

Johannes Noneder

*Beanspruchungserfassung für die Validierung
von FE-Modellen zur Auslegung von
Massivumformwerkzeugen*

Bericht aus dem Lehrstuhl für
Fertigungstechnologie
Prof. Dr.-Ing. habil. Marion Merklein

LFT

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen..... 5

1 Einleitung..... 9

2 Stand der Technik und Forschung..... 11

2.1 Umformverfahren11

2.2 Werkstückwerkstoffe zur Herstellung von Verbindungselementen durch Kaltmassivumformen..... 12

2.3 Werkstoffe für Werkzeugsysteme der Kaltmassivumformung..... 14

2.3.1 Werkzeugwerkstoffe für Aktivelemente..... 15

2.3.2 Werkzeugwerkstoffe für Armierungsringe20

2.4 Methoden zur Minimierung der Zugbeanspruchung von Werkzeugen21

2.4.1 Methoden zur Minimierung der tangentialen Zugbeanspruchung 22

2.4.2 Methoden zur Minimierung der axialen Zugbeanspruchung 23

2.5 Werkzeugauslegung in der Kaltmassivumformung25

2.5.1 Schädigungsmodelle zur Auslegung von Werkzeugen26

2.5.2 Analytische Methoden 27

2.5.3 Numerische Methoden zur Prozess- und Werkzeugauslegung 29

2.6 Validierung von FE-Modellen in der Kaltmassivumformung.....32

2.7 Methoden zur Spannungs- und Dehnungsmessung sowie Ermittlung des E-Moduls34

2.7.1 Methoden zur Dehnungsmessung 34

2.7.2 Verfahren zur Bestimmung des E-Moduls 35

2.7.3 Fazit 37

2.8 Bewertung des Standes der Technik und Forschung37

3 Zielsetzung und Methodik..... 39

4 Untersuchte Werkstoffe, Versuchseinrichtungen und verwendete Software 41

4.1 Untersuchte Werkstoffe41

4.2 Verwendete Schmierstoffe42

4.3 Versuchseinrichtungen43

4.3.1 Martenshärtemessung43

4.3.2 Metallografie44

4.3.3 Fließkurvenermittlung45

4.3.4 Umformversuche47

4.4 Mechanische Eigenschaften untersuchter Werkstoffe49

4.5 Verwendete Software56

5 Tribologische Untersuchungen..... 57

5.1 Modellversuche zur Reibungscharakterisierung.....57

5.2 Prozess- und Werkzeugauslegung.....58

5.2.1 DCE-Test 59

5.2.2 Ringstauchversuch62

5.3 Versuchsdurchführung und Ergebnisse der tribologischen Untersuchungen62

5.3.1 DCE-Test63

5.3.2 Ringstauchversuch65

5.3.3 Kontaktnormalspannung66

5.4	Fazit	68
6	Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit von FE-Modellen.....	69
6.1	Bestimmung eines geeigneten Modellprozesses	70
6.2	Messsystem.....	70
6.2.1	Auswahl eines geeigneten Dehnungsmessstreifens	70
6.2.2	Werkzeugkonzeption und Prozessauslegung	72
6.2.3	Werkzeugauslegung und Definition Werkstück	78
6.2.4	Identifikation geeigneter Applikationsstellen für DMS.....	80
6.3	Systemanalyse	81
6.3.1	Messmittel	82
6.3.2	Werkzeugsystem.....	84
6.3.3	Gesamtsystem.....	95
6.4	Versuchsaufbau und -durchführung	96
6.4.1	Einpressversuche	97
6.4.2	Voll-Vorwärts-Fließpressversuche	98
6.5	Versuchsergebnisse	99
6.5.1	Einpressversuche	101
6.5.2	Voll-Vorwärts-Fließpressversuche	109
6.6	Vergleich konventionelle Validierung mit neuer Methode.....	115
6.7	Adaptionsmöglichkeiten für weitere Umformprozesse	117
6.8	Fazit	117
7	Qualifizierung druckaufgestickter Stähle als Werkstückwerkstoff.....	119
7.1	Anforderungen an Referenzprozess für Qualifizierung druckaufgestickter Stähle als Werkstückwerkstoff.....	119
7.2	Modellversuche.....	121
7.2.1	Prozessauslegung.....	122
7.2.2	Werkzeugauslegung.....	123
7.2.3	Versuchsdurchführung.....	126
7.2.4	Versuchsergebnisse.....	127
7.2.5	Validierung FE-Modell.....	128
7.3	Referenzprozess.....	129
7.3.1	Werkzeugauslegung.....	129
7.3.2	Versuchsaufbau und -durchführung.....	136
7.3.3	Versuchsergebnisse.....	137
7.4	Zusammenfassung.....	140
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	141
9	Summary and Outlook	143
10	Literaturverzeichnis	145
11	Anhang.....	159