

# Inhaltsverzeichnis

Content

<b>Formelzeichen und Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Technik in Forschung und Industrie .....</b>	<b>3</b>
2.1 Prozessbeschreibung und thematische Abgrenzung .....	3
2.2 Wissenschaftlicher Erkenntnisstand zur Werkstoffumwandlung .....	7
2.2.1 Einfluss des Ausgangsgefüges auf die Aufheizphase .....	7
2.2.2 Thermisch induzierte Effekte während der Haltephase .....	10
2.2.3 Bildung des gehärteten Gefüges bei der Abkühlung .....	11
2.2.4 Fazit zum Zeit-Temperatur-Verlauf des Härtevorgangs .....	12
2.3 Prozesstechnischer Einfluss der Strahlformungssysteme .....	14
2.3.1 Abhängigkeit des Temperaturfeldes von Intensitätsverteilungen ..	14
2.3.2 Intensitätsverteilung an der Strahlungsquelle .....	18
2.3.3 Optische Elemente zur statischen Strahlformung .....	20
2.3.4 Optische Elemente zur dynamischen Strahlformung .....	25
2.3.5 Fazit zu den technisch eingesetzten Intensitätsverläufen .....	28
<b>3 Zielsetzung, Aufgabenstellung und Vorgehensweise .....</b>	<b>31</b>
<b>4 Bewertungsgrößen des Laserstrahlhärtens .....</b>	<b>33</b>
4.1 Qualitätsmerkmale laserstrahlgehärteter Werkstücke .....	33
4.2 Fertigungskosten steigernde Prozessmerkmale .....	39
4.3 Fazit zu den Bewertungsgrößen .....	44
<b>5 Modell zur quantitativen Beschreibung der Bewertungsgrößen .....</b>	<b>45</b>
5.1 Aufbau des Modells .....	45
5.2 Modellierung des Temperaturfeldes .....	47
5.3 Beschreibung der metallurgischen Vorgänge .....	50
5.3.1 Austenitbildung und Homogenisierung .....	50
5.3.2 Bildung des gehärteten Gefüges bei der Abkühlung .....	53
5.4 Bestimmung der Qualitätsmerkmale des gebildeten Gefüges .....	55
5.4.1 Modellbeschreibung der Basismerkmale .....	55
5.4.2 Modellbeschreibung der Rückweisungsmerkmale .....	55
5.4.3 Modellbeschreibung der Leistungsmerkmale .....	57
5.4.4 Modellbeschreibung weiterer Berechnungsgrößen .....	62
5.5 Experimentelle Verifikation von Teilmodellen .....	67
5.6 Fazit zum Modell .....	70
<b>6 Modellbasierte Bewertung des Stands der Technik .....</b>	<b>73</b>
6.1 Verifikation des Modells am Vergleichsprozess .....	73
6.1.1 Experimentelles Vorgehen .....	73

6.1.2	Auswertung des Vergleichsprozesses .....	78
6.2	Definition des Optimums für den Vergleichsprozess .....	88
<b>7</b>	<b>Modellbegründete Herleitung optimierter Temperaturfelder .....</b>	<b>93</b>
7.1	Grundlegende Überlegungen .....	93
7.2	Herleitung optimierter Temperaturverläufe .....	95
7.2.1	Homogene Oberflächentemperatur lateral zum Vorschub .....	95
7.2.2	Homogene Oberflächentemperatur in Vorschubrichtung .....	97
7.2.3	Temperaturfelder unter Einfluss der Oxidation .....	104
7.2.4	Temperaturfelder zur Erzeugung eines feinkörnigen Gefüges .....	109
7.2.5	Temperaturfeld zur Optimierung des Eigenspannungszustandes .....	113
7.3	Fazit zur modellbegründeten Herleitung .....	115
<b>8</b>	<b>Experimentelle Validierung ausgewählter Profile .....</b>	<b>117</b>
8.1	Experimentelles Vorgehen .....	117
8.2	Versuche mit isothermer Oberflächentemperatur .....	118
8.3	Versuche mit dem Profil zur Reduktion der Korngröße .....	125
8.4	Versuche zur optimierten Eigenspannung .....	129
8.5	Fazit zur experimentellen Validierung .....	133
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>135</b>
9.1	Zusammenfassung .....	135
9.2	Ausblick .....	137
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>141</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>163</b>
	Anhang A: Simulative Näherung eines isothermen Temperaturfelds .....	164
	Anhang B: Annäherung der experimentellen Intensitätsverteilung .....	167
	Anhang C: Herleitung des Temperaturverlaufs innerhalb der Oxidschicht .....	169
	Anhang D: Prozessdiagramme .....	171