6.1.1 Analyse der Verfestigungseffekte in geprägten Blechplatinen	93
6.2 Ermittlung der Grenzformänderungskurven geprägter Platinen	95
6.3 Analyse der Blechausdünnung geprägter Nakajima-Proben	102
6.4 Zusammenfassende Bewertung	104
7 Erweiterung der Prozessgrenzen durch Prägen der Platinen	106
7.1 Numerisch basierte Analyse von Potentialen zur Prozessgrenzerweiterung	106
7.1.1 Materialmodellierung und Implementierung in die Simulationsumgebung ...	106
7.1.2 Werkzeugmodellierung und Prozessführung innerhalb der FE-Simulation ...	109
7.1.3 Numerischer Abgleich mit experimentellen Daten und Nachweis der Qualifikation der Simulationsmethodik	110
7.1.4 Analyse der Blechausdünnung in kritischen Bauteilbereichen und Ermittlung der Prozessgrenzen am Referenzbauteil	112
7.1.5 Numerische Grundlagenuntersuchungen am Referenzbauteil	114

7.2	Experimentelle Untersuchungen zur Prozessgrenzenerweiterung.....	121
7.2.1	Durchführung von Tiefziehversuchen zu der Erweiterung des Arbeitsbereichs	121
7.2.2	Betrachtung der Formänderungsverteilung in ausgewählten Bauteilbereichen	126
8	Übertrag der Erkenntnisse auf ein repräsentatives Blechbauteil.....	131
8.1	FEM-basierte Analyse der kritischen Bauteilbereiche	131
8.1.1	Bewertung der Blechausdünnung	132
8.1.2	Bewertung der lokalen und globalen Formänderungen	133
8.1.3	Übertrag der Prägemuster auf die Geometrie des Zielbauteils	134
8.2	Herstellung von geprägten Blechbauteilen im industrienahen Betrieb	135
8.2.1	Erhöhung der Ziehtiefe durch Tailored Embossed Blanks	135
9	Erhöhung der Leistungsfähigkeit geprägter Blechbauteile	139
9.1	Bauteilherstellung und Prüfmethode	140
9.2	Erhöhung der Energieaufnahmefähigkeit geprägter Blechbauteile	143
9.3	Aufzeigen des Leichtbaupotentials geprägter Blechbauteile.....	147
10	Zusammenfassung und Ausblick	151
10.1	Zusammenfassung	151
10.2	Ausblick.....	153
11	Anhang	155
11.1	Analyse der Blechausdünnung geprägter Nakajima-Proben	155
11.2	Ermittlung der Flächenintegrale unter den Kraft-Weg-Verläufen zur Analyse der spez. Energieaufnahmefähigkeit.....	157
12	Literaturverzeichnis.....	159
	Curriculum Vitae	165