

BERICHTE AUS DEM
INSTITUT FÜR
FERTIGUNGSTECHNIK
UND SPANENDE
WERKZEUGMASCHINEN
UNIVERSITÄT HANNOVER



PRODUKTIONSTECHNIK

Dipl.-Ing. Christoph-Graumann, Hannover

Beitrag zum Schweißen von Al_2O_3 -Keramik mit CO_2 -Laserstrahlung

Fortschritt-Berichte VDI
Reihe **2**: Fertigungstechnik

Nr. **474**

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	VII
Abstract	XVI
1. Einleitung	1
2. Stand der Technik und des Wissens	2
2.1. Keramische Werkstoffe	2
2.2. Fügen von Oxidkeramik	16
2.3. Modellbildung zum Laserstrahltiefschweißen.....	21
3. Aufgabenstellung	35
4. Vorgehensweise zur Lösung	36
4.1. Lösungskonzept.....	36
4.2. Versuchsanlage.....	37
4.3. Werkstoffe	42
4.4. Meßverfahren und Auswertetechnik.....	44
5. Untersuchungen zum Schweißen von Oxidkeramik mit CO₂-Laserstrahlung	48
5.1. Untersuchungen zum Blindschweißen von Al ₂ O ₃ und Al ₂ O ₃ -ZrO ₂	48
5.2. Untersuchungen zum Schweißen im Stumpfstoß von Al ₂ O ₃	49
5.2.1. Variation der Laserleistung, Vorschubgeschwindigkeit und Probendicke	49
5.2.2. Variation der Umgebungstemperatur	61
5.3. Untersuchungen zur Festigkeit geschweißter Verbindungen	64
5.4. Ermittlung der spezifischen Verdampfungsrate	67
5.5. Prozeßdiagnostik zur Ermittlung der Schmelzbad - und Dampfkapillargeometrie.....	68
6. Modellbildung zum Laserstrahltiefschweißen von Oxidkeramik	74
6.1. Zweidimensionale Berechnung der unbestimmten Schmelzbadgrenze	74
6.1.1. Bilanzierung der Energie- und Massenströme	75
6.1.2. Randbedingungen.....	85
6.1.3. Finite-Differenzen-Verfahren: Second Upwind Differencing	91
6.1.4. Konvergenz- und Stabilitätsverhalten des gekoppelten Systems Finiter-Differenzen-Gleichungen	93
6.2. Dreidimensionale Berechnung der unbestimmten Dampfkapillargrenze	98
6.2.1. Strahlausbreitung und Mehrfachreflexion.....	100
6.2.2. Bilanzierung der Energieströme in der Dampfkapillare	103
6.2.3. Abbruchkriterien	104
6.3. Verifizierung und Validierung des Modellansatzes: Sensitivitäts- und Ausgangsgrößenanalyse	108

7. Simulationsergebnisse und Diskussion	116
7.1. Dampfkapillar- und Schmelzbadgeometrie	116
7.2. Temperatur- und Strömungsfeldberechnung	120
8. Folgerungen für die Praxis und zukünftiger Forschungsbedarf.....	124
9. Zusammenfassung	128
10. Anhang.....	131
11. Literaturverzeichnis	133