

# Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>vii</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Technik und Forschung .....</b>	<b>3</b>
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
<b>3 Zielsetzung und Vorgehensweise .....</b>	<b>25</b>
<b>4 Angewendete Werkstoffe, Anlagen, Messmethoden und Software .....</b>	<b>27</b>
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
<b>5 Analyse der Werkzeugbelastung bei der Umformung nicht-rotationssymmetrischer Bauteilgeometrien .....</b>	<b>39</b>
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

<b>6</b>	<b>Aufbau eines Modellversuchs zur experimentellen Erforschung des Ermüdungsverhaltens von Kaltmassivumformwerkzeugen .....</b>	<b>61</b>
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
<b>7</b>	<b>Untersuchung lokaler Vorspannungen durch Aussparungen im Armierungsverbund .....</b>	<b>75</b>
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 Werkzeugelebensdauer .....	99
<b>8</b>	<b>Untersuchung lokaler Vorspannungen durch das Einpressen von Spannstiften.....</b>	<b>105</b>
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 Werkzeugelebensdauer .....	130
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>135</b>
<b>10</b>	<b>Summary and outlook .....</b>	<b>139</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>143</b>