

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	vii
1 Einleitung	1
2 Stand der Forschung und Technik	3
2.1 Verfahren der Kaltmassivumformung.....	3
2.2 Mechanismen der Eigenspannungsentstehung	6
2.3 Methoden zur Eigenspannungsbestimmung	11
2.4 Auswirkungen auf Betriebsverhalten	18
2.5 Verhalten unter Last	19
2.6 Zusammenfassende Bewertung	23
3 Zielsetzung und Vorgehensweise	25
4 Verwendete Versuchsaufbauten, Werkstoffe und Methoden. 27	
4.1 Umformung und Bauteilherstellung	28
4.2 Werkstoffe und Schmierung	29
4.2.1 Bauteilwerkstoffe	29
4.2.2 Schmierstoffe und Reibungscharakterisierung	31
4.3 Numerische Prozesssimulation	33
4.4 Messtechnik	34
4.5 Bauteilprüfung.....	34
5 Eigenspannungsentstehung im Referenzprozess	37
5.1 Identifikation der Werkstoffeigenschaften	38
5.2 Experimentelle Ergebnisse	44
5.2.1 Eigenspannungsentstehung.....	44
5.2.2 Bauteilcharakterisierung	46
5.3 Numerische Abbildung.....	50
5.3.1 Ergebnisse der Umformsimulation	51
5.3.2 Untersuchung numerischer Einflussgrößen	56
5.3.3 Validierung	62
6 Zielgerichtete Eigenspannungseinstellung	69
6.1 Einfluss des Bauteilwerkstoffs.....	70
6.1.1 Eigenspannungsbestimmung in mehrphasigen Stählen.....	71
6.1.2 Werkstoffabhängige Bauteileigenspannungen	73
6.1.3 Werkstoffbedingte Effekte der Eigenspannungsentstehung	76

6.2	Stoffflusssteuerung über Matrizengeometrie	77
6.2.1	Resultierende Prozesseigenschaften.....	77
6.2.2	Stoffflussbedingte Eigenspannungsentstehung.....	79
6.3	Einfluss des verwendeten Schmierstoffs	83
6.3.1	Charakterisierung der eingesetzten Schmierstoffe	83
6.3.2	Werkstoffabhängige Anwendbarkeit.....	84
6.3.3	Beeinflussung der Prozesseigenschaften.....	86
6.3.4	Schmierstoffbedingte Bauteileigenspannungen.....	87
6.4	Bestimmung der Prozessrobustheit	90
6.4.1	Einfluss einer Vorverfestigung im Ausgangswerkstoff	90
6.4.2	Einfluss der Schmierstoffauftragsmenge.....	96
6.5	Abgeleitete Erkenntnisse	99
7	Eigenspannungsstabilität bei typischer Betriebsbelastung ..	103
7.1	Mechanische zyklische Biegebelastung	105
7.1.1	Experimentelle Ergebnisse.....	105
7.1.2	Validierung der Methodik	109
7.2	Thermische Belastung	110
7.2.1	Einfluss der Aufheiztemperatur	111
7.2.2	Eigenspannungsänderung durch Abkühlung	113
7.2.3	Temperaturabhängiger Einfluss der Haltezeit	114
7.3	Abgeleitete Erkenntnisse	120
8	Auswirkungen auf die Betriebsfestigkeit	123
8.1	Einfluss fertigungsbedingter Zugeigenspannungen.....	125
8.2	Einfluss der Herstellvariante	126
8.3	Erkenntnisse.....	127
9	Eigenspannungssensitive Prozess- und Bauteilauslegung.....	131
9.1	Definierte Eigenspannungseinstellung bei der Bauteilherstellung	131
9.2	Wechselwirkungen im Bauteileinsatz	133
9.3	Einfluss auf Ermüdungseigenschaften.....	135
10	Zusammenfassung und Ausblick	137
11	Summary and future work.....	139
	Literaturverzeichnis	141