

Inhalt

Der Autor	V
Vorwort	VII
1 Der Spritzgießprozess	1
1.1 Verfahrensablauf	1
1.2 Die Maschinen- und Anlagentechnik	3
1.2.1 Schließeinheit	4
1.2.1.1 Mechanische Systeme	5
1.2.1.2 Elektrische Systeme	5
1.2.1.3 Baulänge der Schließeinheit	5
1.2.2 Einspritzeinheit	6
1.2.3 Antrieb	6
1.2.4 Steuerung	7
2 Fachsprache	9
2.1 Spritzgießmaschine	9
2.2 Werkzeug	15
2.3 Spritzgießprozess	26
2.4 Werkstoff Kunststoff	35
3 Die Einstellung der Verarbeitungsgrößen	39
3.1 Basisdaten für die Grundeinstellung	41
3.1.1 Schussgewicht	42
3.1.2 Fließweglänge	42
3.1.3 Mittlere Wanddicke	43
3.1.4 Zu verarbeitender Kunststoff	43

3.1.5	Formteilklassse	43
3.1.6	Projizierte Formteifläche	44
3.2	Grundeinstellung	45
3.2.1	Temperaturen	45
3.2.1.1	Schmelztemperatur	45
3.2.1.2	Werkzeugtemperatur	47
3.2.1.3	Düsentemperatur/Heißkanaltemperatur	47
3.2.2	Dosieren	48
3.2.3	Einspritzen und Nachdrücken	53
3.2.3.1	Einspritzvorgang	53
3.2.3.2	Umschalten auf Nachdruck	54
3.2.3.3	Nachdruckvorgang	56
3.2.4	Kühlzeit	57
3.3	Korrektur der Grundeinstellung	58
3.3.1	Erster Korrekturschritt (ohne Nachdruck)	58
3.3.2	Zweiter Korrekturschritt (mit Nachdruck)	59
3.4	Optimierung der Grundeinstellung	60
3.4.1	Unvollständige Werkzeugfüllung	61
3.4.2	Einfallstellen	61
3.4.3	Gratbildung	62
3.4.4	Sichtbare, schlechte Bindenähte	63
3.4.5	Freistrahlbildung	63
3.4.6	Rillenbildung (Schallplatteneffekt)	65
3.4.7	Schlieren auf der Oberfläche	65
3.4.8	Brandstellen (Diseleffekt)	66
3.4.9	Matte Stellen in Anschnittnähe	67
3.4.10	Glanzunterschiede auf der Oberfläche	67
4	Spritzgießrelevante Kunststoff-Eigenschaften	69
4.1	Fließeigenschaften von Kunststoffen	69
4.1.1	Zusammenhang von Druck und Geschwindigkeit (Hagen-Poiseuille)	69
4.1.2	Viskosität	70
4.1.2.1	Einfluss der Schergeschwindigkeit auf die Viskosität	71
4.1.2.2	Einfluss der Temperatur auf die Viskosität	73
4.1.3	Kombinierter Einfluss von Geschwindigkeit und Temperatur (Badewannenkurve)	73
4.1.4	Quellfluss	74
4.1.5	Fehlersuche mit Quellflussanalyse	76

4.2	Prozessablauf beim Einspritzen und Nachdrücken	77
4.2.1	Zusammenhang zwischen spezifischem Druck, Volumen und Temperatur (pVT -Diagramm)	77
4.2.2	Druck-Zeit-Verlauf, Druckkurven	79
4.2.3	Einspritzgeschwindigkeit	84
4.2.4	Nachdruckphase	86
4.2.4.1	Nachdruckzeit	86
4.2.4.2	Nachdruckhöhe	87
4.3	Formteilgestaltung	90
4.3.1	Fließweg-Wanddicken-Verhältnis	90
4.3.2	Füllbild	90
4.3.2.1	Bindenähte und Fließnähte	92
4.3.2.2	Faltenwurf	93
4.3.2.3	Brenner/Dieseleffekt	94
4.3.2.4	Schlecht füllende Bereiche	95
4.4	Innere Eigenschaften von Kunststoffen	95
4.4.1	Orientierungen	96
4.4.2	Spannungen	97
4.4.3	Kristallisation	98
4.5	Temperaturen und Wärmevergänge in Kunststoffen	100
4.5.1	Abkühlung (Berechnung)	101
4.5.2	Abkühleigenschaften, Bindenahtfestigkeit	104
4.5.3	Einfluss der Werkzeugtemperatur auf die Formteildimension	106
4.5.4	Temperaturgleichgewicht	108
4.5.5	Schmelzetemperatur	110
4.5.6	Einfluss der Temperatur auf die Entformung und allgemeine Entformungsprobleme	111
4.5.7	Verweilzeit und Materialabbau	112
5	Spritzgieß-Sonderverfahren	113
5.1	Spritzgießen mit Treibmitteln	113
5.1.1	TSG-Verfahrenstechnik (Thermoplast-Schaum-Spritzgießen)	115
5.1.2	Gasgedrückt-Verfahren	117
5.2	Gasinnendrucktechnik (GIT)	118
5.2.1	Druckverlauf bei der Gasinnendrucktechnik	119
5.2.2	Standard-GIT-Verfahren	121
5.2.2.1	Gestaltung von GIT-Teilen	123
5.2.2.2	Verfahrenstechnik beim Standard-GIT-Verfahren	125

5.2.3	Ausblasverfahren	127
5.2.3.1	Nebenkavitätenverfahren	129
5.2.3.2	Masserückdruckverfahren	130
5.2.4	Fehlerbeseitigung beim GIT-Prozess	131
5.3	Gas-Außendrucktechnik	134
5.4	Spritzprägen	136
5.4.1	Allgemeines zum Verfahren	136
5.4.2	Großflächiges Spritzprägen	137
5.4.3	Partielles Prägen	138
5.4.4	Passives Prägen	139
5.4.5	Prozessführung beim großflächigen Spritzprägen	140
5.4.6	Prozessführung beim Prägen mit Verdrängerkernen	141
5.4.7	Prozessführung beim passiven Prägen	141
5.5	Mehrkomponentenspritzgießen	142
5.5.1	Overmolding-Verfahren	142
5.5.1.1	Allgemeines	142
5.5.1.2	Spezielle verfahrenstechnische Kenntnisse	146
5.5.2	Sandwichmolding-Verfahren	147
5.5.2.1	Allgemeines	147
5.5.2.2	Einspritzfolge beim Sandwichverfahren	148
5.5.2.3	Spezielle produktbezogene Kenntnisse	152
5.5.2.4	Verfahrenstechnik	155
5.5.2.5	Standard-Sandwichtechnik	155
5.5.2.6	Monosandwich-Verfahren	158
5.5.2.7	Allgemeine Fehlerbehebung	159
5.6	Plastifizieren mit Entgasung	159
6	Die letzten Schritte zur Qualität	161
6.1	Dokumentation und Überwachung	162
6.1.1	Kontinuierliche, chronologische Überwachung	162
6.1.1.1	Die Bedeutung einzelner Prozessparameter	162
6.1.1.2	Mögliche Fehlerfrequenz	168
6.1.2	Statistical Process Control (SPC)	170
6.1.2.1	Dokumentation mit statistischen Kennwerten	171
6.1.2.2	Regelkarten	173
6.1.2.3	Strategie einer Regelung der Qualität	174
6.1.2.4	Auswahl der Parameter	176
6.1.3	Überwachung mit Prozessmodellen	176

6.2	Optimierung mit externer Intelligenz	177
6.2.1	Statistische Versuchsplanung (SVP)	177
6.2.2	Evolutionsoptimierung (EVOP)	183
6.2.3	Vergleich zwischen EVOP und SVP	186
6.3	Spezielle Prozessstrategien	186
6.3.1	<i>pvT</i> -Strategie	187
6.3.2	Adaptive Prozessregelung	188
6.3.2.1	Korrelationsanalyse	189
6.3.2.2	Adaptive Maschinenregelung	190
6.3.2.3	Fließzahlregelung	191
6.3.2.4	APC und IQ-Weight Control	193
7	Vorgehensweise für eine standardisierte Voreinstellung einer Spritzgießmaschine	197
7.1	Basis-Formteildaten	197
7.2	Einstellwerte	198
7.3	Tabellen und Diagramme	199
8	Weiterführende Literatur	211
	Index	213