

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der verwendeten Symbole	I
1 Motivation und Zielsetzung	1
2 Theoretische Grundlagen	3
2.1 Empirische Materialmodelle zur konstitutiven Fließkurvenbeschreibung.....	6
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
2.2 Mikrostrukturbasierte Materialmodelle zur konstitutiven Fließkurvenbeschreibung.....	14
2.2.1 Zerilli-Armstrong	14
2.2.2 Modell des thermisch aktivierten Fließens	17
2.2.3 Ein-Variablen-Modell	20
2.3 TRIP-Effekt	31
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
2.4 Physikalische Grundlagen der Thermografie	40
2.5 Feinblechstähle für den Automobilbau	42
2.6 Gefüge	43
2.7 Legierungskonzepte	44
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
3 Methodische Vorgehensweise	51

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 α -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