

Inhalt

Vorwort	IX
Über den Autor	XI
1 Einführung in die Methode der Finiten Elemente	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Anwendungsfelder der Finiten-Elemente-Methode	2
1.3 Grundlagen der Modellbildung	4
1.3.1 Anforderungen an Modelle	5
1.3.2 Verfahren der Modellbildung	6
1.3.3 Anforderungen an den Modellbildner	8
1.3.4 Modellvalidierung und Modellverifikation	10
1.4 Finite-Elemente-Modellierung	12
1.5 Grundregeln zur korrekten Anwendung der FEM	14
1.5.1 Fehlerquellen	14
1.5.2 Netzaufbau	15
1.5.3 Genauigkeit der Ergebnisse	17
2 Simulation des Füllprozesses	21
2.1 Einleitung	21
2.2 Zeitpunkte für Füllsimulationen	22
2.3 Ablauf einer Füllsimulation	26
2.4 Netzaufbau und Modellerstellung	29
2.4.1 Kunststoffgerechte Auslegung des Formteils	29
2.4.2 Auslegung des Angusses	36
2.4.3 Auslegung des Kühlsystems	41

2.4.4	Grundlagen der Strömungstechnik	47
2.4.5	Netzaufbau	60
2.4.6	Bewertung der Netzqualität	64
2.4.4.1	Netzqualität im Moldex3D	68
2.4.4.2	Netzqualität im Autodesk Moldflow Insight	81
2.4.4.3	Netzqualität im CADMOULD	104
2.4.4.4	Fazit	117
2.5	Abbildung des Spritzgießprozesses	117
2.5.1	Kompaktspritzgießen	118
2.5.2	Mehrkomponentenspritzgießen	128
2.5.3	Sandwichspritzgießen	131
2.5.4	Gasinnendruck-Verfahren	132
2.5.5	Spritzprägen	133
2.5.6	Thermoplast-Schaumspritzgießen	135
2.5.7	Spritzgießen mit Elastomeren und Duromeren	137
2.5.8	Ansätze zur numerischen Simulation des Aufschmelzverhaltens	139
2.6	Grundlagen der Materialdaten	141
2.6.1	Aufbau der Kunststoffe	142
2.6.2	Rheologisches Verhalten der Kunststoffschmelze	144
2.6.3	Das p-v-T-Diagramm	151
2.6.4	Bestimmung der thermischen Kennwerte	155
2.6.5	Die Wärmekapazität	159
2.6.6	Die Wärmeleitfähigkeit	161
2.6.7	Der Wärmeausdehnungskoeffizient	163
2.6.8	Mechanische Kennwerte	165
2.6.9	Orientierungseffekte	166
2.6.10	Kristallisation von Kunststoffen	172
2.6.11	Werkstoffauswahl für Kunststoffformteile	175
2.7	Qualität der Spritzgießsimulation	176
2.8	Die Ergebnisinterpretation	180
2.8.1	Das Füllbild	181
2.8.2	Die Fließfronttemperatur	192
2.8.3	Die Temperaturverteilung im Formteil	193

2.8.4	Die Druckverteilung im Formteil	195
2.8.5	Die Scherung im Formteil	197
2.8.6	Die Schwindung des Formteils	198
2.8.7	Die Faserorientierung im Formteil	199
2.8.8	Der Verzug des Formteils	199
2.8.9	Die Kühlung des Formteils	201
2.8.10	Auswertung mittels automatisierter Variantenanalyse	203
3	Druckverluste im Spritzgießprozess	211
3.1	Stand der Wissenschaft	211
3.2	Prozessmesstechnik	217
3.2.1	Drucksensoren	218
3.2.2	Temperatursensoren	221
3.2.3	Volumenstromsensoren	223
3.2.4	Aufbau eines messtechnischen Umfelds	225
3.3	Durchführung der Spritzgießversuche	227
3.3.1	Verwendete Werkstoffe	227
3.3.2	Vorbereitung der Spritzgießversuche	228
3.3.3	Auswertung der Spritzgießversuche	230
3.4	Durchführung der Spritzgießsimulationen	233
3.4.1	Aufbau des Simulationsmodells	233
3.4.2	Auswertung der Spritzgießsimulationen	237
3.5	Unterschiede zwischen dem realen Spritzgießprozess und der Spritzgießsimulation	242
	Literatur	249
	Index	257