

# Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der verwendeten Symbole .....	I
<b>1 Motivation und Zielsetzung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Theoretische Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Empirische Materialmodelle zur konstitutiven Fließkurvenbeschreibung.....</b>	<b>6</b>
2.1.1 Ludwik.....	6
2.1.2 Hollomon.....	7
2.1.3 Voce.....	8
2.1.4 Cowper-Symonds .....	9
2.1.5 Johnson-Cook.....	9
2.1.6 Tanimura.....	12
<b>2.2 Mikrostrukturbasierte Materialmodelle zur konstitutiven Fließkurvenbeschreibung.....</b>	<b>14</b>
2.2.1 Zerilli-Armstrong .....	14
2.2.2 Modell des thermisch aktivierten Fließens .....	17
2.2.3 Ein-Variablen-Modell .....	20
<b>2.3 TRIP-Effekt .....</b>	<b>31</b>
2.3.1 Verformungsinduzierte Martensitbildung .....	31
2.3.2 Einfluss der chemischen Zusammensetzung und der Korngröße .....	34
2.3.3 Einfluss der Temperatur .....	36
2.3.4 Einfluss der Umformgeschwindigkeit .....	37
2.3.5 Das Modell von Olson und Cohen .....	38
<b>2.4 Physikalische Grundlagen der Thermografie .....</b>	<b>40</b>
<b>2.5 Feinblechstähle für den Automobilbau .....</b>	<b>42</b>
<b>2.6 Gefüge .....</b>	<b>43</b>
<b>2.7 Legierungskonzepte .....</b>	<b>44</b>
2.7.1 IF-Stähle .....	45
2.7.2 Mikrolegierte Stähle.....	45
2.7.3 TRIP-Stähle .....	48
2.7.4 Metastabile austenitische Stähle.....	49
<b>3 Methodische Vorgehensweise .....</b>	<b>51</b>

4	Untersuchte Werkstoffe .....	55
4.1	Chemische Analyse.....	55
4.2	Metallografie.....	56
5	Experimentelle Vorgehensweise .....	61
5.1	Charakterisierung der Mikrostruktur .....	61
5.1.1	Bestimmung des $\alpha$ -Martensitgehaltes.....	61
5.2	Quasistatischer Zugversuch.....	63
5.3	Dynamischer Zugversuch.....	66
5.3.1	Thermografiemessungen.....	68
5.4	Hydraulischer Tiefungsversuch .....	69
6	Ergebnisse aus Experimenten.....	73
6.1	Quasistatische Zugversuche .....	73
6.1.1	Magnetische Messungen.....	80
6.2	Dynamische Zugversuche .....	81
6.2.1	Bestimmung der Fließ- und Verfestigungskurven .....	81
6.2.2	Magnetische Messungen.....	95
6.2.3	Thermografiemessungen.....	95
6.3	Hydraulische Tiefungsversuche (Bulgetests) .....	97
6.4	Dehnratenwechselversuche .....	98
7	Ergebnisse aus der Modellierung .....	101
7.1	Ergebnisse der empirischen Materialmodelle .....	101
7.1.1	Ludwik.....	102
7.1.2	Hollomon.....	106
7.1.3	Voce.....	108
7.1.4	Cowper-Symonds .....	109
7.1.5	Johnson-Cook.....	110
7.1.6	Tanimura.....	112
7.2	Ergebnisse der mikrostrukturbasierten Materialmodelle .....	113
7.2.1	Zerilli-Armstrong .....	113
7.2.2	Modell des thermisch aktivierten Fließens .....	115
7.2.3	Ein-Variablen-Modell (OIV-Modell).....	116

7.3	Verformungsinduzierte Martensitumwandlung .....	127
7.4	Validierung des Modells .....	132
8	Diskussion.....	137
8.1	Empirische Modelle .....	139
8.2	Mikrostrukturbasierte Modelle .....	144
8.2.1	Kombination des OIV-Modells mit dem Modell nach Olson-Cohen .....	145
8.2.2	Berechnung der adiabatischen Erwärmung .....	146
8.2.3	Abschließende Bewertung der Modelle.....	148
9	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	151
10	Anhang.....	153
10.1	Quasistatische Zugversuche .....	158
10.2	Dehnratenwechselversuche .....	166
10.3	Dynamische Zugversuche .....	167
10.3.1	Ergebnisse der thermografischen Messungen.....	181
10.4	Empirische Modellierungen .....	182
10.4.1	Ludwik.....	182
10.4.2	Hollomon.....	185
10.4.3	Voce.....	188
10.4.4	Cowper-Symonds .....	192
10.4.5	Johnson-Cook.....	193
10.4.6	Tanimura.....	196
10.5	Kombination von empirischen Modellen.....	197
10.6	Mikrostrukturbasierte Modelle .....	199
10.6.1	Zerilli-Armstrong .....	199
10.6.2	OIV-Modell .....	200
10.7	Verformungsinduzierte Martensitumwandlung .....	203
11	Literaturverzeichnis.....	207
	Lebenslauf .....	215