

BERICHTE AUS DEM
INSTITUT FÜR
WERKSTOFFKUNDE



UNIVERSITÄT HANNOVER

WERKSTOFFTECHNIK

Dipl.-Ing. Tuan Anh Mai, Garbsen

Beitrag zur Prozeßsimulation beim Umschmelzen von Spritzschichten mit gepulster Nd:YAG-Laserstrahlung

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe **5**: Grund- und Werkstoffe

Nr. **505**

Inhaltsverzeichnis

Seite

Formelzeichen und Symbole	
Abstract	
1. Einleitung und Zielsetzung	1
2. Stand von Wissenschaft und Technik.....	3
2.1 Verfahren der Oberflächenbehandlung mit Laserstrahlung	3
2.2 Laserstrahlumschmelzen	4
2.2.1 Laserstrahlumschmelzen ohne Zusatzwerkstoff	4
2.2.2 Laserstrahlumschmelzen von Beschichtungen	5
2.2.2.1 Schichtaufbringung und -charakteristik	5
2.2.2.2 Laserstrahlumschmelzen thermisch gespritzter Schichten	6
2.3 Physikalische Grundlagen des Umschmelzprozesses	10
2.3.1 Absorption der Laserstrahlung	10
2.3.2 Wärmeleitung	12
2.3.3 Phasenumwandlung	15
2.3.4 Schmelzbaddynamik	17
2.3.5 Rasche Erstarrung und Gefügestruktur	21
2.4 Modellierung der Wärmeleitung	24
2.4.1 Lösungsmethoden für Wärmeleitungsmodelle	26
2.4.2 Numerische Lösung mit Hilfe der FDM	29
2.4.2.1 Grundlagen der Finite-Differenzen-Methode	29
2.4.2.2 Lösung des Wärmeleitungsproblems mit Phasenänderung	34
2.4.2.3 Prozeßmodelle zum Umschmelzen von Schichtsystemen	36
3. Aufgabenstellung.....	38
4. Versuchstechnik	40
4.1 Substrat- und Schichtwerkstoffe	40
4.2 Legierungsbildung, Zweistoffsystem Fe-Mo	42
4.3 Eingesetzte Laseranlagen	44
4.4 Versuchsdurchführung	45
4.5 Prüfverfahren zur Probenbeurteilung	45
5. Experimentelle Ergebnisse	46
5.1 Strahl/Werkstoff-Wechselwirkungsreaktionen	46
5.2 Gefügeanalyse der Umschmelzzone	50
6. Modellierung des Umschmelzprozesses	53
6.1 Quantitative Betrachtung anhand analytischer vereinfachter Lösung	53

	Seite
6.2 Numerische Prozeßsimulation.....	57
6.2.1 Physikalische Beschreibung.....	57
6.2.2 Mathematische Formulierung.....	59
6.2.3 Numerische Lösung.....	62
6.2.4 Stabilitätskriterium für den expliziten Kalkulationsalgorithmus.....	70
6.2.5 Ergebnisse und Diskussion.....	71
6.2.5.1 Einfluß simulationsspezifischer Größen.....	71
6.2.5.2 Einfluß werkstoffspezifischer Größen.....	73
6.2.5.3 Einfluß werkzeugspezifischer Größen.....	78
6.2.5.4 Prozeßparameteruntersuchung im Einzelpulsbetrieb.....	81
6.2.5.5 Prozeßparameteruntersuchung im Mehrpulsbetrieb.....	88
6.2.5.6 Berechnung der Erstarrungsparameter.....	91
7. Ergebnisvergleich Experiment-Simulation.....	95
7.1 Laserstrahlumschmelzen im Einzelpulsbetrieb.....	95
7.2 Laserstrahlumschmelzen im Mehrpulsbetrieb.....	99
7.3 Erstarrungsparameter und Gefügestruktur.....	102
8. Folgerung und Ausblick.....	105
9. Zusammenfassung.....	107
10. Literaturverzeichnis.....	109