

Inhaltsverzeichnis

Vorabveröffentlichung von Inhalten	viii
Formelzeichen und Abkürzungen	x
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	3
2.1 Presshärten	3
2.1.1 Das direkte Presshärten und seine Anforderungen	3
2.1.2 Blech-Werkstoff für das Presshärten.....	4
2.1.3 Werkzeugfertigung.....	5
2.1.4 Kontaktbedingungen und Wärmehaushalt	6
2.1.5 Tribologie und Werkstofffluss beim Presshärten.....	7
2.1.6 Modellierung	11
2.2 Rapid Tooling durch additive Fertigungsverfahren.....	11
2.2.1 Verfahrensvarianten	12
2.2.2 Additiv gefertigte Umformwerkzeuge	16
2.2.3 Kühlkanalfertigung mittels Laserpulverauftragschweißens.....	18
2.3 Nachbearbeitung von Oberflächen durch Glattwalzen	20
2.3.1 Anwendungsgebiete des Glattwalzens	20
2.3.2 Analytische Modellierung des Glattwalzens.....	23
2.4 Fazit.....	28
3 Zielsetzung	30
4 Analyse der Herstellung von Werkzeugoberflächen mittels Laserpulverauftragschweißens und Glattwalzens	32
4.1 Experimentelle Analyse	32
4.1.1 Werkstoffe und Methoden.....	32
4.1.2 Ergebnisse und Diskussion zur Analyse der Oberflächeneigenschaften	40
4.2 Analytische Vorhersage der Oberflächenrauheit nach dem Glattwalzen	65
4.2.1 Beschreibung des analytischen Modells	65
4.2.2 Vorhersage der Rauheit	70
4.3 Fazit.....	73
5 Entwicklung der Kühlkanalfertigung mittels Laserpulverauftragschweißens	75
5.1 Experimentelle Erprobung von Baustrategien	75
5.2 Numerische Analyse von Kühlkanalgeometrien.....	80
5.3 Fazit.....	88

6 Analyse des Presshärtens mit oberflächennah gekühlten Werkzeugen und texturierten Oberflächen	90
6.1 Grundlagenversuche zur Beeinflussung des Wärmetübergangs über die Texturierung der Werkzeugoberfläche	90
6.2 Numerische Analyse des Wärmehaushalts anhand von Texturvariationen...	92
6.2.1 Aufbau des Simulationsmodells.....	92
6.2.2 Analyse des Presshärtens mit texturiertem Niederhalter.....	94
6.3 Numerische Analyse des Wärmehaushaltes anhand von Kühlkanalvariationen	
97	
6.3.1 Aufbau des Simulationsmodells.....	98
6.3.2 Analyse der Werkzeugtemperatur am Beispiel des Stempels.....	100
6.4 Fazit.....	102
7 Übertragung der Erkenntnisse auf ein Demonstrator-Bauteil	104
7.1 Experimentelle Erprobung eines Werkzeugs mit additiv gefertigten Kühlkanälen	105
7.1.1 Geometrische Analyse des Stempels.....	106
7.1.2 Presshärteversuche und Analyse der Werkzeugtemperaturen	107
7.2 Charakterisierung der Werkstückeigenschaften.....	110
7.3 Fazit.....	116
8 Zusammenfassung und Ausblick	117
Literaturverzeichnis	123
Anhang A: Einfluss der Seitenzustellung beim Glattwalzen des Ferro	131
Anhang B: Herleitungen zum analytischen Modell	132
Anhang C: Welligkeit weiterer Kühlkanalproben	134
Lebenslauf	CXXXV