

Inhaltsverzeichnis

- Zusammenfassung 10
- Abbildungsverzeichnis 12
- Tabellenverzeichnis 17
- Abkürzungsverzeichnis und Formelzeichen 18
- 1. Einleitung 21
- 2. Stand der Technik 22
 - 2.1. Einarbeitung von Presswerkzeugen 22
 - 2.2. Robotereinsatz zum spanenden Bearbeiten und maschinellen Oberflächenhämmern 23
 - 2.3. Zerspanung mit Industrierobotern 23
 - 2.4. Maschinelles Oberflächenhämmern 26
 - 2.5. Numerische Simulation 28
 - 2.5.1. Allgemeine Grundlagen 28
 - 2.5.2. FEM in der Blechumformung 30
 - 2.6. Tiefziehen und Tiefziehwerkzeug 31
 - 2.6.1. Prinzip des Tiefziehens 31
 - 2.6.2. Spannungszustand 32
- 3. Forschungsziel des Projekts 34
 - 3.1. Übersicht der Bearbeitungsschritte 34
 - 3.2. Arbeitspaket 1 - Charakterisierung und Modalanalyse 36
 - 3.3. Arbeitspaket 2 - Fertigungsverfahren 37
 - 3.4. Arbeitspaket 3 - Optimierung Zerspanung und Fertigungsverfahren 38
 - 3.5. Arbeitspaket 4 - Automatisierter Tryout 38
 - 3.6. Arbeitspaket 5 - Untersuchung Werkzeugverhalten 39
 - 3.7. Arbeitspaket 6 - Ergebnisübertragung 40
 - 3.8. Arbeitsdiagramm 41
- 4. Werkstoffe 42
 - 4.1. Werkzeugwerkstoff 42
 - 4.2. Darstellung der Probegeometrien 42
 - 4.3. Blechwerkstoff für Umformversuche 43
- 5. Versuchsanlagen und Werkzeuge 45
 - 5.1. Industrieroboter 45
 - 5.1.1. KUKA KR 300 R2500 ultra 45
 - 5.1.2. Kenngrößen 46
 - 5.1.3. Koordinatensysteme 47
 - 5.1.4. Roboteranstellung 49
 - 5.2. Presse 50
- 6. Umfrage zur Oberflächenbehandlung von Werkzeugen in der Blechumformung 51

7.	Modalanalyse Robotersystem.....	52
7.1.	Eigenfrequenzen bei Änderung der X-Position	54
7.2.	Eigenfrequenzen bei Änderung der Y-Position	58
7.3.	Eigenfrequenzen bei Änderung des Anstellwinkels	59
7.4.	Eigenformen.....	60
7.5.	Fazit	65
8.	Werkzeugkonstruktion/Simulation.....	66
8.1.	Konstruktion des Umformwerkzeugs	66
8.1.1.	Anforderungsliste.....	66
8.1.2.	Gesamtwerkzeug.....	68
8.1.3.	Konstruktion der am Umformprozess beteiligten Komponenten	70
8.2.	Simulation der Blechumformung.....	72
8.2.1.	Probegeometrien	72
8.2.2.	Umformwerkzeug.....	77
9.	Prozessoptimierung Industrieroboter	81
9.1.	Arbeitsraumuntersuchung	81
9.2.	Abhängigkeit von der Bearbeitungsrichtung	83
9.3.	Bestimmung der Querkstellung.....	84
10.	Bahnplanung und Analyse Hämmern	87
11.	Bahnplanung und Analyse Fräsen	91
11.1.	Ergebnisse der Probegeometrie Eben	91
11.2.	Ergebnisse der Probegeometrie Rundung	93
11.2.1.	Stempel	93
11.2.2.	Matrize	93
11.3.	Ergebnisse der Probegeometrie Kugel	94
11.3.1.	Stempel	95
11.3.2.	Matrize	95
11.4.	Bewertung der Ergebnisse.....	96
12.	Tuschieren und Datenabgleich	97
13.	Digitalisierung und Rückführung der Bearbeitungsdaten	99
13.1.	Mehrstufige Fräsbearbeitung	100
13.2.	Kompensationsstrategie	101
13.3.	Bahnplanungsanalyse.....	102
13.3.1.	Probekörper	102
13.3.2.	Fräsparameter	102
13.3.3.	Kombination radialer und paralleler Schnitte	103
13.3.4.	Parallele Schnitte zur Vermeidung von Achsumkehr	105
13.3.5.	Dynamische Werkzeuanstellung	106
13.3.6.	Gegenlaufräsen im Vergleich zum Gleichlaufräsen	107
14.	Bearbeitung eines Realwerkzeugs.....	110
14.1.	Prozessvorbereitung	110

14.1.1. Halbzeuge	111
14.1.2. Werkzeugauswahl	111
14.1.3. Fräsparameter	112
14.1.4. Frässtrategie der Schruppbearbeitung	114
14.1.5. Frässtrategie der Schlicht- und Hämmerprozesse	115
14.2. Ausführung	115
14.2.1. Niederhalter	116
14.2.2. Matrice	122
14.2.3. Stempel	129
14.3. Auswertung	133
14.3.1. Niederhalter	133
14.3.2. Matrice	134
14.3.3. Stempel	136
15. Einsatz der Werkzeuge	138
15.1. Versuchsaufbau	138
15.2. Prozesskräfte	139
15.3. Oberflächeneigenschaften	140
15.4. Umformergebnisse	141
15.5. Vergleich der Bearbeitungsstrategien	144
16. Abgeleitete Handlungsempfehlungen	145
16.1. Zerspanen mit Industrierobotern	145
16.2. Maschinelles Oberflächenhämmern mit Industrierobotern	145
17. Ergebnisse und Ausblick	146
17.1. Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der Ergebnisse für KMU	146
17.2. Wirtschaftliche Bedeutung der angestrebten Forschungsergebnisse für KMU	147
18. Literaturverzeichnis	150
19. Anhang	155