

# KALANDRIEREN VON POLYMEREN

Mit 99 Bildern und 24 Tabellen



Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie GmbH · Leipzig

# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einführung .....	9
2. Der Kalandrierprozeß.....	13
2.1. Besonderheiten des Deformationsmechanismus im Walzenspalt .....	13
2.2. Einfluß des technologischen Regimes auf das qualitative Prozeßbild.....	18
2.3. Einfluß des Charakters der technologischen Prozesse auf das qualitative Bild der Deformation .....	21
2.4. Einige konstruktive Möglichkeiten der rationellen Veränderung des qualitativen Prozeßbildes.....	24
3. Kalandrierlinien .....	28
3.1. Klassifikation .....	28
3.2. Baugruppen .....	30
3.2.1. Walzen .....	30
3.2.2. Stelleinrichtung für den Walzenabstand.....	34
3.2.3. Walzenlager .....	35
3.2.4. Kalandrierständer .....	35
3.2.5. Antrieb.....	37
3.3. Kenngrößen .....	38
3.4. Zusatzeinrichtungen.....	39
3.4.1. Einrichtungen zum Zuführen der Mischungen .....	40
3.4.2. Speichereinrichtungen .....	41
3.4.3. Einrichtungen zur Zusatzbehandlung.....	42
3.4.4. Bahnführungseinrichtungen .....	43
3.4.5. Meßeinrichtungen .....	44
3.5. Arbeitsvorgänge und deren Kenngrößen.....	45
3.5.1. Arbeitsvorgänge zum Kalandrieren von glatten und profilierten Platten.....	46
3.5.2. Arbeitsvorgänge zum Friktionieren und Belegen von Geweben.....	47
3.5.3. Arbeitsvorgänge zum Dublieren .....	50
3.5.4. Verarbeitungshinweise.....	50
4. Modellierung des Kalandrierprozesses .....	52
4.1. Grundgleichungen und Randbedingungen zur Modellierung von Formungsprozessen .....	52
4.2. Theoretische Grundlagen der Strömung anormalviskoser und thermoplastischer Materialien im Walzenspalt von Kalandern .....	56

4.2.1.	Aufgabenstellung und Bestimmung der Berechnungsgleichungen.....	56
4.2.2.	Darstellung der Strömungslinien.....	66
4.2.3.	Sonderfälle der Berechnungsgleichungen für ebene Strömungen.....	71
4.3.	Modelle des isothermen und nichtisothermen Kalandrierprozesses .....	76
4.3.1.	Allgemeine Strukturelemente des Algorithmus .....	76
4.3.2.	Berechnungsalgorithmus für die energetischen Parameter der isothermen Strömung einer Potenzflüssigkeit im Spalt zwischen zwei sich drehenden Walzen.....	80
4.3.3.	Berechnungsalgorithmus für den Spannungszustand des Materials im Walzenspalt eines Kalanders bei tabellarischer Vorgabe des rheologischen Fließgesetzes.....	83
4.3.4.	Theoretische Grundlagen des nichtisothermen Kalandrierprozesses .....	89
4.4.	Modellierung spezifischer Randprobleme .....	98
4.4.1.	Modellierung der Walzenspaltgeometrie.....	98
4.4.2.	Modellierung der Querströmung und der Profilierung des Materials im Kalander .....	102
4.4.3.	Modellierung des Kalandrierprozesses unter Berücksichtigung des Wandgleiteffektes .....	116
4.5.	Modellierung des Kalandrierprozesses viskoelastischer Materialien.....	121
5.	Theoretische Grundlagen der Intensivierung des Kalandrierprozesses .....	143
5.1.	Berechnung der konstruktiven Gestaltung des Arbeitsspalters zur Verbesserung der Entgasung .....	143
5.1.1.	Inhalt des Algorithmus .....	144
5.1.2.	Analyse der Strömungskinetik des Materials im kombinierten Kalanderspalt .....	151
5.1.3.	Energetische Prozeßparameter .....	153
5.1.4.	Möglichkeiten zur Senkung der Schrumpfung auskalandrierter Produkte .....	155
5.1.5.	Industrielle Anwendung keilförmiger Einbauten periodischer Geometrie.....	160
5.2.	Grundlagen der optimalen Gestaltung des Belegungsprozesses armerter Trägermaterialien .....	163
5.2.1.	Allgemeine Struktur der mathematischen Modelle .....	164
5.2.2.	Die gesetzmäßige Entwicklung der Festigkeit einer Verbindung von Metallkord mit Kautschukmischung.....	172
5.3.	Grundlagen zur Berechnung des hochproduktiven Formungsprozesses von Thermoplastfolie mit verringerter thermischer Schrumpfung.....	179
5.3.1.	Modellierung der nichtisothermen Polymerströmung in der Kalibrierzone.....	181

5.3.2.	Einfluß der Verarbeitungsregime auf die thermische Schrumpfung von Thermoplasten .....	188
5.4.	Plastizierung granulierter Thermoplaste nach der Walzenmethode .....	195
5.4.1.	Qualitatives Bild des Prozesses.....	195
5.4.2.	Oberflächenplastizierung von granulierten Thermoplasten.....	197
6.	Konstruktionen von Intensivierungseinrichtungen an Walzenmaschinen für die Verarbeitung unterschiedlicher Materialien.....	205
6.1.	Keilförmige Einrichtungen zur Homogenisierung und Entgasung polymerer Materialien .....	205
6.2.	Keilförmige Einrichtungen zum Belegen von Stahl- und Gewebekord .....	221
6.3.	Vibrationskeil.....	226
6.4.	Keilspalttechnologie als Viskosimeterströmung.....	227
7.	Grundlagen der Steuerung des Kalandrierprozesses.....	232
7.1.	Systemtechnische Aspekte des Kalandrierprozesses.....	232
7.2.	Programmtechnische Beschreibung eines Kalanders als wichtigstes Teilsystem einer Kalandrierlinie .....	237
7.2.1.	Antriebsleistung eines Kalanders.....	238
7.2.2.	Temperaturen im Kalander .....	239
7.2.3.	Foliendickenschwankungen, Foliendicke und Durchsatz eines Kalanders .....	240
7.2.4.	Maximale Drücke, Spaltlasten und maximale Schubspannungen im Kalander .....	241
7.3.	Charakterisierung der Ausgangssituation bei der Optimierung eines Kalanders.....	243
7.3.1.	Zielfunktionen .....	244
7.3.2.	Optimierungsvariablen .....	245
7.3.3.	Nebenbedingungen .....	247
7.4.	Anwendung der statistischen Modelle zur Lösung der mehrdimensionalen Optimierungsaufgaben und Polyoptimierung.....	248
7.5.	Anwendung analytischer Modelle zur Lösung mehrdimensionaler Optimierungsaufgaben.....	252
8.	Grundrichtungen der Entwicklung des Kalandrierprozesses .....	254
	Literaturverzeichnis .....	258
	Anhang .....	264
	Sachwörterverzeichnis .....	289