

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	vii
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik und Forschung	3
2.1 Kaltmassivumformung unrunder Bauteilgeometrien	3
2.1.1 Bauteile und Verfahren	3
2.1.2 Werkzeugbeanspruchung	7
2.2 Lebensdauer von Kaltmassivumformwerkzeugen	8
2.2.1 Versagensursachen	8
2.2.2 Werkzeugauslegung	9
2.3 Maßnahmen zur Erweiterung der Lebensdauer	10
2.3.1 Beeinflussung der Beanspruchbarkeit	11
2.3.2 Beeinflussung der Beanspruchungen	14
2.4 Zusammenfassende Bewertung	20
3 Zielsetzung und Vorgehensweise	25
4 Angewendete Werkstoffe, Anlagen, Messmethoden und Software	27
4.1 Werkstoffe	27
4.1.1 Werkstoffe für Umformversuche	27
4.1.2 Werkstoffe für Ermüdungsversuche	29
4.2 Schmierstoffsystem	33
4.3 Anlagen	34
4.4 Verfahren zur Analyse der Bauteil- und Werkzeugeigenschaften	35
4.5 Simulationssoftware Simufact.Forming	36
5 Analyse der Werkzeugbelastung bei der Umformung nicht-rotationssymmetrischer Bauteilgeometrien	39
5.1 Prozesskonzept	39
5.2 Aufbau und Validierung des Simulationsmodells	41
5.3 Analyse des Beanspruchungszustands der Matrize	47
5.4 Analyse der Armierungswirkung	52
5.5 Ableiten von werkzeugtechnischen Herausforderungen bei der Umformung unrunder Bauteilgeometrien	57

6	Aufbau eines Modellversuchs zur experimentellen Erforschung des Ermüdungsverhaltens von Kaltmassivumformwerkzeugen	61
6.1	Versuchsprinzip	62
6.2	Numerische Abbildung	63
6.3	Einfluss von Elastomerverschleiß	65
6.4	Ermüdungsverhalten im Modellversuch	69
6.5	Bewertung der Eignung des Modellversuchs zur Analyse des Ermüdungsverhaltens von Kaltmassivumformwerkzeugen	72
7	Untersuchung lokaler Vorspannungen durch Aussparungen im Armierungsverbund	75
7.1	Durchgängige Aussparung	75
7.1.1	Wirkungsweise	75
7.1.2	Numerische Parameteranalyse	81
7.1.3	Analyse des Ermüdungsverhaltens	89
7.2	Abgesetzte Aussparung	91
7.2.1	Wirkungsweise	91
7.2.2	Numerische Parameteranalyse	94
7.2.3	Analyse des Ermüdungsverhaltens	97
7.3	Bewertung der Eignung von Aussparungen zur lokalen Vorspannung und Erhöhung der Werkzeuglebensdauer	99
8	Untersuchung lokaler Vorspannungen durch das Einpressen von Spannstiften	105
8.1	Spannstifte mit Armierung	105
8.1.1	Wirkungsweise	106
8.1.2	Numerische Parameteranalyse	113
8.1.3	Analyse des Ermüdungsverhaltens	119
8.2	Spannstifte ohne Armierung	121
8.2.1	Wirkungsweise	121
8.2.2	Numerische Parameteranalyse	124
8.2.3	Analyse des Ermüdungsverhaltens	129
8.3	Bewertung der Eignung von Spannstiften zur lokalen Vorspannung und Erhöhung der Werkzeuglebensdauer	130
9	Zusammenfassung und Ausblick	135
10	Summary and outlook	139
	Literaturverzeichnis	143