

Einfluss der Strömung und Erstarrungsbedingungen auf die Homogenität von kontinuierlich gegossenem Magnesium Dünnsband

Von der Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften

genehmigte Dissertation
vorgelegt von **Master of Engineering**

Jian Zeng

aus Chongqing, China

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karl Bernhard Friedrich
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Herbert Pfeifer

Tag der mündlichen Prüfung: 08. Oktober 2007

Inhaltsverzeichnis

Extended Abstract	1
1 Einleitung	1
2 Stand der Forschung und Technik	3
2.1 Magnesium und Magnesiumlegierungen – ein Überblick	3
2.1.1 Werkstoffphysikalische Grundlagen von Magnesium	3
2.1.1.1 Kristallgitter	4
2.1.1.2 Dichte und Dichteänderung	4
2.1.1.3 Spezifische Wärmekapazität	5
2.1.1.4 Schmelzwärme	6
2.1.1.5 Wärmeleitfähigkeit	6
2.1.1.6 Oxidationsneigung	7
2.1.1.7 Mechanische Eigenschaften	8
2.1.2 Einfluss von Legierungselementen	9
2.1.3 Magnesiumlegierungen	11
2.1.3.1 Magnesium Gusslegierungen	11
2.1.3.2 Magnesium Knetlegierungen	12
2.2 Chemische und thermo-physikalische Daten von MgAZ31	13
2.3 Dünnbandgießen	14
2.3.1 Kurzvorstellung der konkurrierenden Verfahren zum endabmessungsnahen Gießen	14
2.3.1.1 Dünnbrämmengießen	15
2.3.1.2 Vorbandgießen	16
2.3.1.3 Dünnbandgießen	18
2.3.2 Schalenaufbau und Gefügebildung beim Dünnbandgießen	21
2.3.2.1 Prinzip des Schalenaufbaus beim Dünnbandgießen	21
2.3.2.2 Schalenaufbau beim Magnesium Dünnbandgießen	22
2.3.2.3 Gefügebildung beim Magnesium Dünnbandgießen	23
2.3.3 Grundlagen der Modellierung und Simulation des Dünnbandgießens	25
2.3.4 Spezielle Aspekte des Dünnbandgießens von Magnesium	29
2.3.4.1 Motivation für das Dünnbandgießen von Magnesium	29
2.3.4.2 Technische Aspekte des Dünnbandgießens von Magnesium	30
3 Zielsetzung und Innovationsgrad der Arbeit	36
4 Aufbau und Umbau der Gleßwalzanlage	38
4.1 Grundausrüstung der verwendeten Zwei-Rollen-Gießwalzanlage	38
4.1.1 Funktion und Auslegung der Einzelkomponenten	39
4.1.1.1 Schmelzeinheit	39
4.1.1.2 Gießwalzeinheit	39
4.1.1.3 Niveauregulierung	40
4.1.1.4 Haspel	40

4.2	Anlagenoptimierung mit Unterstützung der FMEA Methode	40
4.2.1	Aufgabenanalyse	41
4.2.2	Fehleranalyse.....	42
4.2.3	Klassierung	43
4.2.4	Maßnahmen	44
5	Experimentelle Untersuchungen.....	47
5.1	Versuchsplanung.....	47
5.1.1	Definition der Einfluss- und Zielgrößen	47
5.1.2	Modellgestützter teilstatistischer Versuchsplan	51
5.2	Festlegung der konstanten Parameter anhand von Vorversuchen	51
5.2.1	Festlegung der Gießtemperatur	53
5.2.2	Festlegung von Schmelzeniveau und Setback.....	53
5.3	Bewertungsmethoden	54
5.3.1	Makroskopische Charakterisierung der Bänder	54
5.3.1.1	Geometrie	55
5.3.1.2	Bandoberfläche	57
5.3.1.3	Rissbildung	60
5.3.2	Mikroskopische Charakterisierung der Bänder.....	62
5.3.2.1	Gefügemorphologie	62
5.3.2.2	Chemische Seigerung.....	68
6	Parameterstudien an der Bandgussanlage	71
6.1	Einfluss der Prozessparameter auf Walzkraft, Seigerungen und Bandoberfläche	71
6.1.1	Qualifizierung des Modells	71
6.1.2	Einfluss der Prozessparameter auf die Walzkraft.....	73
6.1.3	Einfluss der Prozessparameter auf die Seigerungsneigung.....	76
6.1.4	Einfluss der Prozessparameter auf Oberflächenqualität	79
6.2	Festlegung des Prozessfensters durch statistische Versuchauswertung ...	83
7	Grundlagen der Numerische Simulation	85
7.1	Erhaltungsgleichungen der Strömungs- und Erstarrungssimulation.....	85
7.2	Turbulenzmodellierung	87
7.2.1	Standard-k- ϵ -Modell	88
7.2.2	Realizable k- ϵ -Modell	89
7.2.3	Wandgesetze	90
7.2.4	Modellierung der Erstarrung.....	92
7.3	Numerische Simulation	94
7.3.1	Geometrie und Rechennetz	94

7.3.2	Modellbildung und Randbedingungen	95
7.4	Ergebnisse der Simulation	98
7.4.1	Strömung und Erstarrung im Schmelzenpool.....	98
7.4.1.1	Strömungsfeld in der Gießlippe.....	98
7.4.1.2	Temperaturfeld in der Gießlippe	100
7.4.2	Temperaturfeld im Band.....	102
7.4.3	Variation von Spaltweite und Gießgeschwindigkeit.....	103
8	Zusammenfassende Bewertung von Experiment und Simulation	107
	Schrifttum.....	110
	Anhang	117