

linder ermöglicht sowohl die Fahrbewegung als auch den Kraftaufbau (Bild 1.3). Dadurch sind diese Systeme schneller. Der Schutz des Werkzeugs wird mit einem höheren Aufwand an Kraftsensoren erreicht. Die Kniehebelsysteme sind grundsätzlich aufwendiger im Aufbau und eher bei kleinen Schließkräften zu finden. Mit der Entwicklung der elektromotorischen Antriebe wurde ein mechanisches System zwingend notwendig.

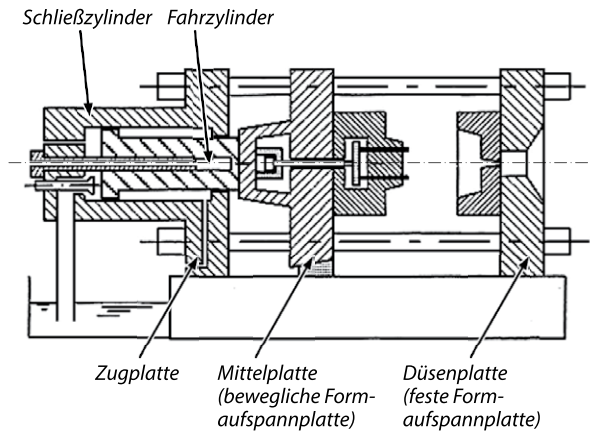


Bild 1.2 Aufbau einer vollhydraulischen Schließeinheit

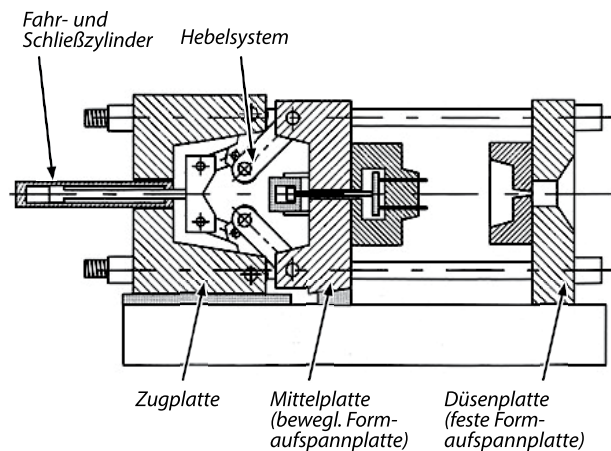


Bild 1.3 Aufbau eines mechanischen Schließsystems

Baulänge der Schließeinheit

Die Baulänge der Schließeinheit lässt sich mit der sogenannten Zweiplattenbauweise klein halten. Die hydraulischen und mechanischen Systeme haben einen festen Rahmen aus Düsenplatte, hinterer Zugplatte und den Säulen/Holmen. Die Bewegungs- und Krafteinheit ist dazwischen angeordnet. Die Zweiplattenmaschinen haben keinen starren Rahmen, das Fahr- und Kraftpaket zieht

Geringe Baulängen
durch Zwei-
plattenbauweise

an den Säulen die Formaufspannplatten zusammen (Bild 1.4). Oft sind die Platten vollständig entkoppelbar, indem die Säulen an einer Platte entriegelt werden können und mit der beweglichen Hälfte mitfahren. Der Kraftaufbau kann nach dem Wiederverriegeln über die bewegliche oder feststehende Hälfte erfolgen. Diese Systeme sind besonders bei großen Schließkräften im Einsatz, denn hier ist eine Verkürzung der Baulänge besonders wichtig. Zu beachten ist, dass der Aufwand für eine exakte Parallelführung bei einem vollständig teilbaren System groß ist.

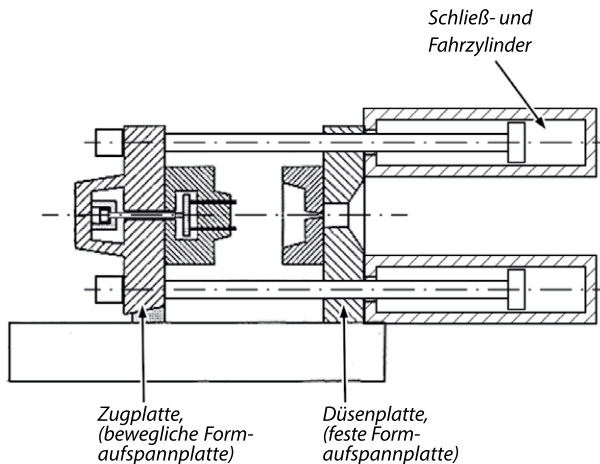


Bild 1.4 Aufbau eines Zweiplattensystems

1.2.2 Einspritzeinheit

Wärme für das Aufschmelzen von Kunststoff

Die Aufgabe der Einspritzeinheit ist das Aufschmelzen und Dosieren des Kunststoffs sowie das Einspritzen in das Werkzeug. Die Wärme für das Aufschmelzen wird zu ca. 30 % über elektrische Heizbänder und zu ca. 70 % über die Drehbewegung der Schnecke erzeugt. Durch die Drehbewegung wird der Kunststoff vom Trichter in Richtung Düse gefördert. Der sich hier sammelnde geschmolzene Kunststoff drückt die Schnecke zurück. Über den Rücklaufweg der Schnecke kann das für den nächsten Zyklus notwendige Schmelzevolumen dosiert werden.

1.2.3 Antrieb

Die Spritzgießmaschine hat mindestens fünf Bewegungsachsen, deren Antrieb entweder hydraulisch oder elektromotorisch erfolgt.

- Einspritzen
- Dosieren

- Werkzeugbewegung
- Auswerferbewegung
- Spritzaggregatbewegung

Bis auf den Dosiervorgang sind alle Bewegungen linear und können einfach über Hydraulikzylinder erfolgen. Der hydraulische Antrieb hat den Vorteil, dass Hydrauliköl unter Druck an verschiedene Bewegungsachsen geleitet werden kann. Aufwendig wird es erst, wenn mehrere Achsen gleichzeitig bewegt werden sollen. In diesem Fall eines Parallelantriebs müssen die Drücke und Volumenströme jeweils unabhängig voneinander sein.

Parallele Antriebe ermöglichen zeitgleiche Bewegungen

Elektrische Systeme

Elektromotoren werden seit ca. 1995 eingesetzt, ihr Vorteil ist der höhere Wirkungsgrad, weshalb elektrisch angetriebene Maschinen einen geringeren Energiebedarf haben. Ein weiterer Vorteil ist, dass jede Bewegungsachse einen eigenen Antriebsmotor braucht und somit parallele Antriebe systembedingt möglich sind. Der Nachteil dieser Antriebe ist zwangsläufig der höhere Preis.

Ein hoher Wirkungsgrad sorgt für geringen Energiebedarf

Ein weiterer Nachteil der elektrischen Antriebe ist, dass die Motoren bei hoher gewünschter Leistung besonders groß und teuer werden. Aus diesem Grund sind viele moderne Maschinen nur teilweise mit elektrischen Antrieben ausgerüstet, in dem Fall spricht man auch von hybriden Antrieben.

Hybride Antriebe

Mit Blick auf den Prozess scheinen die elektromotorischen Antriebe etwas höhere Wiederholgenauigkeiten zu haben. Grundsätzlich gibt es aber keinen zwingenden Grund, eines der Systeme zu bevorzugen.

1.2.4 Steuerung

Die Steuerung ist zweigeteilt: Der Bediener hat im Wesentlichen mit dem Eingabeterminal zu tun. Über einen Bildschirm können die Prozesseinstellungen vorgenommen und die aktuellen Produktions-Ist-Werte eingesehen werden. Für den Bediener ist der zweite Teil der Maschinensteuerung unsichtbar, dieser Teil verarbeitet alle Sensor-Signale und regelt alle Bewegungen. Der Bediener sollte wissen, dass eine Zeitverzögerung am Anzeigebildschirm nicht ein Anzeichen für eine langsame Steuerung ist. Die Geschwindigkeit für die Reaktion auf z. B. ein Notaus-Signal ist für den Bediener nicht erfassbar.

Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine

Die üblichen Spritzgießmaschinen unterscheiden sich für den Bediener weitgehend in der Bedienoberfläche. Grundsätzlich gibt es keinen zwingenden Grund, irgendeine Maschine wegen der Steuerung zu bevorzugen.

Spritzgießer haben ihre eigene Sprache. Oft sind aber die Ausdrucksweisen, insbesondere im Betriebsjargon, nicht einheitlich, weshalb im folgenden Text möglichst die „richtigen“ Begriffe benutzt werden. An dieser Stelle wird nicht die 19-seitige DIN 24 450:1987-02 wiedergegeben, sondern es werden die wesentlichen Fachbegriffe auch anhand einiger Skizzen zur Erklärung und zum Einstieg aufgelistet. Abweichungen von der DIN sind gekennzeichnet.

2.1 Spritzgießmaschine

AUSWERFER Der Auswerfer ist ein axial beweglicher Bolzen, der durch die Mitte der beweglichen **Werkzeugaufspannplatte** bewegt wird. Er betätigt das im Werkzeug integrierte Auswerfersystem, sodass die Spritzgussteile nach dem Öffnen des Werkzeugs entformt werden können. An Maschinen mit kleiner Schließkraft wird meist ein einziger Zentralauswerfer vorgesehen, an größeren Maschinen wird die Auswerferbewegung mit einer Auswerfertraverse durchgeführt, um ein Verkanten zu vermeiden. Eine Auswerfertraverse ist eine zusätzliche Platte hinter der beweglichen **Werkzeugaufspannplatte**, über die mehrere Auswerferbolzen gleichzeitig betätigt werden können (Bild 2.1).

AUSWERFERKUPPLUNG Die Auswerferkupplung ermöglicht eine exakte Überwachung der Rückwärtsbewegung. In vielen Fällen erfolgt die Rückbewegung des Werkzeug-Auswerfers:

- mit einer Rückhol-Spiralfeder oder
- mit durch die Trennebene in Richtung Düsen­seite ragenden **Rückdruckstiften**.

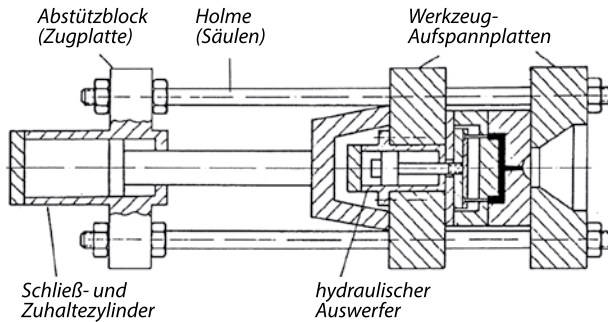


Bild 2.1 Auswerfer

Die Kopplung des Werkzeug-Auswerfersystems mit dem Maschinen-Auswerfer erfolgt mittels:

- Verschraubung,
- einer federbetätigten oder
- pneumatisch betätigten Kupplung.

BEDIENTOBERFLÄCHE Eingabebildschirm der Spritzgießmaschine.

DÜSE Die Düse (Bild 2.2) ist das Ansatzstück des Plastifizierzylinders zum Werkzeug. Zur Anpassung ist ihr Radius geringfügig kleiner als der der Angussbuchse, die Schmelzeauslassbohrung ist ebenfalls etwas kleiner, damit sich der in der Angussbuchse erkaltende Kunststoff gut entformen lässt. Für besondere Einsatzfälle kommen **Verschlussdüsen** zum Einsatz.

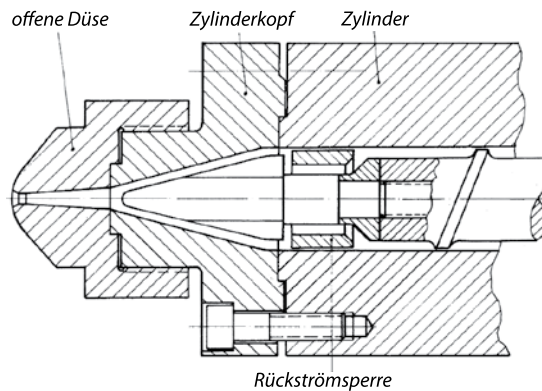


Bild 2.2 Düse, offen

EINSPRITZZYLINDER Hydraulikzylinder, hinter der Schnecke, der die Schnecken-vorwärtsbewegung ermöglicht.

FORMAUFSPANNPLATTE Siehe nach DIN 24450:1987-02 **Werkzeugaufspannplatte**.

HOLM Siehe Säule.

PLASTIFIZIEREINHEIT Die Plastifiziereinheit (Bild 2.3) besteht aus (Plastifizier-)Zylinder mit Heizbändern, innenliegender Schnecke mit Rückströmsperre und Düse. Der Trichter ist nicht zwingend Bestandteil dieser Einheit. In vielen Fällen werden ohnehin spezielle Trocknungstrichter eingesetzt oder das Material wird von einer zentralen Materialversorgung direkt auf die Einzugszone der Schnecke geleitet.

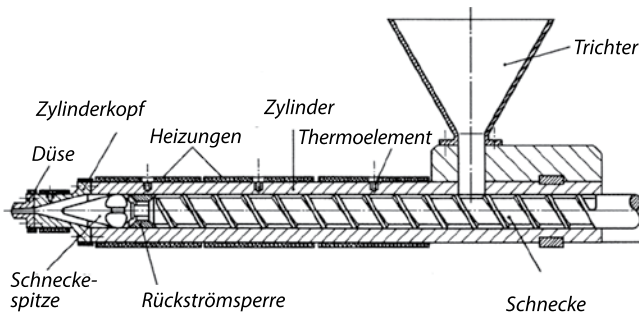
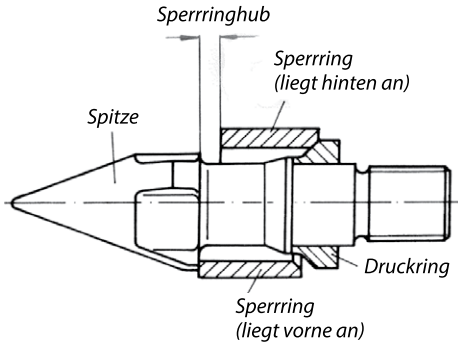


Bild 2.3 Plastifiziereinheit

RÜCKSTRÖMSPERRE Mechanisches Verschlusselement auf der Schneckenspitze (Bild 2.4). Sie besteht aus der Schneckenspitze, dem axial verschiebbaren Sperring und dem Druckring. Die Rückströmsperre schließt beim Einspritzen, wenn der Sperring nicht bewegt wird und die Schnecke in ihrer Vorwärtsbewegung gegen den Sperring fährt. Beim Plastifizieren schiebt die von hinten nachströmende Schmelze den Sperring nach vorne, sodass er an den Flügeln der Spitze anliegt. Die Schmelze kann zwischen den Flügeln der Spitze hindurchströmen. Die Schussgewichtsgenauigkeit der Spritzgießmaschine wird wesentlich vom Schließverhalten der Rückströmsperre bestimmt, ohne die Wirkung des Nachdrucks ergibt sich eine Schwankung des Schussgewichts von ca. 2 % über mehrere Zyklen. Mit Nachdruck wird die Schussgewichtsschwankung auf ca. 0,2 % reduziert. Zur Verbesserung der Genauigkeit kann ggf. der Hub des Sperrings verändert werden, indem man die Anlagefläche für den Druckring an der Spitze abdrehet. Die Rückströmsperre ist ein Verschleißteil und muss ggf. ausgetauscht werden, wenn die Schussgewichtsschwankung größer wird. Die Ursache liegt in der Relativbewegung zwischen der beim Plastifizieren drehenden Schneckenspitze und dem mit geringerer Drehzahl von der Schmelze mitgeschleppten Druckring, der beim Plastifizieren an der Spitze anliegt.

SÄULEN, HOLME Die Holme der Schließeinheit bilden mit den Maschinenplatten (Düsenseite, Auswerferseite) einen Kraftübertragungsrahmen für die Schließkraft. Im allgemeinen deutschen Sprachgebrauch ist der Begriff Holm üblich, korrekt nach DIN 24 450:1987-02 ist die Bezeichnung Säule. Man sollte aber bedenken, dass es im technischen Bereich keine eindeutige Definition des Begriffs Säule gibt.

SCHNECKENVORRAUM Das Volumen im Plastifizierzylinder zwischen der Düse und der Schneckenspitze.

**Bild 2.4** Rückströmsperre

SCHLIESSEINHEIT Die Schließeinheit, im Betriebsjargon auch kurz Schließe genannt, trägt das Werkzeug und kann dieses öffnen und schließen. Eine wichtige Funktion ist, das Werkzeug auch bei hohen Einspritzdrücken geschlossen zu halten. Die Schließkraft kann entweder mechanisch mit einem Kniehebel, (Bild 2.5 a) hydraulisch mit einem hydraulischen Kolbensystem (Bild 2.5 b) oder mit einem hydromechanischen System aufgebaut werden. Alle Systeme haben Vor- und Nachteile. Für den Prozess Spritzgießen gibt es keine entscheidenden Unterschiede.

SCHNECKE Die Schnecke liegt im Inneren der Plastifiziereinheit. Sie hat sechs Aufgaben:

1. Granulat aus dem Trichter einziehen,
2. fördern,
3. verdichten,
4. aufschmelzen,
5. homogenisieren und
6. einspritzen.

Die Schnecke ist ein Verschleißteil, insbesondere bei gefüllten Materialien muss man damit rechnen, dass es zu abrasivem Verschleiß kommt, bei dem die Schneckenstege abgetragen werden. Dadurch kann die Plastifizierleistung erheblich beeinträchtigt werden.

SCHNECKENSPITZE Siehe Rückströmsperre.

VERSCHLUSSDÜSE Verschlussdüsen können federbetätigt sein, dann öffnen sie mit dem Schmelzedruck gegen den Federdruck, oder sie können hydraulisch/pneumatisch zwangsbetätigt werden. Bei Nadelverschlüssen erfolgt üblicherweise die Vorwärtsschließbewegung mittels eines hydraulisch oder pneumatisch betätigten Hebels, d. h. nur das Schließen wird extern betätigt (Bild 2.6 und Bild 2.7). Die Öffnung erfolgt mit dem Druck der Schmelze. In manchen Fällen erfolgt der Verschluss nicht am Zylinder, sondern mit einer Nadel direkt am Werkzeug. Letztgenannte Version

Index

A

Abkühlspannungen 99
Abkühlung 103
Abkühlvorgang 105
Abspritzkuchen 25
Abspritzmethode 113
adaptive Maschinenregelung 210
adaptive Prozessregelung 208
Additive 32
allgemeine Funktionsteile 40
amorph 77
Anfahren 111
Anguss 15
Angussbuchse 15
Angussverteiler 15
Anisotropie 32, 34
APC 214
Aufschäumen 117
Aufschäumreaktion 118
Aufzeichnung des maximalen Einspritz-
drucks 176
Ausblasverfahren 125
Ausreißerwerte 208
Austragsfaktor 25
Auswerfer 9
Auswerferkupplung 9
Auswerferseite 16
Auswerfersystem 16

B

Backenwerkzeug 16
Bedienoberfläche 10
Begrenzungsdruck 25
Bindenaht 25, 63, 93, 107
– heiße 94
– kalte 94
Blend 32
Brandstellen 67
Brenner 25, 95

D

Dichteprofil 119
Diseleffekt 25, 67, 95
Diffusion 155
Dosieren 45
Dosiervolumen 25, 45
Dosiervorgang 45
Dosierweg 45
Dosierwegschwankungen 47
Dosierzeit 179
Drehbolzendüse 13, 14
Dreheinsatz 16
Dreiplattenwerkzeug 16
Druckkurve 176
Druckminimum 73
Druckspitze 81

Druckverlauf 126
 Druckverlust 26
 – im Gaskanal 126
 – im Heißkanal 79
 Durchbruch 16
 Düse 10
 Düsentemperatur 44

E

Effekte 196
 Einbauhöhe 24
 Einfallstelle 26, 61
 Einfallstellen
 – angussferne 61
 – angussnahe 61
 Einflüsse 196
 Einflussgrößen 196
 Einspritzarbeit 179
 Einspritzdruck 26, 52
 Einspritzgeschwindigkeit 85
 Einspritzvolumenstrom 85
 Einspritzvorgang 50
 Einspritzzeit 52, 181
 Einspritzzylinder 10
 Einstellgrenzen 175
 Einstellparameter 27
 Elastizität 101
 Entformungsproblem 114
 Entformungstemperatur 103
 Entgasung 169
 Entgasungseinheit 169
 Entgasungs-Plastifiziereinheit 169
 Entladung 27
 Entlüftungsspalt 96
 erstarrte Randschicht 160
 Etagenwerkzeug 16
 Evolutionsoptimierung 200
 EVOP 200
 Explosionen 140

F

Faltenbildung 95

Farbschlieren 66
 Farbwechsel 159
 Fehleranalyse 185
 Fehlerbeseitigung 59
 Fehlerfrequenz 182
 Feuchtigkeitsschlieren 66
 Fließbremse 18
 Fließfront 27
 Fließhilfe 18, 163
 Fließnaht 93
 Fließweg 27
 Fließwegende 27
 Fließweglänge 39
 Fließzahl 212
 Fließzahlregelung 212
 Flügel 11
 Form 18
 Formaufspannplatte 10, 14
 Formfüllprobleme 60
 Formnest 18
 Formteildimension 109
 Formteilklassse 40
 Freistrahle 27, 63, 64
 Freistrahlebildung 63
 Friktion 116, 181
 Führungsgröße 210
 Füllbild 27, 91, 129
 Füllindex 216
 Füllstudie 27

G

Gas-Außendrucktechnik 141
 Gasdurchbruch 133
 Gasgegendruck 122
 Gasinnendrucktechnik 125
 Gaskanalvolumen 128
 Gaskanalwand 130
 Gasleckage 139
 Gesenk 18
 Granulat 32
 Grat 62
 Gratbildung 62
 Grundeinstellung 36

H

Hagen-Poiseuille 69, 73
Hautkomponente 166
Heißkanal 18
Heißkanaldüse 18
Heißkanaltemperatur 44, 182
Holm 10

I

Injektor 130, 132
innere Eigenschaften 97
Intrudieren 27
iQ-Weight Control 214
Isolierkanal 19
Ist-Werte 28

K

Kaltkanal 19
Kavität 19
kein Umsetzen 153
Kern 20
Kernhub-Werkzeuge 153
Kernkomponentenschichten 159
Kernkühlung 111
Kernverformung 20
Kernversatz 20
Kernzug 20, 21
Klinkenzug 20
Kniehebel 12
kontinuierliche Aufzeichnung 182
Korrelationsanalyse 209
Korrelationsanalyse durch Befragung 209
Kristallisation 100
Kristallisationspunkt 79
Kühlzeit 56, 103

L

Lego-Prozess 212
Luftkompression 28

Luftschlieren 66
Lunker 141

M

Mahlgut 32
Maschinenfähigkeit 191
Maschinenparameter 41
Massepolster 28, 180
Masserückdruckverfahren 134, 136
Massetemperatur 42
maßhaltige Teile 79
Masterbatch 32
Materialabbau 115
Materialversorgung 183
Matrize 21
Medieneinfluss 100
Mehrkomponentenspritzgießen 150
Messung der Schmelzetemperatur 113
MFI 32
mittlere Wanddicke 39
Monomere 33
Monosandwich-Verfahren 161, 168
Mutation 200

N

Nachdruck 28, 54, 87
Nachdruckbausteine 144
Nachdruckhöhe 88
Nachdruckprofilideales 90
Nachdruckstufe 55
Nachdruckzeit 55, 87
Nachkristallisation 101
Nadelverschluss 21
natürliche Evolution 200
Nebenkavität 136
Nebenkavitätenverfahren 134, 135
Normalverteilung 187

O

Oberflächenmarkierung 132
optimale Nachdruckzeit 56

optimaler Betriebspunkt 174
 Optimierung 36
 Optimierungskriterien 193
 Orientierungen 97
 Overmolding 150

P

Parametervariationen 205
 partielles Prägen 144
 PC 76
 periodische Schwankungen 183
 Plastifiziereinheit 11
 Plastifizieren 28
 Plastifiziergeschwindigkeit 49
 Polster 28, 53, 180
 Prägehub 144
 Prägen
 – großflächiges 145
 – passives 147, 150
 Prägestart 149
 Prägevorgang 143, 149
 Produktionsdaten 175
 Produktionsüberwachung 193
 projizierte Formteillfläche 41
 Prozessfähigkeit 191
 Prozessfenster 37
 Prozessoptimierung 174
 Prozessparameter 35, 41
 Prozessstrategie 206
 Prozessunterbrechungen 44
 Prozesswissen 200
 Punktanguss 22
 pvT-Diagramm 77
 pvT-Strategie 206

Q

Qualität 37, 175
 Qualitätsänderung 174
 Qualitätsanforderung 59
 Qualitätsaufzeichnung 186
 Qualitätsmerkmale 193
 Qualitätsparameter 195

quasistationär 28
 Quellfluss 29, 74, 158
 Quellvorgang 74
 Querbolzendüse 13

R

Regelkarten 189
 Regenerat 33
 Restwanddicke 131
 Rillenbildung 29, 65
 Rückdrückstifte 22
 Rückströmsperre 11

S

Sandwichaufbau 158
 Sandwichmolding 150, 157
 Sandwichstruktur 158
 Sandwichverfahren 158
 Säule 10, 11
 Schallplatteneffekt 29, 65
 Schäumwirkung 121
 Schergeschwindigkeit 98
 Schichtdicke von Hautkomponenten 164
 Schichtdicke von Kernkomponenten 164
 Schlieren 29, 65
 Schließe 12
 Schließeinheit 12
 Schmelzehomogenität 49
 Schmelzekompression 29
 Schmelzerückfluss 84
 Schmelzeteilchen 75
 Schmelzetemperatur 42
 Schmelzetemperaturmessung 113
 Schmelzezusammenführung 165
 Schmelzindex 33
 Schmelztemperatur 112
 Schnecke 12
 Schneckenrückzug 29, 50
 Schneckenspitze 12
 Schneckenorraum 11
 Schrägschieber 16, 22
 Schrumpfverhalten 98

Schuss 29
Schussgewicht 29, 38
schwarze Punkte 76
Schwerkrafteinfluss 70
Schwimmhäute 62
Schwindung 29
– Nach- 30
– Verarbeitungs- 30
Schwindungspotential 130, 135, 145
Schwindungsvolumen 78, 87
Selektion 200
Siegelzeit 87
Silberfische 30
Silberschlieren 119
Simplex 202
Simplex-Strategie 202
Soll-Werte 30
Spannungslinien 98
SPC 186
Spezifikationsgrenzen 191
spezifischer Spritzdruck 26, 30, 31
Spritzprägen 143
Sprungantworten 184
Standardabweichungen 188
Standard-GIT-Verfahren 128
Standard-Sandwichmaschine 164
Statistische Prozessregelung 186
statistische Versuchsplanung 194
Staudruck 31, 49
Stichprobe 188
Stromlinien 76
SVP 194

T

Tauchkante 23
Tauchkantenwerkzeug 143
technische Teile 40
Technologiematrix 198
Teileklasse 85
teilkristallin 77, 101
temperaturempfindliche Kunststoff-
fe 115
Temperaturen 42

Temperaturprofil
– axiales 43
– quasistationäres 111
Temperaturschwankung 113, 183
Temperaturschwankung beim Anfah-
ren 111
Temperaturwechsel
– periodische 102
Temperierprobleme 110
Torpedo 14
Treibmittel 33, 117
– chemische 118
– physikalische 118
Trendänderung 184
Trennebene 23
Trennnaht 31
Trocknerkapazität 183
Trocknung 33
TSG 119
Tunnelanguss 24
Tuschieren 23

U

Überladung 31
Überspritzung 31
Umschaltarten 52
Umschalten auf Nachdruck 52
Umschaltpunkt 57, 178
Umschaltung 52
Umschaltung in die Nachdruckphase 81
Umschaltvorgang 166
Umsetzen mit Roboter 153
Unterdosierung 170
unvollständige Werkzeugfüllung 60
Ursachenanalyse 185

V

Verarbeitungstemperatur 112
Ver crackung 33
Verdrängerkerne 146, 149
Verlauf der Prozessparameter 182
Verpackungsteile 40

verrippte Formteilunterseite 141
Verschlussdüse 12, 14
Versiegelung 31
Verstärkung 33
Verteilersystem 15
Verzug 33
Viskosität 34
Viskositätsanstieg 101
Viskositätsindex 215
vollhydraulisch 13
Vorspritzling 151
Vorspritzling-Transport
– manueller 154

W

Wärmeformbeständigkeit 98
Warmlagerung 97
Warngrenzen 189
Wasserbad 121
Wechselwirkung 196
Werkzeugatmung 31
Werkzeugaufspannplatte 9, 14
Werkzeugbreite 24
Werkzeugeinbauhöhe 24
Werkzeuginnendruck 27, 178
Werkzeuginnendruckmessung 80
Werkzeugtemperatur 44, 106
Werte
– maschinenbezogene 2
– spezifische 2
Würstchenbildung 63

Z

Zähigkeit 101
Zentrierring 24
Zugspannungen 99
Zurückdrücken der Schnecke 137
Zykluszeit 178
Zylindertemperatur 42, 181