

Inhaltsverzeichnis

1	Phasenumwandlungen und Ausscheidungsbildung in festem Zustand in Stählen	1
1.1	Umwandlungsprodukte aus diffusiver Umwandlung	1
1.2	Umwandlungsprodukte aus Schiebungsumwandlungen	2
1.3	Zwischenstufengefüge - Bainit	3
1.4	Bildung von Ausscheidungen beim Nitrieren	3
2	Modelle für die Umwandlungsplastizität	7
2.1	Mikromechanische Aspekte bei Phasenumwandlungen	8
2.2	Analytische und semianalytische Umwandlungsplastizitätsmodelle	9
2.2.1	Das Modell von Magee	9
2.2.2	Das Modell von Greenwood and Johnson	11
2.2.3	Das Modell von Leblond	12
2.2.4	Das Modell von Mitter und Fischer	14
2.2.5	Modifiziertes Modell für diffusive Umwandlungen und kleine Umwandlungsfractionen	17
2.2.6	Einfluß einer Verfestigung der Matrix auf die Umwandlungsplastizität . .	21
2.3	Numerische Modelle für die Umwandlungsplastizität	23
2.3.1	Modell nach Leblond et al.	24
2.3.2	Modell nach Mitter	27
2.3.3	Modell nach Sjöström et al. für diffusive Umwandlungen	30
2.3.4	Zweidimensionale Modelle für diffusive Umwandlungen	35
2.3.5	Dreidimensionale Modelle für diffusive Umwandlung	41
2.3.6	Das Modell nach Ganghoffer et al. für martensitische Umwandlungen . .	44
2.3.7	Ein achsialsymmetrisches Modell für martensitische Umwandlungen . . .	45

3	Eigenspannungsberechnungen in Verbundwalzen während einer Wärmebehandlung	53
3.1	Einleitung	53
3.2	Beschreibung der Modellierung	55
3.2.1	Das Finite-Element-Modell	55
3.2.2	Wärmebehandlung	56
3.2.3	Temperaturfeld	56
3.3	Materialdaten	56
3.3.1	Materialdaten für die Temperaturfeldsimulation	56
3.3.2	Materialdaten für die Spannungsanalyse	57
3.4	Ergebnisse	63
3.4.1	Beschreibung der Spannungsverläufe	63
3.4.2	Einfluß der Umwandlungsplastizität	69
4	Numerische Simulation der Entstehung von Eigenspannungen während des Nitrierens	71
4.1	Berücksichtigte metallurgische Prozesse	72
4.1.1	Volumsdehnung	73
4.1.2	Entwicklung der Stickstoffverteilung in Reineisen und unlegierten Kohlenstoffstählen	75
4.1.3	Entwicklung der Stickstoffverteilung in legierten Stählen	76
4.1.4	Materialbeschreibung	79
4.1.5	Verfestigung des Materials während des Nitrierens	79
4.1.6	Umwandlungs- bzw. Ausscheidungsplastizität	82
4.2	Simulation	83
4.2.1	Das Finite-Element-Modell	83
4.2.2	Materialparameter	83
4.2.3	Ergebnisse	84
4.3	Zusammenfassung	97
5	Programmbeschreibung HEATTREAT	99
5.1	Einleitung	99
5.2	Materialmodell	100

5.2.1	Grundgleichungen	100
5.2.2	Integration des elasto - plastischen, gemischt isotrop - kinematischen Modells	100
5.2.3	Thermische Dehnung	104
5.2.4	Umwandlungsdehnungsrate	104
5.2.5	Kriechdehnungsrate	104
5.3	Materialbeschreibung während der Phasenumwandlung	105
5.3.1	Umwandlungsfraction, Kinetik	105
5.3.2	Arbeitslinien	105
5.3.3	Umwandlungsplastizität	108
5.4	Anwendung	111
5.5	Konvergenzverhalten	112
5.6	Beispiel	113
6	Zusammenfassung	116