



Leseprobe

Andreas Schütz

Abmusterung von Spritzgießwerkzeugen

Strukturierte und analytische Vorgehensweise

ISBN (Buch): 978-3-446-44673-1

ISBN (E-Book): 978-3-446-44918-3

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44673-1>

sowie im Buchhandel.

Schötz

Abmusterung von Spritzgießwerkzeugen



Bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Die Internet-Plattform für Entscheider!

Exklusiv: Das Online-Archiv der Zeitschrift Kunststoffe!

Richtungsweisend: Fach- und Brancheninformationen
stets top-aktuell!

Informativ: News, wichtige Termine, Bookshop, neue
Produkte und der Stellenmarkt der Kunststoffindustrie

Kunststoffe.de

Andreas Schötz

Abmusterung von Spritzgießwerkzeugen

Strukturierte und analytische Vorgehensweise

2., aktualisierte Auflage

HANSER

Der Autor:

Dipl-Ing. (FH) Andreas Schötz, Nürnberg

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

Print-ISBN: 978-3-446-44673-1

E-Book-ISBN: 978-3-446-44918-3

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Alle in diesem Buch enthaltenen Verfahren bzw. Daten wurden nach bestem Wissen erstellt und mit Sorgfalt getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die in diesem Buch enthaltenen Verfahren und Daten mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Verfahren oder Daten oder Teilen davon entsteht.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG genannten Sonderfälle – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© Carl Hanser Verlag, München 2016

Herstellung: Kösel Media GmbH, Anja Seibold

Satz: Manuela Treindl, Fürth

Coverconcept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Coverrealisierung: Stephan Rönigk

Druck und Bindung: Kösel, Krugzell

Printed in Germany

Inhalt

Vorwort	XI
Der Autor	XIII
Informationen zum Buchaufbau	XV
Abmusterungsscheckliste	XV
Bezeichnungen für Abmusterungsfachkräfte	XX
Beschreibung der Informationsboxen	XXI
1 Einführung	1
1.1 Warum eine Werkzeugabmusterung?	1
1.2 Ablauf der Werkzeugabmusterung	2
1.3 Problemstellung Zeitfaktor bei der Abmusterung im Unternehmen	4
1.4 Energieeffizienz beginnt beim Abmustern	6
1.4.1 Energie- und Leistungsflüsse einer Spritzgießmaschine	7
1.4.2 Energieeinsparpotenziale der Plastifiziereinheit	9
1.4.3 Energieeinsparpotenziale der Schließeinheit	11
1.4.4 Spezifischer Energieverbrauch	12
1.4.5 Fazit der Energieeffizienz beim Abmustern	12
1.5 Die Spritzgießsimulation effektiv nutzen für eine Abmusterung	13
2 Informationsbeschaffung und Vorbereitung der Abmusterung	15
2.1 Informationsbeschaffung	15
2.1.1 Informationsblatt für Abmusterungen	16
2.2 Vorbereitung der Abmusterung	18

3	Werkzeug rüsten	21
3.1	Vor dem Werkzeugeinbau	21
3.1.1	Allgemeine Sicherheitsüberprüfungen	22
3.1.2	Überprüfung des Spritzgießwerkzeuges	23
3.1.3	Überprüfung bei Heißkanalwerkzeugen	24
3.2	Werkzeugeinbau	26
3.2.1	Ablauf beim Werkzeugeinbau	26
4	Grundeinstellung der Schließeinheit	31
4.1	Werkzeugbewegungen	31
4.1.1	Werkzeug öffnen	31
4.1.2	Werkzeugöffnungsgeschwindigkeit	33
4.1.3	Werkzeug schließen	33
4.1.4	Einstellung der Werkzeugauswerfer	33
4.1.5	Zusatzfunktionen im Werkzeug	34
4.2	Werkzeugsicherung	34
4.2.1	Werkzeugsicherung einstellen	35
4.2.2	Funktionsüberprüfung der Werkzeugsicherung	37
4.3	Grundeinstellung der Werkzeugzuhaltekraft	38
4.4	Werkzeugtemperierung	41
4.4.1	Höhe der Werkzeugtemperatur	42
4.4.2	Gleichmäßige Temperaturverteilung im Werkzeug	48
4.4.3	Überprüfung der Durchflussmenge des Temperiermediums	51
4.4.4	Formhälften gemeinsam aufheizen	53
4.5	Literatur zu Kapitel 4	54
5	Grundeinstellung der Plastifiziereinheit	55
5.1	Zylindertemperaturen einstellen	56
5.1.1	Thermisches Verhalten von amorphen und teilkristallinen Thermoplasten	58
5.1.2	Auswirkungen der Schmelzetemperatur auf das Spritzteil und den Spritzgießprozess	60
5.1.3	Zylindertemperaturprofil einstellen	61
5.1.4	Flanschttemperatur (Materialeinzug) einstellen	65
5.2	Plastifiziervorgang einstellen	68
5.2.1	Plastifizierweg bzw. -volumen	68
5.2.2	Plastifiziergeschwindigkeit	72
5.2.3	Schneckenstaudruck	75
5.2.4	Schneckendekompression einstellen	80

5.3	Einspritzvorgang einstellen	81
5.3.1	Einspritzdruck	81
5.3.2	Einspritzgeschwindigkeit	82
5.3.3	Einspritzgeschwindigkeitsprofil	86
5.3.4	Einspritzzeit	88
5.4	Kühlzeit und Entformungstemperatur	89
5.4.1	Kühlzeit	89
5.4.2	Entformungstemperatur des Kunststoffes	90
5.4.3	Grundeinstellung der Kühlzeit	92
5.5	Düsenanlagepunkt abnullen und prüfen	95
5.5.1	Düsenanlagekraft einstellen	96
5.5.2	Vorgehensweise zur Erstellung eines Düsenabdruckes	97
5.6	Bewegung der Plastifiziereinheit einstellen	97
5.6.1	Bewegungsgeschwindigkeit der Plastifiziereinheit	98
5.7	Begutachtung der Kunststoffschmelze	98
5.7.1	Überprüfung der Schmelzetemperatur	98
5.7.2	Optische Begutachtung der Kunststoffschmelze	99
5.7.3	Überprüfung der Werkzeugtemperatur	100
5.8	Literatur zu Kapitel 5	101
6	Füllstudie, Nachdruck und Werkzeugzuhaltekraft	103
6.1	Füllstudie	104
6.1.1	Erkenntnisse aus der Füllstudie	104
6.1.2	Vorgehensweise der Füllstudie und Ermittlung des Umschaltpunktes bzw. -volumens	106
6.1.3	Art der Umschaltung von Einspritzdruck auf Nachdruck	108
6.1.4	Auswirkungen der Umschaltung auf das Spritzteil und den Spritzprozess	111
6.2	Nachdruck	111
6.2.1	Nachdruckhöhe	113
6.2.2	Nachdruckzeit	114
6.2.3	Nachdruckprofil	117
6.3	Werkzeugzuhaltekraft	119
6.3.1	Experimentelle Optimierung der Zuhaltekraft	122
6.4	Literatur zu Kapitel 6	125

7	Abmusterungsanalyse der Grundeinstellung	127
7.1	Erste Musterteile fertigen	129
7.2	Wichtiges zur Durchführung einer Abmusterungsanalyse	129
7.2.1	Der Spritzgießprozess	130
7.2.2	Abmusterungsanalyse über Werkzeuginndruckverlauf	137
7.2.3	Abmusterungsanalyse mit Hilfe der Thermografie	145
7.2.4	Analyse der benötigten Durchflussmenge des Temperiermediums	152
7.2.5	Analyse der Verweilzeit der Schmelze im Plastifizierzylinder	155
7.2.6	Überprüfung des vorhandenen Materialtrocknervolumens	157
7.2.7	Überprüfung der Werkzeugschürung	158
7.2.8	Überprüfung der Maßhaltigkeit des Spritzteils	158
7.3	Abmusterungsanalyse der Grundeinstellung	159
7.3.1	Abmusterungsanalyse durchführen	161
7.4	Literatur zu Kapitel 7	170
8	Optimierung der Grundeinstellung	171
8.1	Optimierung der Grundeinstellung – Teil 1	174
8.1.1	Schritt 1: Festlegung der Optimierungsstrategie	174
8.1.2	Schritt 2: Durchführung von Spritzversuchen	179
8.1.3	Schritt 3: Auswertung der Spritzversuche	189
8.2	Optimierung der Grundeinstellung – Teil 2	194
8.2.1	Schritt 1: Optimierte Grundeinstellung auf Produktivität bewerten und optimieren	195
8.2.2	Schritt 2: Optimierte Grundeinstellung auf Energieeffizienz bewerten und optimieren	199
8.2.3	Optimierungsmöglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz	206
8.3	Optimierung der Grundeinstellung – Teil 3	210
8.3.1	Schritt 1: Prozessfähigkeitsanalyse von Maschineneinstell- und Prozessparametern	210
8.3.2	Schritt 2: Prozess-Run@Rate der optimierten Grundeinstellung	216
9	Dokumentation der Werkzeugabmusterung	223
9.1	Warum ist eine Dokumentation so wichtig?	224
9.2	Dokumentation der Maschineneinstell- und Prozessparameter	224
9.3	Werkzeugabmusterungsbericht	229
9.4	Einberufung eines Kurz-Meetings aller abmusterungsbeteiligten Mitarbeiter	233

10 Kurz-Meeting und Maßnahmenfestlegung	235
10.1 Kurz-Meeting (Ideenkonferenz)	235
10.1.1 Vorteile eines Kurz-Meetings	235
10.1.2 Allgemeines zum Kurz-Meeting	236
10.1.3 Richtige Vorbereitung auf das Kurz-Meeting	237
10.1.4 Neutraler Besprechungsort für Kurz-Meeting	237
10.1.5 Kreativmethoden zur schnelleren Lösungsfindung	237
10.2 Vorgehensweise/Ablauf des Kurz-Meetings	241
10.3 Maßnahmenfestlegung und weiteres Vorgehen	243
10.3.1 Werkzeugkorrekturen bzw. Änderungen	243
11 Folgeabmusterung (Iterationsschleife) oder Freigabe	245
11.1 Folgeabmusterung (Iterationsschleife)	246
11.1.1 Informationsbeschaffung und Vorbereitung der Folgeabmusterung (Iterationsschleife)	246
11.1.2 Werkzeug rüsten und Einstellung der Schließ- und Plastifiziereinheit	247
11.1.3 Spritzteile fertigen und Abmusterungsanalyse der optimierten Grundeinstellung	247
11.1.4 Optimierung der „optimierten Grundeinstellung“ bei einer Folgeabmusterung (Iterationsschleife)	248
11.1.5 Dokumentation der Folgeabmusterung (Iterationsschleife)	248
11.1.6 Kurz-Meeting und Maßnahmenfestlegung im Anschluss an die Folgeabmusterung (Iterationsschleife)	248
11.2 Abmusterungskreislauf	249
11.3 Freigabeprozess (Werkzeugübergabe in die Serienfertigung)	250
11.3.1 Abschluss-Meeting zur Werkzeugübergabe in die Serienfertigung	250
Stichwortverzeichnis	253

Vorwort

Die Intention, dieses Fachbuch zu schreiben, war, dass Werkzeugabmusterungen in der kunststoffverarbeiteten Industrie häufig als Nebensache betrachtet werden. Dies sollte nicht so sein, da die Abmusterung der wichtigste Prozessschritt zu einem einwandfreien Spritzgießwerkzeug und Spritzteil ist. Die Erfahrung aus der Praxis zeigt, dass vieles einen optimalen Abmusterungsprozess im Spritzbetrieb negativ beeinflusst, wie zum Beispiel:

- Der Zeitdruck bei der Werkzeugabmusterung, da Ressourcen für die Serienproduktion entfallen.
- Defizite beim Prozesswissen der Mitarbeiter.
- Falsche Vorgehensweisen bei der Findung der optimalen Maschinenparameter.
- Systemloses „ausprobieren“ von Maschineneinstellparameter bei Spritzteilfehlern sowie Prozessproblemen.
- Wichtige Arbeitsschritte einer Abmusterung werden vergessen oder übergangen.
- Fehlende bzw. mangelnde Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen der Mitarbeiter.
- Mangelnde Abmusterungsdokumentation in Form von Vorlagen und Checklisten.
- Schlechte bis zum Teil fehlende Kommunikation bei der Problem- bzw. Ursachenfindung unter den abmusterungsbeteiligten Mitarbeitern.
- Fehlende Vorgaben, wie Standardisierung, im Ablauf einer Werkzeugabmusterung.
- Zu viele notwendige Optimierungsschleifen eines Werkzeuges während der Abmusterungsphase.

Dieses Buch soll den Leser für die oben dargestellten Problematiken sensibilisieren und eine Anleitung zur optimalen, strukturierten und analytischen Werkzeugabmusterung im Unternehmen geben. Mit einer kompletten Abfolge der einzelnen Abmusterungsschritte und vielen Hintergrundinformation, Hinweisen, Praxisbeispielen sowie Praxistipps begleitet das Buch den Leser von der Auftragserteilung einer Abmusterung bis hin zur Übergabe an die Serienproduktion.

Die Themenschwerpunkte sind das strukturierte Vorgehen einer Abmusterung unter Berücksichtigung der Energieeffizienz, die Dokumentation und Kommunikation einer Abmusterungsanalyse, die optimale Maschineneinstellung durch strategisches Vorgehen und Methodiken an der Spritzgießmaschine, die Prozessoptimierung mit anschließender Untersuchung der Prozessfähigkeit sowie eines Run@Rate Prozesses.

Das Fachbuch wurde so gestaltet, dass es für den Praxisanwender an der Spritzgießmaschine sowie für Lehrzwecke an Berufsschulen, Weiterbildungseinrichtungen und Hochschulen bestens geeignet ist.

Mein großes Ziel ist es, dem Leser mit diesem Buch wertvolle Impulse und Anregungen zur optimalen Umsetzung eines doch sehr komplexen Abmusterungsprozesses auf den Weg zu geben, so dass dieser einfacher umzusetzen ist.

Andreas Schötz

Nürnberg, im April 2016

■ 1.1 Warum eine Werkzeugabmusterung?

Eine Werkzeugabmusterung findet in einem Spritzgießunternehmen bei jedem Neuwerkzeug, einem Materialwechsel oder einer Werkzeugkorrektur statt. Die Abmusterung eines Werkzeuges hat folgende Gründe:

- Mechanische Mängel des Spritzgießwerkzeuges zu erkennen und gezielt zu beheben.
- Die Prozessparameter strategisch und analytisch zu ermitteln, zu dokumentieren und zu archivieren.
- Die optisch und maßlich geforderte Spritzteilqualität zu erhalten.
- Eine optimale Zykluszeit zu erreichen.
- Eine maschinenschonende bzw. verschleißreduzierte und energieeffiziente Serienproduktion zu realisieren.

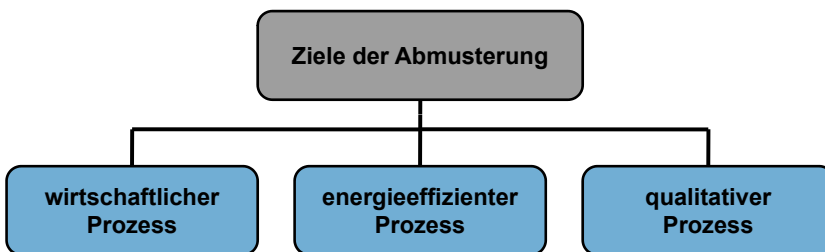


BILD 1.1 Ziele der Abmusterung

■ 1.2 Ablauf der Werkzeugabmusterung

Die Werkzeugabmusterung ist ein komplexer Prozess, da unterschiedliche Abteilungen im Unternehmen ineinandergreifen. Die unterschiedlichen Abteilungen müssen gemeinsam zum richtigen Zeitpunkt funktionieren, um effektiv den Abmusterungsprozess zu steuern. Das stellt jedes Unternehmen vor eine fachliche und logistische Herausforderung. Um Ihnen das Lernen bzw. Arbeiten mit diesem Fachbuch zu erleichtern, wurde mit Hilfe eines Flussdiagramms (Bild 1.2) der Abmusterungsprozess übersichtlich dargestellt. Dieser Ablauf wird in den nachfolgenden Kapiteln systematisch behandelt.

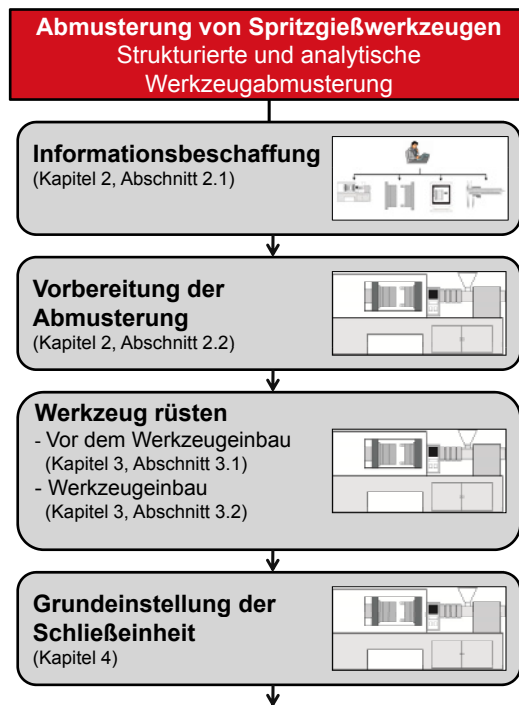


BILD 1.2 Flussdiagramm des Abmusterungsprozesses (Fortsetzung nächste Seite)

Zu einer Mustervorbereitung gehört es, alle nötigen Abmusterungsunterlagen sowie die benötigte Abmusterungsausrüstung an der Spritzgießmaschine (Bild 2.4 auf der nächsten Seite) bereitzustellen. Folgende Abmusterungsunterlagen werden für die anstehende Werkzeugabmusterung benötigt:

TABELLE 2.1 Überblick Abmusterungsunterlagen

Informationsblatt für Abmusterungen	Abschnitt 2.1.1, Bild 2.2
Abmusterungsscheckliste	Informationen zum Buchaufbau
Technisches Materialdatenblatt und Verarbeitungshinweise des Materialherstellers	Beispiel siehe: Abschnitt 4.4.1 „Einstellung der Werkzeugtemperatur“, Bild 4.11
Werkzeugkühlplan	Beispiel siehe: Abschnitt 3.2.1 „Ablauf beim Werkzeugeinbau“, Bild 3.5
Wasseranschlussplan	Abschnitt 3.2.1 „Ablauf beim Werkzeugeinbau“, Bild 3.6
Ermittlung der erforderlichen Nachdruckzeit	Abschnitt 6.2.2 „Nachdruckzeit“, Bild 6.6
Experimentelle Optimierung der Werkzeughaltbarkeit	Abschnitt 6.3.1 „Experimentelle Optimierung der Zuhaltekraft“, Bild 6.12
Ein-Faktor-Methode/Versuchsplan (DoE)	Abschnitt 8.1.2.1 „Durchführung von Spritzversuchen mit der Ein-Faktor-Methode“, Bild 8.5, Bild 8.7
Auswertung der Spritzversuche	Abschnitt 8.1.3.1 „Vorlage zur Auswertung der Spritzversuche“, Bild 8.9
Optimierung der Energieeffizienz	Abschnitt 8.2.3 „Optimierungsmöglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz“, Bild 8.19
Prozessfähigkeitsanalyse von Maschineneinstell- und Prozessparameter	Abschnitt 8.3.1 „Schritt 1: Prozessfähigkeitsanalyse von Maschinen- und Prozessparametern“, Bild 8.21
Prozess-Run@Rate der optimierten Grundeinstellung	Abschnitt 8.3.2 „Schritt 2: Prozess-Run@Rate der optimierten Grundeinstellung“, Bild 8.24
Maschineneinstelldatenblatt	Abschnitt 9.2 „Dokumentation der Maschineneinstell- und Prozessparameter“, Bild 9.2
Werkzeugabmusterungsbericht	Abschnitt 9.3 „Werkzeugabmusterungsbericht“, Bild 9.3
Werkzeugübergabe-Protokoll	Abschnitt 11.3.1 „Abschluss-Meeting zur Werkzeugübergabe in der Serienfertigung“, Bild 11.3

Des Weiteren sollten Sie folgende Hilfsmittel und Geräte griffbereit an der Spritzgießmaschine vorbereiten:

- Das abzumusternde Spritzgießwerkzeug.
- Den zu verarbeitenden Kunststoff und wenn nötig, das dazugehöriges Einfärbemittel (Masterbatch).
- Schutzhandschuhe und eine Schutzbrille.
- Die zugehörige Bauteilzeichnung des Spritzteils.

- Messgeräte:
 - Eine Messuhr zur Ermittlung der erforderlichen Werkzeugzuhaltekraft mit einer Genauigkeit von 1/100 mm.
 - Eine Waage, die mit mindestens zwei Nachkommastellen und einer Genauigkeit von 0,01 g arbeitet.
 - Ein Temperaturmessgerät und eine Wärmebildkamera (Thermografiekamera).
 - Einen Messschieber.
 - Eine Wasserwaage.
 - Radienlehren und eine Messdorne.
 - Ein Wasserdurchflussmessgerät
- Wasserschläuche
- Ihren Laptop
- Einen Taschenrechner



BILD 2.4 Beispiel einer Mustervorbereitung an der Spritzgießmaschine

Meilenstein „Informationsbeschaffung und Vorbereitung der Abmusterung“

Dieser ist erfolgt, wenn Sie Block 1 der „Abmusterungscheckliste“ bearbeitet haben.

TABELLE 4.1 Spezifische Zuhaltekraft als Richtwerte aus der Praxis

Kunststoff	Richtwerte der spezifischen Zuhaltekraft (kN/cm ²)	Erfahrungswerte für den Werkzeuginnendruck (bar) aus der Praxis heraus
Amorphe Thermoplaste		
PS	1,5 – 3,5	150 – 350
SB	2,0 – 4,0	200 – 400
SAN	2,5 – 4,5	250 – 450
ABS	3,0 – 5,0	300 – 500
PC/ABS	3,0 – 5,5	300 – 550
PVC hart	2,5 – 5,0	250 – 500
PVC weich	1,5 – 3,0	150 – 300
CA	2,5 – 4,5	250 – 450
CAB	2,5 – 4,5	250 – 450
CP	2,0 – 3,5	200 – 350
PMMA	3,5 – 5,5	350 – 550
PPE (mod.)	3,5 – 6,0	350 – 600
PPO (mod.)	3,5 – 6,0	350 – 600
PC	3,5 – 6,5	350 – 650
PSU/PES	4,0 – 6,0	400 – 600
PAR	3,5 – 6,5	350 – 650
PEI	4,5 – 6,5	450 – 650
PAI	4,5 – 7,5	450 – 750
Teilkristalline Thermoplaste		
PE-HD	2,0 – 6,0	200 – 600
PE-LD	2,0 – 6,0	200 – 600
PP	3,0 – 6,5	300 – 650
PA 4.6	4,5 – 7,5	450 – 750
PA 6	3,5 – 5,5	350 – 550
PA 6.6	4,5 – 7,5	450 – 750
PA 6.10	3,0 – 5,0	300 – 500
PA 11, PA 12	3,5 – 4,5	350 – 450
PA amorph	3,5 – 4,5	350 – 450
POM	5,5 – 10,5	550 – 1050
PET	4,5 – 7,5	450 – 750
PBT	4,0 – 7,0	400 – 700
PPS	3,5 – 6,5	350 – 650
PAA	3,0 – 7,0	300 – 700
LCP	3,0 – 8,0	300 – 800



PRAXISBEISPIEL:

Gegeben:

- Spritzteil: Gehäuseabdeckung
- Kunststoff: PC/ABS
- Werkzeugkavitäten: 1-fach
- Spritzteilmaße: 535,8 cm².
- Nach Tabelle 4.1 wurde eine spezifische Zuhaltekraft für PC/ABS von 5,5 kN gewählt.

Gesucht:

vorläufige Zuhaltekraft in kN

Lösungsweg:

Schritt 1:

Mit Gleichung (4.1):

$$F_z (\text{kN}) = \text{spez. Zuhaltekraft} \left(\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \right) \times \text{proj. Fläche} (\text{cm}^2) \times \text{Kavitäten}$$

Schritt 2:

Werte in Gleichung (4.1) einsetzen:

$$F_z (\text{kN}) = 5,5 \left(\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \right) \times 535,8 (\text{cm}^2) \times 1 = 2946,9 \text{ kN}$$

Antwort:

Es wird eine vorläufige Zuhaltekraft von 2946,9 kN, das sind ca. 290 t, benötigt.

Eine weitere sichere Methode, die vorläufige Zuhaltekraft zu erhalten, ist über die Simulationstechnik möglich. In vielen Fällen werden die Spritzgussteile bereits in der Entwicklungs- und Konstruktionsphase durch ein Spritzgießsimulationsprogramm begleitet und optimiert. Hier ist es möglich, die benötigte Zuhaltekraft (Bild 4.10) für die im Praxisbeispiel gezeigte Gehäuseblende anzeigen zu lassen und für die Abmusterung zu nutzen.

Mit dieser selbst errechneten oder aus der Simulation entnommenen Zuhaltekraft kann die folgende Füllbildstudie (siehe auch Kapitel 6 „Füllstudie, Nachdruck und Werkzeugzuhaltekraft“) begonnen werden. Auf die Zuhaltekraft wird zum späteren Zeitpunkt in Kapitel 6 „Füllstudie, Nachdruck und Werkzeugzuhaltekraft“ detailliert eingegangen. Hier werden alle wichtigen Hintergrundinformationen sowie eine Optimierungsstrategie aufgezeigt.

TABELLE 5.16 Düsenanpresskräfte von Spritzgießmaschinen [3]

Schließkraft (kN):	Düsenanpresskraft (kN):
bis 500	30 bis 100
501 bis 1000	50 bis 100
1001 bis 5000	80 bis 200
5001 bis 10 000	120 bis 250
Über 10 000	120 bis 400

5.5.2 Vorgehensweise zur Erstellung eines Düsenabdruckes

- **Schritt 1:** Papier zwischen Angussbuchse und Maschinendüse hängen
- **Schritt 2:** Maschinendüse im Einrichtbetrieb auf das Werkzeug fahren
- **Schritt 3:** Beurteilung der Düsenzentrierung und der Radien mit Hilfe des Papierabdruckes (Bild 5.19)

**BILD 5.19** Beispiel eines Düsenabdruckes

■ 5.6 Bewegung der Plastifiziereinheit einstellen

In vielen Fällen, meist bei Kaltkanalwerkzeugen, ist es notwendig, die Plastifiziereinheit „abheben“ zu lassen (axiale Bewegung der Plastifiziereinheit). Dies dient besonders der thermischen Trennung zwischen dem kälteren Spritzgießwerkzeug und der heißen Maschinendüse. So können beispielsweise Einfriereffekte an der Maschinendüse oder mögliche Fadenbildungen des Kunststoffes vermieden werden.

Bei Heißkanalwerkzeugen sollte generell mit anliegender Maschinendüse gefahren werden. Ob ein „Abheben“ der Plastifiziereinheit notwendig ist, muss daher von der „Fachkraft für Abmusterung“ an der Maschine beurteilt werden. Der „Abhebeweg“ sollte zwischen 10 – 15 mm betragen.

5.6.1 Bewegungsgeschwindigkeit der Plastifiziereinheit

Ist ein „Abheben“ der Düse erforderlich, muss diese mit hoher Geschwindigkeit, jedoch stoßfrei, erfolgen. Hier muss darauf geachtet werden, dass während der Beschleunigung und dem Abbremsen keine Verkantungen oder sonstige Abweichungen von der Mittelachse der Maschine auftreten. Die Maschinendüse muss sanft bei langsamer Geschwindigkeit an der Angussbuchse des Werkzeuges aufgesetzt werden können, da sonst bei harten Stößen die Düse leicht zugeschmiedet bzw. beschädigt wird. Als Richtwerte sind in Tabelle 5.17 empfohlene mittlere Fahrgeschwindigkeiten der Plastifiziereinheit angegeben [3].

TABELLE 5.17 Bewegungsgeschwindigkeiten der Plastifiziereinheit [3]

Schließkraft (kN):	Bewegungsgeschwindigkeitsbereich (mm/s):
bis 500	> 0 bis 350
501 bis 1000	> 0 bis 300
1001 bis 5000	> 0 bis 250
5001 bis 10 000	> 0 bis 150
Über 10 000	> 0 bis 130

■ 5.7 Begutachtung der Kunststoffschmelze

Bevor wir in Kapitel 6 „Füllstudie, Nachdruck und Werkzeugzuhaltekraft“ zur Füllstudie kommen, ist es notwendig, die Schmelze auf folgende Punkte zu überprüfen:

- die Schmelzetemperatur und
- das optische Erscheinungsbild der Schmelze.

5.7.1 Überprüfung der Schmelzetemperatur

Die Schmelzetemperatur wird bei einer aus dem Zylinder abgespritzten Kunststoffschmelze mit Hilfe eines Thermometers (Bild 5.20) gemessen. Hierdurch können Sie beurteilen, ob eine nach dem Rohstoffhersteller empfohlene Verarbeitungstem-

TABELLE 7.3 Häufig auftretende Fehler bei einer Abmusterung

Fehler am Spritzteil:	Fehlerursache											
	Spritzgieß-prozess				Spritzgießwerkzeug							
	Plastifizieren	Einspritzphase	Nachdruckphase	Abkühlphase	Entformung	Anbindungskonzept	Temperaturführung	Entlüftungen	Tuschierungen	Heißkanalsystem	Stabilität	Werkzeugauslegung
Optische Fehler:												
Farbschlieren	X	X				X						
Verbrennungsschlieren	X	X								X		
Glasfaserschlieren	X	X	X				X					
Einfallstellen			X			X	X					
Glanz, Glanzunterschiede	X	X	X			X	X	X				
nicht aufgeschmolzenes Material im Spritzteil	X											
Bindenaht, Fließnähte	X	X	X			X	X	X				
Freistrahlbildung		X				X						
Dieseleffekt, Verbrennungen		X						X	X			
Lufthaken/Luftschlieren	X	X										
sichtbare Auswerfermarkierungen			X	X	X							
Fadenbildung	X			X		X				X		
Belagbildung	X	X						X				
Schallplatteneffekt	X	X					X					
dunkle Punkte	X									X		
matte Stellen im Angussbereich		X				X						
Abblättern der Oberflächenschicht	X	X					X					
kalter Propfen, Kaltverschiebungen	X	X				X						
graue/schwarze Wolkenbildung	X											
unvollständig gefüllte Teile	X	X	X			X	X	X				
Formteil überspritzt (Gratbildung, Schwimmhaut)	X	X	X						X		X	
Deformation beim Entformen			X	X	X							
Verzug des Spritzteils	X	X	X	X	X	X	X					X
Spannungsrisse, Weißbruch am Spritzteil			X	X	X		X				X	
Lufteinschlüsse, Blasenbildung	X	X						X	X			
Lunker			X			X						
Thermische Fehler:												
unzureichende Temperierung an Spritz-teilecken, Rippen, Domen und Kernen							X					X
Hot Spots am Spritzteil										X		X
Wärmenester am Spritzteil										X		X
Entformungstemperatur zu hoch				X								

Schritt 3: Gezielte Analyse von Spritzgießprozess und Spritzgießwerkzeug:

Nachdem Sie die auftretenden Fehler am Spritzteil lokalisiert, definiert und dem Spritzgießprozess oder Spritzgießwerkzeug zugeordnet haben, beginnt nun die gezielte Analyse nach den möglichen Fehlerursachen bzw. Störquellen der auftretenden Fehler.

1. Ermitteln der möglichen Einflussfaktoren:

Als Hilfestellung dafür entnehmen Sie aus Tabelle 7.4 unter Ihren auftretenden Fehlern am Spritzteil die möglichen Einflussfaktoren der Maschineneinstellparameter sowie die notwendigen Überprüfungen der Prozessparameter. Analog dazu suchen Sie aus Tabelle 7.5 die möglichen Einflussgrößen heraus, die am Spritzgießwerkzeug zu überprüfen sind.



HINWEIS: In der Tabelle 7.4 steht das „X“ für Maschineneinstellparameter, die als mögliche Einflussgrößen eine Auswirkung auf Ihren auftretenden Fehler am Spritzteil haben können. Weiter zeigen die Pfeile an, ob diese Parameter zu vergrößern (↑) oder zu verkleinern (↓) sind. Alle weiteren Felder in Tabelle 7.4 und Tabelle 7.5, die mit einem Kästchen (□) gekennzeichnet sind, müssen in der Abmusterungsanalyse gezielt überprüft und bewertet werden.

2. Zusammenfassen der analysierten Einflussfaktoren der auftretenden Fehler am Spritzteil:

Mit Hilfe eines Ursache-Wirkungsdiagramms (Bild 7.22) gilt es nun, alle möglichen Einflussfaktoren aus Tabelle 7.4 und Tabelle 7.5 graphisch zu skizzieren. Der Vorteil hierbei ist, dass alle Ihre ermittelten Einflussfaktoren die eine bestimmte Wirkung auf Ihren auftretenden Fehler am Spritzteil haben können, in ihre Haupt- und Nebenursachen zerlegt werden. Dadurch erhalten Sie eine übersichtliche Gesamtbetrachtung für die anstehenden Überprüfungen des Spritzgießprozesses sowie des Spritzgießwerkzeuges.

3. Überprüfung und Bewertung aller Einflussfaktoren der Prozessparameter und des Spritzgusswerkzeuges:

Die Einflussfaktoren aus Spritzgießprozess und Spritzgießwerkzeug, die mit einem Kästchen (□) gekennzeichnet sind, gilt es im Detail zu untersuchen. Ziel hierbei ist, neben den bereits möglichen Einflussgrößen der Maschineneinstellparameter, die verantwortlichen Fehlerursachen bzw. Störquellen der auftretenden Fehler über die Prozessparameter sowie des Spritzgießwerkzeuges zu erkennen.

Stichwortverzeichnis

A

Abmusterungsanalyse 160
– Ablauf 160
Abmusterungsscheckliste XV
Abmusterungsfachkräfte XX
Abmusterungskreislauf 249
Abmusterungsprozess 2
Abmusterungsunterlagen 19
Abmusterung von Heißkanalwerkzeugen 24
Allgemeine Informationsbeschaffung 15
amorphe Thermoplaste 44
Art der Umschaltung 108
– hydraulikdruckabhängige 109
– weg- bzw. volumenabhängig 109
– werkzeuginnendruckabhängig 110
– zeitabhängig 109
Auswerferweg 33

B

Brainstorming 237

D

Design of Experiments (DoE) 177
Dokumentation 224
Durchflussmenge 152
Düsenabdruck 97
Düsenanlagenkraft 96
Düsenanlagepunkt 95

E

Ein-Faktor-Methode 176
Einspritzdruck 81
Einspritzgeschwindigkeit 82
Einspritzgeschwindigkeitsprofil 86
Einspritzvorgang 81
Einspritzzeit 88
Energieeffizienz 6
Energieeinsparpotenziale 12
Energiamonitoring 200
Energie- und Leistungsflüsse im Spritzgießprozess 7
Entformungstemperatur 90
Enthalpie 152

F

Faktorielle Versuchsplanung 177
faserverstärkte Kunststoffe 64
Flanschttemperatur 65
Folgeabmusterung (Iterationsschleife) 245
Freigabeprozess 250
Frikionswärme 72
Füllstudie 104
– Erkenntnisse 104

G

Geschwindigkeitsprofil 32
– Werkzeug öffnen 32
– Werkzeug schließen 36

H

Hebekran 22
 Heißkanalauflheizphase 25

I

Informationsblatt für Abmusterungen 18

K

Kernzüge 34
 Kühlzeit 89
 – Näherungsformel 92
 – Simulationstechnik 92
 Kunststoffschmelze 98
 Kurz-Meeting (Ideenkonferenz) 233, 235

M

Maschineneinstelldatenblatt 224
 Maschinenfähigkeit 133
 Massepolster 69
 Maßhaltigkeit 158
 Maßnahmenfestlegung 243
 Materialdatenblatt 81
 Materialdurchsätze 64
 Mindmap 239
 Mustervorbereitung 18

N

Nachdruck 111
 Nachdruckhöhe 113
 Nachdruckprofil 117
 Nachdruckzeit 114

O

Optimierung der Grundeinstellung 173,
 174

P

Plastifiziergeschwindigkeit 74
 Plastifizierhub 68, 69

Plastifiziertvolumen 69, 72
 Plastifiziertvorgang 68
 Plastifiziertweg 68
 Produktivität 195
 Prozessfähigkeitsanalyse 210
 Prozess-Run@Rate 216
 Prozesssicherheit 211

R

Restmassepolster 69

S

Scher- und Dehnbeanspruchung 85
 Schmelzekristallinität 65
 Schmelzetemperatur 60, 98
 Schneckendekompression 72, 80
 Schneckenstaudruck 75
 – Funktion 75
 Schneckenumfangsgeschwindigkeit 72
 Schubmodul-Temperaturkurve 90
 Schussvolumen 69
 Siegelpunkt 114
 spezifischer Energieverbrauch 12, 204
 Spritzgießprozess 130
 – Aufbau 131
 – Einflussfaktoren 132
 – Energieeffizienz 194
 – Produktivität 194
 Spritzgießsimulation 16
 Spritzgießwerkzeug 51
 – Durchflussmenge 51
 – Temperaturverteilung 41
 Spritzversuche 179
 Spritzzyklus 196
 statistische Versuchsplanung 177

T

Thermisches Verhalten 58
 – amorphe Thermoplaste 58
 – teilkristalline Thermoplaste 44, 58
 Thermografie 145
 – Emissionsgrad 148

- Heißkanalsystem 151
 - Reflexionsgrad 148
 - Spritzgießwerkzeug 150
 - Spritzteil 150
 - Transmissionsgrad 148
- Tuschierung 158

U

- Umschaltpunkt 107
Ursache-Wirkungsdiagramm 164

V

- Verweilzeit 155
Vicat-Erweichungstemperatur 91
Viskosität 84
volumetrische Spritzteilstfüllung 107

W

- Wärmemenge 152
Wasseranschlussplan 29
Werkzeugabmusterungsbericht 229

- Werkzeugeinbau 26
Werkzeugeinbauhöhe 27
Werkzeuginnendruck 138
Werkzeuginnendruckkurve 138
Werkzeugkühlplan 28
Werkzeugmaße 23
Werkzeugöffnungsgeschwindigkeit 33
Werkzeugöffnungsweg 31
Werkzeugsicherung 34
 - Funktionsüberprüfung 37
 - Kraft 38
 - Weg 35
 - Zeit 35

Werkzeugtemperierung 41
Werkzeugzuhaltekraft 38
 - Optimierung 122

Wirtschaftlichkeit 194

Z

- Ziele der Abmusterung 1
Zuhaltekraft 120
Zylindertemperatur 56
 - Profil 58