



# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>0</b>	<b>Einleitung</b> ..... 7
<b>1</b>	<b>Technisch-wissenschaftlicher Erkenntnisstand</b> ..... 8
<b>2</b>	<b>Thermisches Modell</b> ..... 12
2.1	Zielstellung ..... 12
2.2	Lösungsweg ..... 13
<b>3</b>	<b>Ziehen und Wärmebehandeln von Draht</b> ..... 15
3.1	Mechanische und thermische Verhältnisse beim Drahtziehen ..... 15
3.1.1	Erwärmung durch Umformung ..... 15
3.1.1.1	Wärmeübergang im Festkörperkontakt ..... 17
3.1.1.2	Umformzone ..... 18
3.1.1.3	Näherungslösungen nach dem Vorgehen von <i>SIEBEL/KOBITZSCH</i> ..... 20
3.1.1.4	Thermische Draht-Ziehdüse-Kopplung ..... 21
3.1.1.4.1	Näherungsverfahren ..... 21
3.1.1.4.2	Temperaturmessung im Ziehwerkzeug ..... 27
3.1.1.4.3	Numerisches Beispiel ..... 30
3.1.1.5	Thermische Zugfolgenberechnung ..... 35
3.1.1.5.1	Unterteilung der Drahtlänge ..... 36
3.1.1.5.2	Aneinanderfügen der Drahtabschnitte ..... 37
3.1.1.5.3	Anwendung auf Mehrfachzug ..... 42
3.1.2	Drahtkühlung ..... 45
3.1.2.1	Kühlrohr ..... 46
3.1.2.2	Ziehtrommel ..... 47
3.1.2.2.1	Mechanische Randbedingungen ..... 47
3.1.2.2.2	Thermische Randbedingungen ..... 48
3.1.2.2.2.1	Ziehtrommelwandung ..... 49
	<i>a) Ziehtrommelaußenwand</i> ..... 49
	<i>b) Ziehtrommelinnenwand</i> ..... 50
3.1.2.2.2.2	Drahtoberfläche ..... 50
3.1.2.2.3	Näherungsformeln für Temperaturen von Trommel und Draht ..... 51
3.1.2.2.3.1	Trommeltemperatur ..... 51
3.1.2.2.3.2	Drahttemperatur ..... 51
	<i>a) Drahttemperatur am Trommelablauf</i> ..... 51
	<i>b) Drahttemperatur am Trommelauflauf</i> ..... 52
3.1.2.2.4	Thermische Draht-Ziehtrommel-Kopplung ..... 53
3.1.2.2.5	Anwendung ..... 55
3.1.2.3	Luft- und Ziehmitteleinfluß ..... 58
3.1.3	Drahtdurchmesser, Schmierfilmdicke und Wärmeübergang ..... 59
3.1.3.1	Experimentell-rechnerisches Verfahren ..... 61
3.1.3.2	Beispiel ..... 63



3.2	Wärmebehandlung .....	65
3.2.1	Konduktives Drahterwärmen im Durchlauf .....	65
3.2.2	Numerisches Beispiel .....	68
3.2.3	Temperatursteuerung .....	70
3.3	Werkstoffreaktion .....	72
3.3.1	Phänomenologisches Modell .....	72
3.3.1.1	Diffusion .....	72
	<i>a) Lamelle</i> .....	73
	<i>b) Faser</i> .....	75
	<i>c) Kugel</i> .....	76
3.3.1.2	Reaktionskinetik .....	80
3.3.1.2.1	Rekristallisation .....	80
3.3.1.2.2	Kornwachstum .....	82
3.3.1.3	Verallgemeinerung .....	83
3.3.2	Parameteridentifikation .....	86
3.3.2.1	Numerisches Verfahren .....	86
3.3.2.2	Beispiel .....	87
3.3.3	Ausblick .....	99
<b>4</b>	<b>Schlußfolgerungen und Zusammenfassung</b> .....	<b>103</b>
	<b>Symbole und Abkürzungen</b> .....	<b>106</b>
	<b>Quellenverzeichnis</b> .....	<b>110</b>
	<b><u>Anhang A</u></b> .....	<b>127 - 256</b>
	Inhalt Anhang A .....	128
A2.3	Temperaturfeld im axial bewegten Vollzylinder (Draht) .....	131
A2.4	Temperaturfeld im endlich langen Hohlzylinder (Ziehwerkzeug) .....	188
A2.5	Thermische Kopplung von Hohlzylinder und hindurchbewegtem Vollzylinder .....	217
A2.6	Thermoelastische Spannungen und Formänderungen .....	228
A3.1.1.3	Näherungslösungen nach dem Vorgehen von <i>SIEBEL/KOBITZSCH</i> .....	241
A3.1.2.2.1	Mechanische Randbedigungen - Schollen des Drahtes .....	247
	<b><u>Anhang B</u></b> .....	<b>257 - 312</b>
	Anmerkungen zu den Kapiteln .....	
	<b><u>Anhang C</u></b> .....	<b>313 - 348</b>
	<b><u>HP48/HP50-Programme:</u></b>	
	- Approximation der Besselfunktionen .....	314
	- Thermische Zugfolgenberechnung .....	317
	- Temperaturberechnung im axial bewegten Vollzylinder .....	329
	- Drahtabkühlung auf einer Ziehtrommel .....	340
	- Hilfsprogramme .....	348