

Inhaltsverzeichnis

Content

Formelzeichen und Abkürzungsverzeichnis	III
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik in Forschung und Industrie	3
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 Härtvorgangs	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
3 Zielsetzung, Aufgabenstellung und Vorgehensweise	31
4 Bewertungsgrößen des Laserstrahlhärtens	33
4.1 Qualitätsmerkmale laserstrahlgehärteter Werkstücke	33
4.2 Fertigungskosten steigernde Prozessmerkmale	39
4.3 Fazit zu den Bewertungsgrößen	44
5 Modell zur quantitativen Beschreibung der Bewertungsgrößen.....	45
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
6 Modellbasierte Bewertung des Stands der Technik	73
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
7	Modellbegründete Herleitung optimierter Temperaturfelder	93
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
8	Experimentelle Validierung ausgewählter Profile.....	117
8.1	Experimentelles Vorgehen	117
8.2	Versuche mit isothermer Oberflächentemperatur.....	118
8.3	Versuche mit dem Profil zur Reduktion der Korngroße	125
8.4	Versuche zur optimierten Eigenspannung.....	129
8.5	Fazit zur experimentellen Validierung	133
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	135
9.1	Zusammenfassung.....	135
9.2	Ausblick.....	137
Literaturverzeichnis	141	
Anhang	163	
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	