

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Problemstellung und Zielsetzung</b>	<b>6</b>
<b>3 Theoretische Grundlagen</b>	<b>11</b>
3.1 Physikalische Grundlagen . . . . .	11
3.1.1 Grundgleichungen der Elektrodynamik . . . . .	11
3.1.2 Grundgleichungen der Hydrodynamik . . . . .	15
3.1.3 Grundgleichungen der Wärmeübertragung . . . . .	17
3.2 Grundlagen der numerischen Berechnung partieller Differentialgleichungen . . . . .	20
3.2.1 Finite-Differenzen-Methode / Finite-Volumen-Methode . . . . .	21
3.2.2 Finite-Elemente-Methode . . . . .	23
<b>4 Modellierung</b>	<b>26</b>
4.1 Analytische Modellierung . . . . .	26
4.1.1 Abschätzung der thermischen Verluste . . . . .	26
4.1.2 Abschätzung der Schmelzenhöhe . . . . .	28
4.1.3 Abschätzung der Strömungsgeschwindigkeit . . . . .	29
4.1.4 Skalierungsregeln der geometrischen und elektrischen Prozessgrößen	30
4.2 Numerische Modellierung . . . . .	34
4.2.1 Elektromagnetisches Feld . . . . .	34
4.2.2 Berechnung der freien Oberfläche . . . . .	36
4.2.3 Strömungs- und Temperaturfeld . . . . .	41
4.2.4 Modellierung der Turbulenz . . . . .	44
4.2.5 Erstarrung der Schmelze . . . . .	48
<b>5 Messtechnik</b>	<b>50</b>
5.1 Bestimmung der elektrischen Prozessgrößen . . . . .	50
5.1.1 Messung der Induktorstromstärke . . . . .	50
5.1.2 Magnetometer . . . . .	52
5.1.3 Messung der induzierten Leistung . . . . .	53

5.2	Bestimmung der hydrodynamisch-thermischen Prozessgrößen . . . . .	54
5.2.1	Temperaturmessstifte . . . . .	54
5.2.2	Mantelthermoelement . . . . .	54
5.2.3	Messung der freien Oberfläche . . . . .	56
5.3	Strömungsmessung . . . . .	57
5.4	Bestimmung der Skulldicke . . . . .	59
5.5	Experimentelle Verifikation . . . . .	61
<b>6</b>	<b>Multiphysikalische Prozesssimulation</b>	<b>68</b>
6.1	Untersuchung des Strömungs- und Temperaturfeldes sowie der Skullbildung .	70
6.2	Entwicklung eines Kaltwand-Induktions-Tiegelofens für kleine Schmelzvolumen . . . . .	76
6.3	Entwicklung eines Kaltwand-Induktions-Tiegelofens für große Schmelzvolumen	89
6.4	Der Kaltwand-Induktions-Tiegelofen in monolithischer Bauweise . . . . .	98
6.5	Entwicklung eines Kaltwand-Induktions-Tiegelofens aus Aluminiumnitrid . .	103
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>113</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>119</b>
<b>Anhang</b>		
<b>Berechnung der Badkuppenfunktion</b>		<b>127</b>