

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Problemstellung und Zielsetzung	6
3	Theoretische Grundlagen	11
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
4	Modellierung	26
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
5	Messtechnik	50
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
6	Multiphysikalische Prozesssimulation	68
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
7	Zusammenfassung und Ausblick	113
	Literaturverzeichnis	119
	Anhang	
	Berechnung der Badkuppenfunktion	127