FORTSCHRITT-BERICHTE VDI

Dipl.-Ing. Rainer Hamann, Hamburg

# Numerische Berechnung des instationären Temperaturfeldes im Schweißkörper für den nassen Plasma-MIG-Unterwasserschweißvorgang

Reihe **2**: Fertigungstechnik Nr. **378**

VDI VERLAG

# Inhaltsverzeichnis

**1 Einleitung** **1**

1.1 Problemstellung . . . . . 1

1.2 Stand des Wissens . . . . . 5

1.3 Ziel der Arbeit . . . . . 9

**2 Temperaturfeldberechnung mit der Finite-Element-Methode** **11**

2.1 Berechnung des instationären Temperaturfeldes . . . . . 11

2.1.1 Zeitintegrationsverfahren . . . . . 14

2.1.2 Berücksichtigung der latenten Wärme . . . . . 15

**3 Modellbildung und Simulation des bewegten Plasma-MIG-Lichtbogens** **17**

3.1 Plasma-MIG-Schweißverfahren . . . . . 19

3.2 Modell für den Plasma-MIG-Schweißprozeß . . . . . 21

3.3 Überprüfung des Modells . . . . . 26

**4 Wärmeübergang beim nassen Unterwasserschweißen** **31**

4.1 Wärmeübergang zum Wasser . . . . . 32

4.2 Wärmeübergang bei freier Konvektion . . . . . 34

4.2.1 Wärmeübergang an der waagerechten Platte . . . . . 35

4.3 Wärmeübergang beim Sieden . . . . . 39

4.3.1 Stilles Sieden . . . . . 40

4.3.2 Blasensieden . . . . . 40

4.3.3 Übergangssieden . . . . . 48

4.3.4 Stabiles Filmsieden . . . . . 51

4.3.5 Unterkühltes Sieden . . . . . 54

4.4 Stabilisierte Gaszone . . . . . 57

4.5 Sensitivitätsanalyse des Temperaturfeldes bezüglich des Wasserkontaktes . . . . 59

4.5.1 Wärmeübergangskoeffizient . . . . . 61

4.5.2 Radius der stabilisierten Gaszone . . . . . 73

**5 Versuche** **7**

5.1 Temperaturmessung . . . . . 7

5.2 Experimente und Meßdatenerfassung . . . . . 8

**6 Werkstoffeigenschaften** **9**

6.1 Sensitivität des Temperaturfeldes bezüglich der physikalischen Stoffeigenschaften 9

**7 Berechnung des instationären Temperaturfeldes im Schweißkörper** **10**

**8 Zusammenfassung** **12**

**Literatur** **12**