***„Modellierung des Stoffflusses, der Gefüge- und
Eigenschaftsentwicklung beim Warmwalzen von
Flachprofilen aus Draht ausgewählter Stahlgüten“***

Der Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie
der Technischen Universität Bergakademie Freiberg

eingereichte

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

(Dr.-Ing.)

vorgelegt

von Dipl.-Ing. Victor Blinov

geboren am 04.11.1977 in Vologda

Freiberg, den 14. September 2004

Inhaltverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Literaturauswertung	3
2.1 Herstellungsmöglichkeiten von Flachprofilen aus Draht	3
2.2 Werkstofffluss	5
2.3 Temperaturentwicklung	8
2.4 Gefügeentwicklung bei Warmumformung	10
2.4.1 Erholung	10
2.4.2 Rekristallisation und Kornwachstum	11
2.4.3 Phasenumwandlung und mechanische Eigenschaften.....	14
2.5 Modellierung des Warmwalzens von Flachprofilen aus Draht	19
2.5.1 Modellierung des Stoffflusses.....	19
2.5.2 Temperaturmodell.....	22
2.5.3 Modellierung der Gefügeentwicklung.....	26
2.5.3.1 Kornwachstum beim Erwärmen.....	27
2.5.3.2 Erholung und Rekristallisation	28
2.5.3.3 Phasenumwandlung	34
2.5.4 Modellierung der mechanischen Eigenschaften	36
3 Aufgabenstellung	39
4 Versuchsdurchführung	42
4.1 Versuchswerkstoffe	43
4.2 Austenitisierungsversuche	43
4.2.1 Versuchsanlagen	44
4.2.2 Versuchsprogramm.....	44
4.3 Warmwalzversuche	46
4.3.1 Versuchsanlagen	47
4.3.2 Versuchsprogramm.....	48
4.3.2.1 Untersuchung der dynamischen Rekristallisation.....	48
4.3.2.2 Untersuchung des Austenitzustandes vor Phasenumwandlung	49
4.3.2.3 Umwandlungsstruktur und mechanische Eigenschaften.....	49

4.4	Umformdilatometrie	50
4.4.1	<i>Versuchsanlage</i>	50
4.4.2	<i>Versuchsprogramm</i>	51
4.5	Probennahme	51
4.5.1	<i>Austenitisierungsversuche</i>	51
4.5.2	<i>Walzversuche</i>	52
4.5.3	<i>Umformdilatometrie</i>	52
4.6	Metallographie	52
5	Ergebnisse und Diskussion	54
5.1	Stofffluss	54
5.2	Temperaturmodell.....	60
5.3	Kornwachstum während der Austenitisierung.....	61
5.4	Dynamische Rekristallisation	66
5.4.1	<i>Warmfließkurven</i>	66
5.4.2	<i>Dynamisch rekristallisierte Korngröße</i>	68
5.5	Austenitgefügeentwicklung nach dem Walzen (während der Abkühlung)	75
5.6	Phasenumwandlung und mechanische Eigenschaften.....	76
5.6.1	<i>Warmwalzversuche</i>	76
5.6.2	<i>Umformdilatometrie</i>	90
5.6.3	<i>Modellierung der Phasenumwandlung</i>	93
5.6.4	<i>Modellierung der mechanischen Eigenschaften</i>	94
6	Beschreibung des Computerprogramms zur Simulation des Warmwalzens von Flachprofilen aus Draht.....	96
6.1	Beschreibung der Eingabemasken	96
6.1.1	<i>Datei</i>	96
6.1.2	<i>Eingabe</i>	98
6.1.3	<i>Ausgabe</i>	101
6.1.4	<i>On line Hilfe</i>	108
6.2	Überprüfung der Gültigkeit des Computerprogramms	108
7	Schlussfolgerungen.....	110

8 Zusammenfassung.....	113
9 Abbildungen	115
10 Literaturverzeichnis	150