

# Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>v</b>
<b>1     Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2     Stand der Technik und Forschung .....</b>	<b>5</b>
2.1   Leichtbau durch den Einsatz von Aluminiumlegierungen.....	5
2.2   Ausscheidungshärtbare Aluminiumlegierungen .....	7
2.3   Thermisch unterstützte Umformverfahren ausscheidungshärtbarer Aluminiumlegierungen.....	10
2.3.1   Kaltumformung nach einer thermischen Vorbehandlung.....	11
2.3.2   Isotherme Umformung von Aluminiumlegierungen bei erhöhten Temperaturen.....	14
2.4   Abschreckumformung hochfester Aluminiumlegierungen.....	17
2.4.1   Umformeigenschaften und Wärmeübergang bei der Abschreckumformung.....	20
2.4.2   Abschreckbedingte Ausscheidungsbildung und Auslagerungsverhalten.....	25
2.4.3   Verfahrensbedingte Herausforderungen bei der Abschreckumformung.....	30
2.5   Aktuelle Trends und Möglichkeiten zur Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften .....	32
2.6   Methoden zur Erfassung zeitdiskreter Gefügeveränderungen.....	34
2.7   Zusammenfassende Bewertung .....	36
<b>3     Zielsetzung und methodische Vorgehensweise.....</b>	<b>39</b>
<b>4     Verwendete Werkstoffe, Versuchseinrichtungen und        Methoden.....</b>	<b>43</b>
4.1   Untersuchte Halbzeug- und Werkzeugwerkstoffe sowie eingesetzte Schmiermedien.....	43
4.2   Methoden zur thermischen und mechanischen Bauteilbehandlung sowie der Temperaturerfassung .....	45
4.2.1   Wärmebehandlung und Temperaturerfassung.....	45
4.2.2   Methoden für die gezielte Abkühlung von Aluminiumhalbzeugen.....	45

- 4.3 Methoden zur Werkstoffcharakterisierung ..... 48
  - 4.3.1 Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften  
mittels quasi-statischer Zugversuche ..... 48
  - 4.3.2 Werkstoffcharakterisierung mittels  
Warmzugversuche..... 49
  - 4.3.3 Charakterisierung mittels Makrohärtemessungen ..... 50
  - 4.3.4 Messmethode zur Erfassung des tribologischen  
Einsatzverhaltens..... 51
  - 4.3.5 In-Situ-Messung der Ausscheidungskinetik  
durch die Laser-Ultraschallmessung ..... 52
  - 4.3.6 Ermittlung der mikrostrukturellen  
Gefügeentwicklung mittels  
Rastertransmissionselektronenmikroskopie ..... 54
- 4.4 Modellversuche zur maßgeschneiderten  
Abschreckumformung ..... 55
- 4.5 Energieabsorption maßgeschneiderter  
Aluminiumbauteile ..... 57
- 4.6 Optische Messmethoden und Anlagen zur  
Bauteilcharakterisierung..... 57
- 4.7 Finite Elemente Methode..... 58
- 5 Prozessfensterermittlung für die lokal variierende  
Abschreckumformung auf Basis einer  
Sensitivitätsanalyse ..... 61**
  - 5.1 Einfluss der Werkzeugtemperatur, Haltezeit und  
Flächenpressung auf den Wärmeübergangskoeffizienten ..... 62
  - 5.2 Tribologische Eigenschaften von Schmierstoffen und  
Werkzeugbeschichtungen unter Abschreckbedingungen ..... 67
  - 5.3 Einfluss von Schmiermedien und  
Werkzeugbeschichtungen auf den Wärmeübergang  
zwischen Werkzeug und Halbzeug..... 72
  - 5.4 Mechanische Eigenschaften vor und nach einer  
vorgelagerten Auslagerungsoperation..... 74
  - 5.5 Zusammenfassende Bewertung der Sensitivitätsanalyse  
hinsichtlich variierender Prozessbedingungen bei der  
Abschreckumformung ..... 82

<b>6</b>	<b>Ermittlung der Ursache-Wirkungszusammenhänge bei der partiellen Abschreckumformung.....</b>	<b>85</b>
6.1	Prozessabhängiges Abkühlverhaltens in einem segmentierten Werkzeug.....	85
6.2	Charakterisierung und Modellierung des Werkstoffverhaltens bei unterschiedlichen thermomechanischen Beanspruchungen.....	89
6.2.1	Ermittlung des temperaturabhängigen Werkstoffverhaltens im uniaxialen Zugversuch.....	94
6.2.2	Modellierung des abschreck- und spannungsabhängigen Werkstoffverhaltens .....	98
6.3	Erarbeitung einer Methode zur zeitdiskreten Erfassung der Gefügeveränderungen.....	104
6.4	Bewertung und Gegenüberstellung prozessabhängiger Einflussfaktoren.....	123
<b>7</b>	<b>Prozessauslegung und -bewertung anhand von Demonstratorbauteilen .....</b>	<b>127</b>
7.1	Numerisch und experimentell gestützte Prozessauslegung....	127
7.2	Charakterisierung der hergestellten funktionsoptimierten Bauteile .....	136
7.3	Übertragung auf eine anwendungsnahe Bauteilgeometrie .....	143
7.4	Untersuchung des Einsatzpotenzials lokal funktionsoptimierter Bauteile .....	149
7.5	Zusammenfassende Prozessbewertung.....	154
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>157</b>
<b>9</b>	<b>Summary and outlook.....</b>	<b>161</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>165</b>