

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	v
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik und Forschung	5
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
3 Zielsetzung und methodische Vorgehensweise.....	39
4 Verwendete Werkstoffe, Versuchseinrichtungen und Methoden.....	43
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

Inhaltsverzeichnis

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 Ausscheidungskinematik 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

6	Ermittlung der Ursache-Wirkungszusammenhänge bei der partiellen Abschreckumformung.....	85
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
7	Prozessauslegung und -bewertung anhand von Demonstratorbauteilen	127
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
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	157
9	Summary and outlook.....	161
	Literaturverzeichnis.....	165