

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
1.2.2 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	25
2.4 Werkstoff Kunststoff	32
3 Die Einstellung der Verarbeitungsgrößen	35
3.1 Basisdaten für die Grundeinstellung	38
3.1.1 Schussgewicht	38
3.1.2 Fließweglänge	38
3.1.3 Mittlere Wanddicke	39
3.1.4 Zu verarbeitender Kunststoff	40
3.1.5 Formteilklassse	40

3.1.6	Projizierte Formteilfläche	41
3.2	Grundeinstellung	41
3.2.1	Temperaturen.....	42
3.2.1.1	Schmelzetemperatur, Verarbeitungstemperatur	42
3.2.1.2	Werkzeugtemperatur	44
3.2.1.3	Düsentemperatur/Heißkanaltemperatur	44
3.2.2	Dosieren.....	45
3.2.3	Einspritzen und Nachdrücken	50
3.2.3.1	Einspritzvorgang	50
3.2.3.2	Umschalten auf Nachdruck.....	52
3.2.3.3	Nachdruckvorgang.....	54
3.2.4	Kühlzeit	56
3.3	Korrektur der Grundeinstellung.....	57
3.3.1	Erster Korrekturschritt (ohne Nachdruck)	57
3.3.2	Zweiter Korrekturschritt (mit Nachdruck)	58
3.4	Optimierung der Grundeinstellung	59
3.4.1	Unvollständige Werkzeugfüllung	60
3.4.2	Einfallstellen.....	61
3.4.3	Gratbildung	62
3.4.4	Sichtbare 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)	67
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.....	72
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	80
4.2.3	Einspritzgeschwindigkeit	85
4.2.4	Nachdruckphase	87
4.2.4.1	Nachdruckzeit	87
4.2.4.2	Nachdruckhöhe	88
4.3	Formteilgestaltung	91
4.3.1	Fließweg-Wanddicken-Verhältnis	91
4.3.2	Füllbild	91
4.3.2.1	Bindenähte und Fließnähte	93
4.3.2.2	Faltenwurf	95
4.3.2.3	Brenner/Diseleffekt	95
4.3.2.4	Schlecht füllende Bereiche	96
4.4	Innere Eigenschaften von Kunststoffen	97
4.4.1	Orientierungen	97
4.4.2	Spannungen	99
4.4.3	Kristallisation	100
4.5	Temperaturen und Wärmevergänge in Kunststoffen	102
4.5.1	Abkühlung (Berechnung)	103
4.5.2	Abkühleigenschaften, Bindenahtfestigkeit	107
4.5.3	Einfluss der Werkzeugtemperatur auf die Formteildimension	109
4.5.4	Temperaturgleichgewicht	111
4.5.5	Schmelzetemperatur, Verarbeitungstemperatur	112
4.5.6	Einfluss der Temperatur auf die Entformung und allgemeine Entformungsprobleme	114
4.5.7	Verweilzeit und Materialabbau	115
5	Spritzgieß-Sonderverfahren	117
5.1	Spritzgießen mit Treibmitteln	117
5.1.1	TSG-Verfahrenstechnik (Thermoplast-Schaum- Spritzgießen)	119
5.1.2	Gasgegendruck-Verfahren	122
5.1.3	Anlagentechnik für Treibmittel Spritzguss	123

5.2	Gasinnendrucktechnik (GIT)	125
5.2.1	Druckverlauf bei der Gasinnendrucktechnik	126
5.2.2	Standard-GIT-Verfahren	128
5.2.2.1	Gestaltung von GIT-Teilen	129
5.2.2.2	Verfahrenstechnik beim Standard-GIT-Verfahren	131
5.2.3	Ausblasverfahren	134
5.2.3.1	Nebenkavitätenverfahren	135
5.2.3.2	Masserückdruckverfahren	136
5.2.4	Fehlerbeseitigung beim GIT-Prozess	138
5.3	Gas-Außendrucktechnik	141
5.4	Spritzprägen	143
5.4.1	Allgemeines zum Verfahren	143
5.4.2	Großflächiges Spritzprägen	144
5.4.3	Partielles Prägen	145
5.4.4	Passives Prägen	146
5.4.5	Prozessführung beim großflächigen Spritzprägen	148
5.4.6	Prozessführung beim Prägen mit Verdrängerkernen	149
5.4.7	Prozessführung beim passiven Prägen	150
5.5	Mehrkomponentenspritzgießen	150
5.5.1	Overmolding-Verfahren	151
5.5.1.1	Allgemeines	151
5.5.1.2	Materialauswahl für das Mehrkomponenten-Spritzgießen	154
5.5.1.3	Spezielle verfahrenstechnische Kenntnisse	156
5.5.2	Sandwichmolding-Verfahren	157
5.5.2.1	Allgemeines	157
5.5.2.2	Einspritzfolge beim Sandwichverfahren	158
5.5.2.3	Spezielle produktbezogene Kenntnisse	161
5.5.2.4	Verfahrenstechnik	164
5.5.2.5	Standard-Sandwichtechnik	164
5.5.2.6	Monosandwich-Verfahren	168
5.5.2.7	Allgemeine Fehlerbehebung	169
5.6	Plastifizieren mit Entgasung	169
6	Optimierung der Qualität	171
6.1	Dokumentation und Überwachung	175
6.1.1	Kontinuierliche, chronologische Überwachung	175

6.1.1.1	Die Bedeutung einzelner Ist-Prozessparameter	176
6.1.1.2	Mögliche Fehlerfrequenz	182
6.1.2	Statistische Prozessregelung (SPC)	186
6.1.2.1	Dokumentation mit statistischen Kennwerten	186
6.1.2.2	Regelkarten	189
6.1.2.3	Strategie einer Regelung der Qualität	190
6.1.2.4	Auswahl der Parameter	192
6.1.3	Überwachung mit Prozessmodellen	192
6.2	Optimierung mit externer Intelligenz	193
6.2.1	Statistische Versuchsplanung (SVP)	194
6.2.2	Evolutionsoptimierung (EVOP)	200
6.2.3	Vergleich zwischen EVOP und SVP	205
6.3	Spezielle Prozessstrategien	206
6.3.1	<i>pvT</i> -Strategie	206
6.3.2	Adaptive Prozessregelung	208
6.3.2.1	Korrelationsanalyse	209
6.3.2.2	Adaptive Maschinenregelung	210
6.3.2.3	Fließzahlregelung	212
6.3.2.4	APC und IQ-Weight-Control	214
7	Nachhaltigkeit beim Spritzgießen	217
7.1	Einsatz von Rezyklaten	219
7.2	Reduktion des Energiebedarfs	223
7.2.1	Einsparung von Antriebsenergie	223
7.3	Einsparung von Heizleistung	227
7.4	Einsatz von Treibmitteln	229
8	Vorgehensweise für eine standardisierte Voreinstellung einer Spritzgießmaschine	231
8.1	Basis-Formteildaten	231
8.2	Einstellwerte	232
8.3	Tabellen und Diagramme	234
	Weiterführende Literatur	243
	Index	245