

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation	3
2	Bausteine für die schnelle Modellierung des Walzens	5
2.1	Schnelle Walzmodelle	5
2.2	Werkstoffverhalten bei der Warmumformung	7
2.2.1	Vorgänge während der Umformung	8
2.2.2	Vorgänge während der Pausenzeiten	12
2.3	Modellgleichungen für die Warmumformung	14
2.3.1	Empirische und phänomenologische Gleichungen	16
2.3.2	Metall-physikalische Modelle	28
2.4	Modellierungskonzepte für die Simulation des Warmwalzens	31
2.4.1	Temperaturmodelle	33
2.4.2	Prozessmodelle für das mehrstichige Warmwalzen	35
2.4.3	Materialmodelle für das Warmwalzen von Stahl	38
2.5	Bestimmung von Materialparametern und Prozessrandwerten	39
2.5.1	Direkte Bestimmung in Laborversuchen	40
2.5.2	Inverse Bestimmung durch Laborversuche und Simulation	41
2.6	Ableitung der Forschungsfragen	43
3	Designentscheidungen für die Modellbildung	45
3.1	Auswahl des Prozessmodells für das Grobblechwalzen	45
3.2	Auswahl des Konzepts zur Bestimmung der Materialparameter	45
3.3	Fazit und Aufgabenstellung	49
4	Materialparameteridentifikation anhand betrieblicher Daten	51
4.1	Kurzüberblick zum Grobblechwalzen von Stahl	51
4.1.1	Stahlgüten und Stahlgüteklassen	51
4.1.2	Rahmenbedingungen und Prozessbeschreibung	52
4.2	Schnelles Walzmodell	52
4.3	Optimierungsverfahren für das Parameteridentifikationsproblem	55
4.4	Architektur zur Identifikation von Materialmodellparametern	56
4.4.1	Konzept, Datenquelle und Ablauf	56
4.4.2	Auswahl und Integration der Materialmodelle	61
4.4.3	Bestimmung von Parametergrenzen	71
4.4.4	Bestimmung der Startwerte	74
4.4.5	Minimierung der Zielfunktion	78
4.4.6	Normierung der Stichdaten	88
5	Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion der Parameteridentifikation	96
5.1	Bewertung und Darstellung der Vorhersagequalität	96
5.2	Vorhersagequalität für komplexlegierte Stahlgüten	98
5.3	Vorhersagequalität für mikrolegierte Stahlgüten	103
5.4	Allgemeine Vorhersagequalität	109
5.5	Validierung des Parameteridentifikationskonzepts	110
5.5.1	Walzkraftvorhersagequalität in der betrieblichen Praxis	110
5.5.2	Auswirkungen auf die betriebliche Produktivität	114
6	Zusammenfassung, Fazit und Ausblick	116

A	Anhang	119
	A.1 Datenverwaltungsstruktur	119
	A.2 Filterung der Betriebsdaten	121
B	Liste der Abkürzungen	123
C	Liste der Formelzeichen	124
D	Literatur	126