

Spritzgiessmaschine, Spritzgiesswerkzeug und Spritzgiessverarbeitung

Grilamid (PA 12, PA amorph)
Grivory (partiell aromatisches PA)
Grilon (PA 6, PA 66)

Grilamid-, Grivory- und Grilon-Typen lassen sich mit handelsüblichen Spritzgiessmaschinen und Thermoplast-Spritzwerkzeugen in wirtschaftlicher Weise zu Formteilen verarbeiten.

Das vorliegende technische Merkblatt gibt Informationen über die wichtigsten Bestandteile einer Spritzgiessmaschine und über die Auslegung von Polyamid-Spritzgiesswerkzeugen. Zusätzlich sind wichtige Informationen über die Spritzgiessverarbeitung aufgeführt.

Spritzgiessmaschine

Im folgenden wird nur auf die Bauteile einer Spritzgiessmaschine eingegangen, die für eine werkstoffgerechte Verarbeitung von Grilamid-, Grivory und Grilon-Spritzgiesstypen wichtig sind.

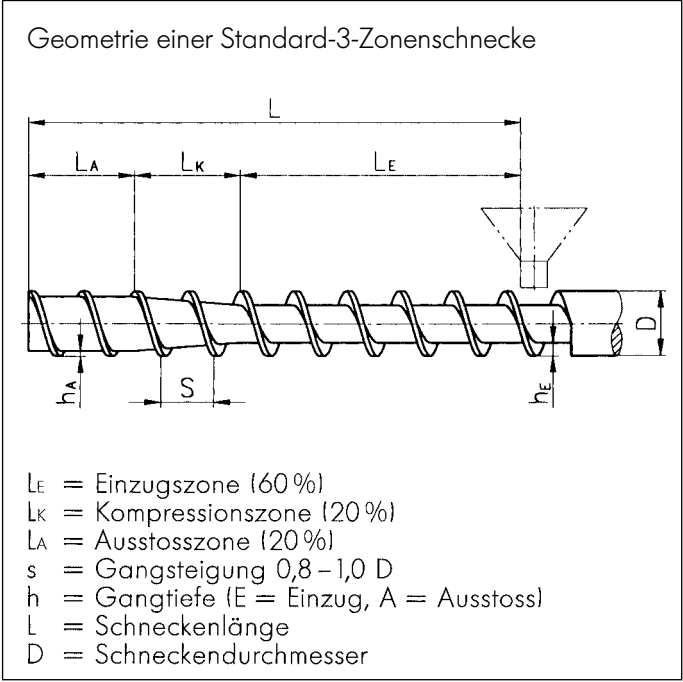
Plastifiziereinheit

Die Plastifiziereinheit besteht aus folgenden Einheiten:

- Schnecke
- Rückstromsperre
- Zylinder
- Zylinderkopf
- Düse

Schnecke

Bewährt haben sich die gängigen Standard-3-Zonenschnecken mit einem L/D-Verhältnis von 18:1 bis 22:1 und einem Gangtiefenverhältnis von 2:1 bis 2,5:1.



Bemerkung

Hochleistungs 3-Zonenschnecke:

L/D-Verhältnis 25:1

Einzugszone = 50%

Kompressionszone = 20%

Ausstosszone = 30%

Gangtiefen und Gangtiefenverhältnis

| Schnecken-Durchmesser D [mm] | Gangtiefe Einzug h_E [mm] | Gangtiefe Ausstoss h_A [mm] | Gangtiefen- verhältnis | Spiel Zylinder/ Schnecke [mm] |
|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|
| 30 | 4,3 | 2,1 | 2:1 | 0,15 |
| 40 | 5,4 | 2,6 | 2,1:1 | 0,15 |
| 60 | 7,5 | 3,4 | 2,2:1 | 0,15 |
| 80 | 9,1 | 3,8 | 2,4:1 | 0,20 |
| 100 | 10,7 | 4,3 | 2,5:1 | 0,20 |
| 120 | 12 | 4,8 | 2,5:1 | 0,25 |
| >120 | max. 14 | max. 5,6 | max. 3:1 | 0,25 |

Werkstoffauswahl für verschleissgeschützte Schnecken*

a)

Hoch-Cr-legierte Durchhärter (bis 60 Ø, 1500 mm Länge) teilweise zusätzlich ionitriert, z. B.
X155CrMo121 (1.2379); X165CrMoV12 (1.2601);
X210Cr12 (1.2080); X20CrMo122 (1.2378)
X20CrW12 (1.2436)

b)

Stellit-Stegpanzerungen mit ionitrierten Cr-Stählen; z. B.
X35CrMo17 (1.4122);
vergütet; kleine und mittlere Durchmesser
X22CrNi17 (1.4057);
vergütet; kleine und mittlere Durchmesser
X5CrNi134 (1.4313);
vergütet; alle Durchmesser

c)

Stellit-Stegpanzerungen mit Verchromungen des Schnecken-
grundes, der Flanken; z. B. 31CrMoV9 (1.8519)

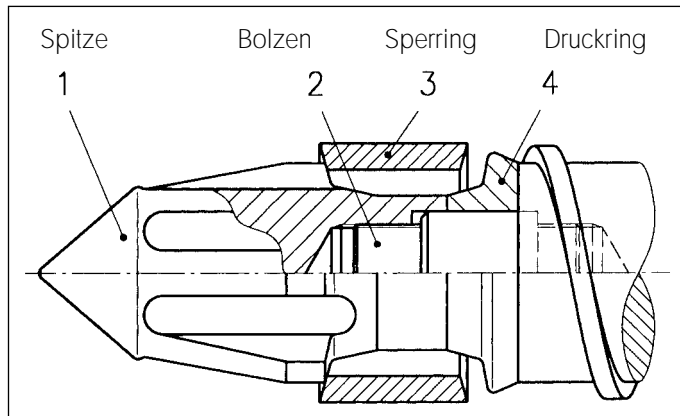
d)

Borid-Diffusionsschichten; kleine Durchmesser

* Empfehlung der Firma Netstal

Rückstromsperre

Bei der Verarbeitung von Grilamid, Grivory und Grilon muss eine Schnecke mit Rückstromsperre eingesetzt werden, um den nötigen Spritz- und Nachdruck aufbauen zu können



3-Flügel-Rückstromsperre

Funktionsbeschreibung

Durch den Förderdruck beim Dosieren wird der Sperring nach vorne geschoben und liegt an der Schneckenspitze an. Durch den kreisringförmigen Kanal fließt die Schmelze weiter in den Schneckenraum. Die Längsnuten helfen dabei, die Schmelze zu homogenisieren und die Temperaturdifferenz auszugleichen.

Zu Beginn der Einspritzphase fährt die Schnecke vor, bis der Sperring am Druckring der Schnecke anliegt und den Schneckenraum gegen die Schnecke hin abdichtet. Die Schmelze kann nicht an der Schnecke entlang zurückfließen, der nötige Spritzdruck wird aufgebaut.

Werkstoffe für Rückstromsperren

- A Spitze und Druckring
Stege der Flügelspitze immer gepanzert mit CrNiB-Legierung mit Karbid-Zusätzen
- a) Hochlegierte Cr-Stähle; gegebenenfalls ionitriert [siehe b) unter Schnecken]
 - b) Hoch-Cr-legierte Durchhärter [siehe a) unter Schnecken]
- B Sperring
- a) Hoch-Cr-legierte Stähle mit guter Zähigkeit, durchgehärtet oder vergütet, ionitriert; z. B. X155CrVMo121 (1.2379) X35CrMo17 (1.4122)

Zylinder

Die für das Aufschmelzen des Kunststoffes notwendige Wärme wird durch die Friktion der Schmelze zwischen Schnecke und Zylinderwand sowie über die Zylinderheizung aufgebracht. Die Länge des Zylinders soll in mindestens drei Heizzonen aufgeteilt sein, wobei jedes der Heizbänder über ein separates Thermoelement geregelt wird. Die Heizleistung der Bänder muss zwischen 3 und 5 W/cm² betragen, um Temperaturen bis 350 °C zu erreichen.

Die Bohrungen für die Thermoelemente liegen in der Mitte einer jeden Heizzone und reichen dicht bis an die Innenwand des Zylinders. Die Thermoelemente werden über eine Feder oder Schraube gegen das Metall gepresst. Wichtig ist ein guter Kontakt der Thermoelementspitze zum Zylinder; nur so kann eine annähernd genaue Messung der Temperatur an der Zylinderwand erfolgen. Eine Flanschkuhlung soll das Aufschmelzen des Kunststoffgranulates im Bereich der Trichterzone verhindern.

Werkstoffe für Zylinder

- a) Ausschleudering mit geeigneter Panzerschicht; meist Ni-Co-Cr-W-B-Basis; fast Fe-frei
unlegierte und legierte C-Stähle
- b) Einsetzen von ausgeschleuderten Buchsen; Trägerrohr, Nitrierstähle, z. B. 34CrAlN17 (1.8550) 31CrMoV9 (1.8519)
- c) Borid-Diffusionsschichten; kleine Durchmesser

Zylinderkopf

Der Zylinderkopf dient als Flansch und Reduzierstück für die Düse.

Werkstoff für Zylinderkopf

- a) Hochlegierte Cr-Stähle; ionitrierte [siehe b) unter Schnecken]
- b) Standard-Nitrierstähle, hartverchromt; z. B. 31CrMoV9 (1.8519)

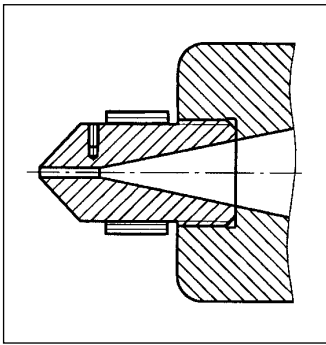
Düse

Generell können für die Verarbeitung von Grilamid-, Grivory- und Grilon-Spritzgiesstypen offene Düsen und Verschlussdüsen eingesetzt werden.

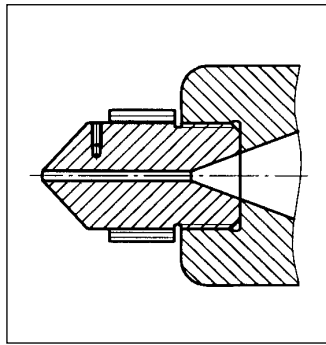
Düsen mit komplizierten Fließwegen und toten Ecken sind weniger geeignet. Von der Materialseite her müsste die strömungsgünstige, offene Düse den Verschlussdüsen vorgezogen werden.

Offene Düsen

Offenen Düsen können aber nur dann eingesetzt werden, wenn die Dosierzeit innerhalb der Kühlzeit liegt, so dass die Düse beim Dosiervorgang am Werkzeug anliegt und keine Schmelze austreten kann. Dabei ist darauf zu achten, dass die Kontaktfläche und die Kontaktzeit zwischen beheizter Düse und temperiertem Werkzeug möglichst klein sind, um eine Abkühlung der Düsenspitze zu vermeiden (kalter Pfropfen).



Strömungsgünstige, offene Düse



Offene Düse mit längerer Bohrung, um ein Auslaufen der Schmelze zu verzögern. Nachteil: höherer Fließwiderstand.

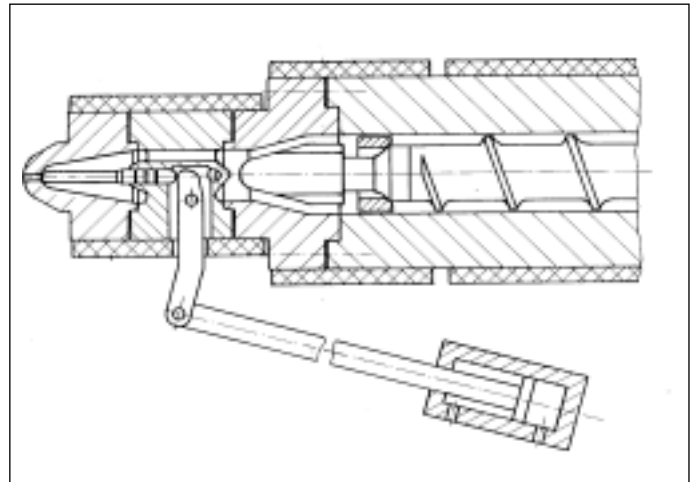
Ebenfalls wird nach dem Dosieren ein Dekompressionshub empfohlen, d.h. die Schnecke wird nach dem Dosiervorgang einige Millimeter zurückgezogen und dadurch der Schmelzedruck im Schneckenorraum entlastet. Die Entlastung darf aber nur über eine kleine Strecke oder kurze Zeit erfolgen, da sonst Luft durch die Düse eingezogen wird.

Verschlussdüsen

Verschlussdüsen finden hauptsächlich bei der Verarbeitung niedrigviskoser Materialien Verwendung, um ein Ausfließen von Schmelze nach dem Abheben der Düse zu vermeiden. Beim Einsatz einer Verschlussdüse muss jedoch darauf geachtet werden, dass die gewählte Düse einen strömungsgünstigen Fließkanal ohne Stagnations- und Verweilstellen aufweist. Bei hoch gefüllten Kunststoffen sind zudem auch Probleme durch Verschleiss möglich.

Für die Verarbeitung von Grilamid, Grivory und Grilon haben sich axiale Nadelverschlussdüsen als am geeignetsten erwiesen. Bei dieser Bauart wird die Düsenbohrung durch eine innenliegende Nadel verschlossen.

Der Antrieb der Verschlussnadel kann entweder über Federkraft oder über einen hydraulischen bzw. pneumatischen Antrieb erfolgen.

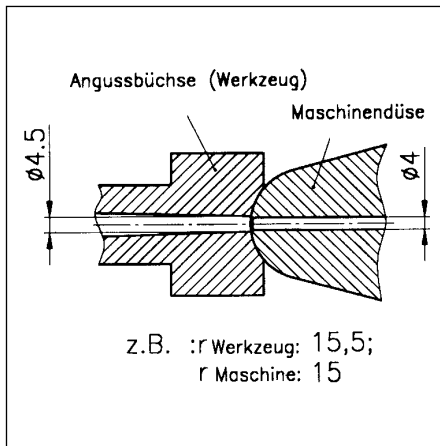


Hydraulisch betätigte Nadelverschlussdüse

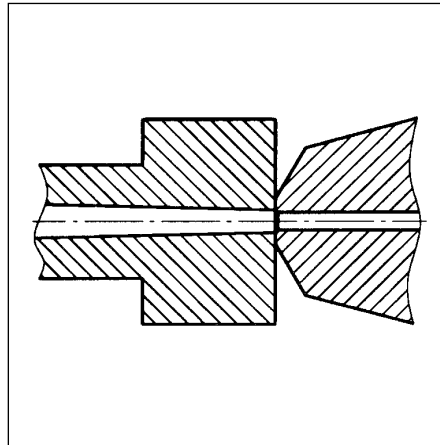
Bei der federkraftbetätigten Nadelverschlussdüse erfolgt das Öffnen und Schließen über den Druck im Schneckenorraum. Die Federkraft bestimmt hier den maximal möglichen Staudruck beim Dosieren mit abgehobener Düse.

Das druckabhängige Öffnen der Verschlussnadel und das damit verbundene schlagartige Füllen von Anguss und Verteiler kann bei bestimmten Formteilen zu Problemen führen.

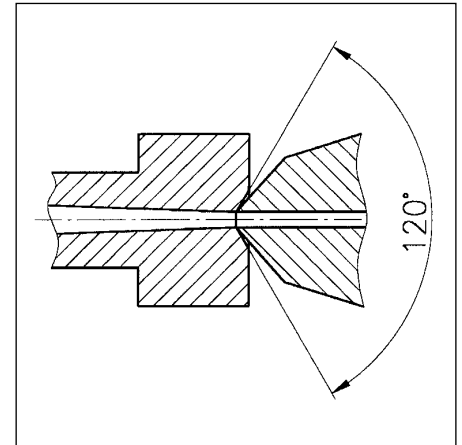
Besser sind hier pneumatisch bzw. hydraulisch betätigte Nadelverschlussdüsen, da hier der Zeitpunkt des Öffnens und Schließens der Verschlussnadel unabhängig vom Druck im Schneckenorraum frei festgelegt werden kann.



Beispiel für korrekte Düsen-/Angussgestaltung



Flachdüse



Kegelförmiges Düse-/Anguss-System

Alle Düsen, ob Verschluss- oder offene Düsen, müssen beim Verarbeiten von Grilamid, Grivory oder Grilon mit einer leistungsfähigen Heizung versehen sein, welche ein Einfrieren der Düse verhindert.

Der Durchmesser der Düsenbohrung soll, je nach Spritzteil, zwischen 3 und 6 mm liegen, jedoch immer etwas kleiner sein als der Durchmesser der Angussbuchse im Werkzeug.

Übergang Angussbuchse/Maschinendüse

Radiusdüsen

Bei Radiusdüsen muss der Radius der Werkzeugdüse etwas grösser sein als der Radius der Maschinendüse ($R_w > R_m$). Dadurch wird die Kontaktfläche verringert, die Flächenpressung erhöht und Hinterschnitten vorgebeugt; die Düsen zentrieren sich selbst.

Flachdüsen

Flachdüsen sind einfach herzustellen und leicht nachzuarbeiten. Sie zentrieren sich jedoch nicht selbst mit der Werkzeugdüse. Bei einem Versatz der Bohrung entsteht ein Hinterschnitt und der Fließwiderstand wird erhöht.

Düse mit kegelförmiger Kontaktfläche

Düsen mit kegelförmiger Kontaktfläche sind leicht nachzuarbeiten und zentrieren sich selbst. Üblich sind Kegelwinkel von 120° .

Auswahl der Spritzgiessmaschine

Die Auswahl der Spritzgiessmaschine erfolgt nach den folgenden Kriterien:

- Werkzeugabmessungen
- Notwendiges Schussvolumen
- Zuhaltekraft

Werkzeugabmessung

Infolge der Werkzeugabmessungen wird eine geeignete Spritzgiessmaschine ausgewählt. Zu berücksichtigen sind: Holmenabstände (fällt weg bei der holmlosen Spritzgiessmaschine), maximale und minimale Werkzeugeinbauhöhe, notwendiger Werkzeugöffnungsweg sowie Ausstossweg.

Notwendiges Schussvolumen

Das Schussvolumen bestimmt die Spritzaggregatgrösse. In der Regel sollte diese so gross gewählt werden, dass 80 % des maximal möglichen Dosiervolumens ausgenutzt wird. Dies gilt insbesondere für temperaturempfindliche Materialien. Für weniger empfindliche sollte der Dosierweg im Minimum grösser sein als die Länge der Rückstromsperre.

Zuhaltekraft

Die Zuhaltekraft muss grösser sein als die beim Einspritzen bzw. Nachdrücken entstehende Auftriebskraft im Werkzeug. Die Auftriebskraft errechnet sich aus der projizierten Fläche des Spritzlings inklusive Angussystem multipliziert mit dem wirksamen Werkzeuginnendruck.

Für technische Teile aus Grilamid, Grivory und Grilon muss je nach Fließweg-/Wanddicken-Verhältnis mit einem Werkzeuginnendruck von 350–800 bar gerechnet werden. Da die projizierte Fläche oft nur annähernd gerechnet wird, empfehlen wir eine zusätzliche Sicherheit von 10 %.

Spritzgiesswerkzeug

Einleitung

Das Spritzgiesswerkzeug hat im gesamten Spritzgiessprozess eine grosse Bedeutung. Nur eine richtig ausgelegte Werkzeugkonstruktion garantiert

- die geforderte Formteilqualität
- eine störungsfreie Produktion
- kurze Zyklen
- eine lange Standzeit des Werkzeuges
- die vorbestimmten Materialeigenschaften
- eine wirtschaftliche Produktion

Konstruktionsfehler können zwar bedingt durch die Einstellparameter der Spritzgiessmaschine kompensiert werden, schränken den Verarbeitungsspielraum jedoch ein und gehen auf Kosten der oben genannten Punkte.

Für das Auslegen der Werkzeuge gelten die für Thermoplaste üblichen Richtlinien.

Richtgrösse für die mechanische Belastung (Biegung, Stauchung) ist ein wirksamer Werkzeuginnendruck von max. 800 bar. Für die formbildenden Bereiche genügen übliche verschleissfeste Werkzeugstähle (auf ca. 50–65 HRC gehärtet).

Anguss- und Anschnittgestaltung für Polyamide

Allgemeines

Ein zentraler Stangenanguss im Bereich der grössten Wanddicken ist der sicherste Weg zur guten Formfüllung und zum Vermeiden von Einfallstellen. Punktanschnitt (direkt) oder Tunnelanguss sind aber wirtschaftlicher und auch bei technischen Teilen üblich. Um ein zu frühes Einfrieren zu vermeiden und um die Formfüllung nicht zu erschweren, gilt:

Angussdurchmesser = $1,4 \times$ grösste Teilwanddicke

- minimal 4 mm Durchmesser
- maximal ca. 12 mm Durchmesser

Anschnittdurchmesser = $0,8 \times$ grösste Teilwanddicke

- (Punkt in der Trennebene);
- minimal 1,5 mm Durchmesser
 - maximal ist abhängig von der Auswerferlage und Schneidkantenfestigkeit bei Tunnelanschnitten: ca. 2 mm

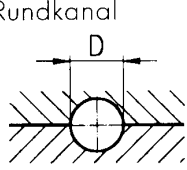
Auch die Lage des Punktanschnittes sollte im Bereich der grössten Wandstärke (Massenanhäufung) liegen. Freier Massestrahl ist zu vermeiden.

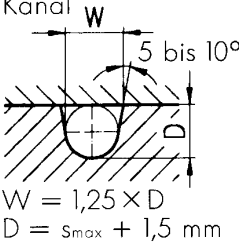
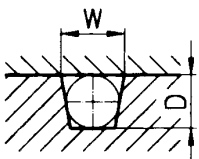
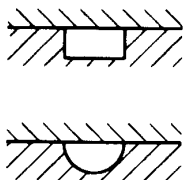
Angusskanal

Der Angusskanal ist die Verbindung von der Maschinendüse bis zum Anschnitt. Im wesentlichen hat er folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Formmasse möglichst rasch und ungehindert auf kürzestem Wege, bei geringstem Wärme- und Druckverlust, in den Werkzeughohlraum leiten.
- An allen Anschnittstellen muss Material gleichen Druckes und gleicher Temperatur gleichzeitig in den bzw. in die Werkzeughohlräume gelangen
- Kleiner Querschnitt des Kanals aus Gründen des Materialersparnis. Andererseits ist ein grosser Querschnitt günstig, um optimale Werkzeugfüllung und ausreichenden Nachdruck zu erreichen. Grosser Kanalquerschnitt verlängert unter Umständen die Kühlzeit.
- Das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen möglichst klein halten.

Der präzisen Dimensionierung und Ausführung der Kanäle kommt somit sowohl hinsichtlich der Qualität der Formteile als auch der Wirtschaftlichkeit ihrer Fertigung grosse Bedeutung zu. Die folgende Übersicht zeigt eine Gegenüberstellung der gebräuchlichen Kanalquerschnitte.

| | |
|--|--|
| <p>Rundkanal</p>  <p>$D = s_{max} + 1,5 \text{ mm}$</p> | <p>Vorteile: Geringste Oberfläche bezogen auf den Querschnitt, geringste Abkühlung, geringste Wärme- und Reibungsverluste, Masse erstarrt im Zentrum eines runden Kanals zuletzt, dadurch gute Nachdruckwirkung</p> <p>Nachteile: Muss zu gleichen Teilen in beide Werkzeughälften eingearbeitet werden, dadurch schwierig und teuer</p> |
|--|--|

| | |
|--|--|
| <p>Parabelförmiger Kanal</p>  <p>$W = 1,25 \times D$ $D = s_{\max} + 1,5 \text{ mm}$</p> | <p>Vorteile: Gute Annäherung an Rundkanal, einfachere Herstellung, da Einarbeitung nur in einer Werkzeughälfte (Auswerferseite aus Entformungsgründen). Anwendung, wenn Schieber relativ zur Trennebene bewegt werden müssen.</p> <p>Nachteile: Wärmeverluste und Abfall etwas grösser gegenüber Rundkanal</p> |
| <p>Trapezförmiger Kanal</p>  <p>$W = 1,25 \times D$</p> | <p>Alternativlösung zum parabelförmigen Kanal</p> <p>Nachteile: Wärmeverluste und Abfall grösser gegenüber parabelförmigem Kanal</p> |
|  | <p>Ungünstige Querschnitte sind zu vermeiden</p> |

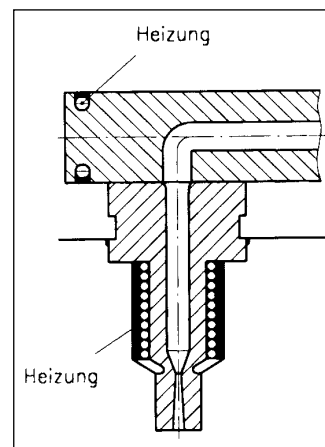
Eine Besonderheit bei den Angussystemen stellt das Heisskanalsystem dar. Hier wird der ganze Kanal beheizt und somit das Material im Schmelzezustand gehalten.

Die Vorteile des Heisskanals sind:

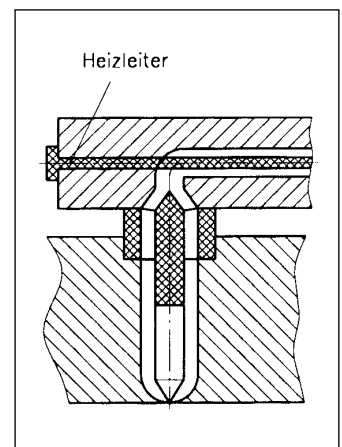
- keine Nacharbeit
- Einsparen des Angussmaterials
- einfachere Automatisierung
- es können längere Fließwege realisiert werden

Es wird zwischen aussen- und innenbeheizten Heisskanalsystemen unterschieden. Aussenbeheizte Systeme haben den Vorteil einer genaueren Temperaturführung. Zudem weisen sie geringere Druckverluste auf und sind gut balancierbar.

Nur eine materialbezogene richtige Temperatureinstellung garantiert ein optimales Funktionieren des Heisskanals.



Aussenbeheizt; geeignet für Polyamide



Innenbeheizt; nicht empfohlen für Polyamide

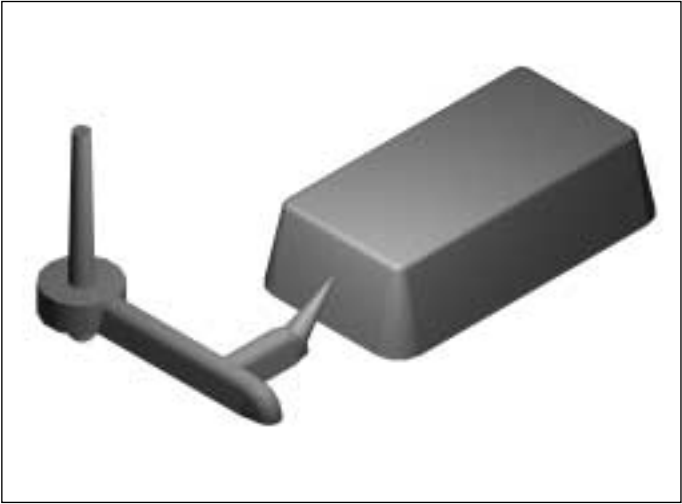
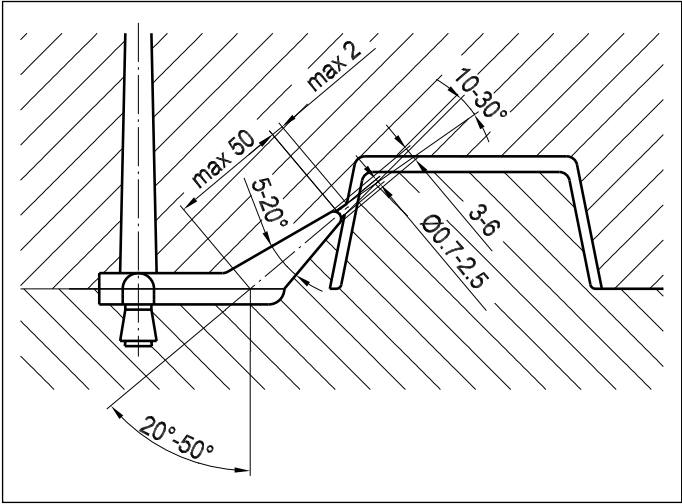
| Heisskanaltemperaturen (°C) für EMS-CHEMIE-Polyamide: | |
|---|---------|
| Grilamid unverstärkt | 200–240 |
| Grilamid verstärkt | 220–260 |
| Grivory G | 270–300 |
| Grivory HT | 320–350 |
| Grilon unverstärkt | 240–280 |
| Grilon verstärkt | 250–300 |

| | |
|----------------------|---------|
| Grilon T unverstärkt | 270–300 |
| Grilon T verstärkt | 270–300 |

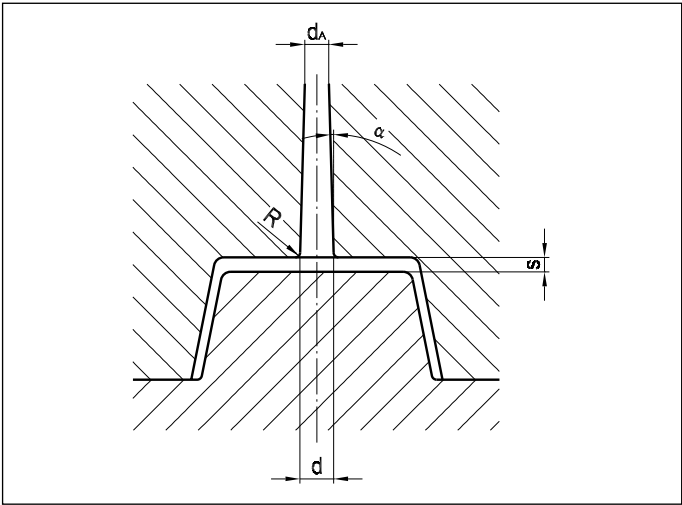
Anschnitt

Der Anschnitt ist der Übergang vom Angusskanal in die Formteilkavität. In den folgenden Abbildungen sind verschiedene Anschnittssysteme mit Abmessungen dargestellt.

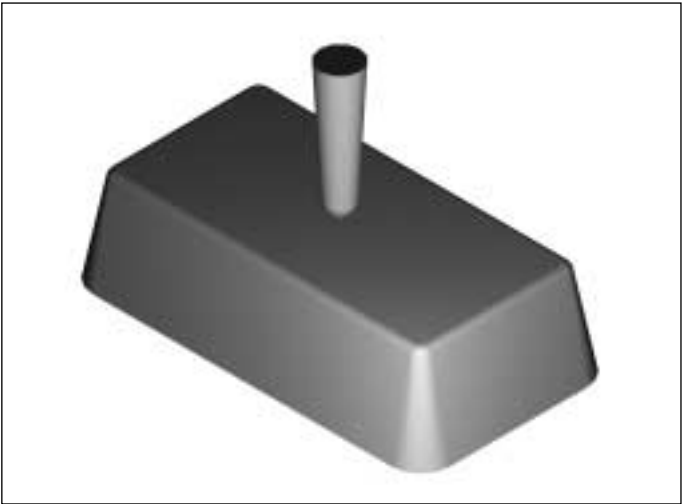
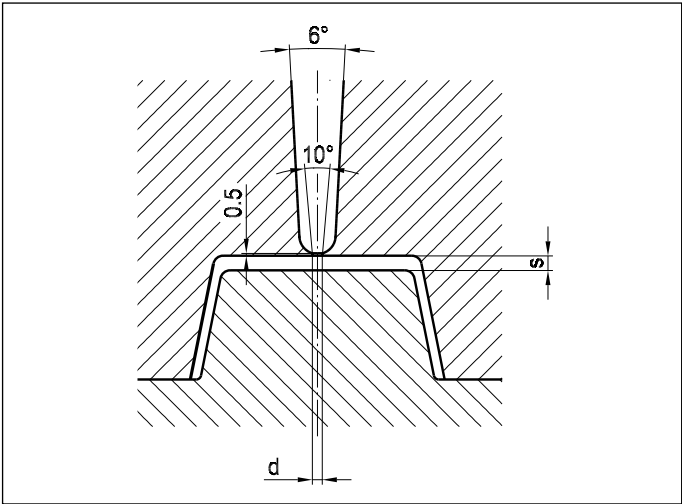
Tunnelanschnitt



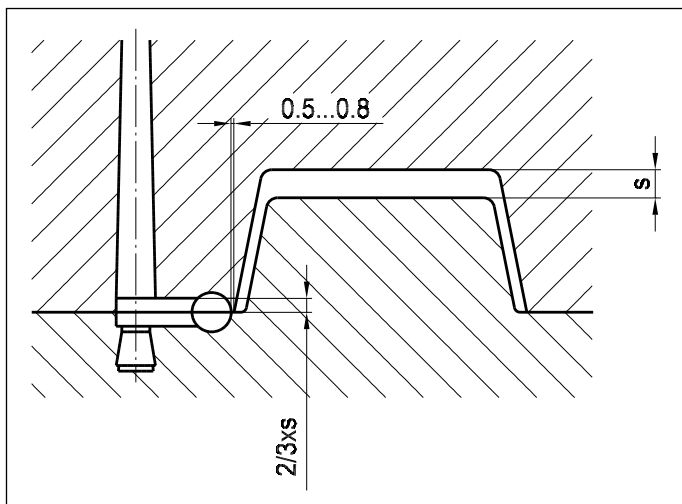
Stangenanguss



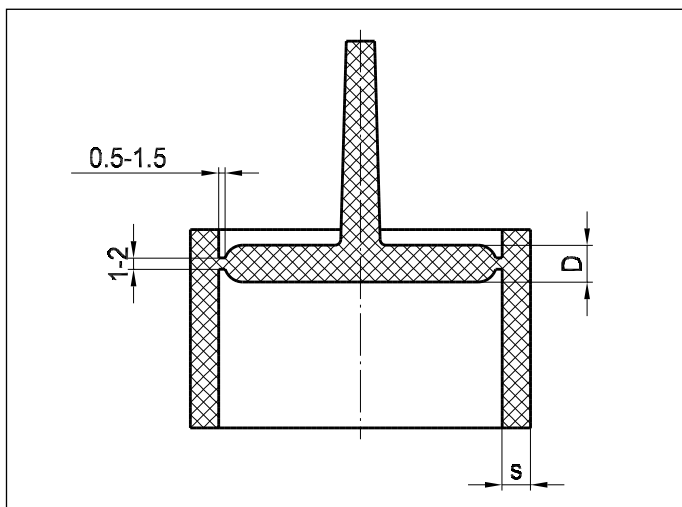
Punktanschnitt



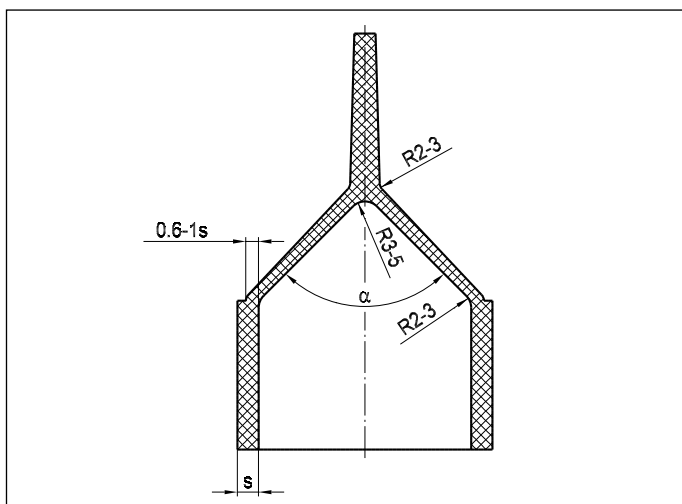
Filmanschnitt



Ringanschnitt



Schirmanschnitt



Die goldenen Regeln der Anguss- und Anschnittgestaltung

1. Vorzugsweise direkter Stangenanguss in das Zentrum des Teils
2. Anschnitt an die dickste Wandstärke legen
3. Immer einen Propfenfänger vorsehen
4. Verteilerdurchmesser grösser als Teilewanddicke
5. Anschnittdicke mindestens 50% der Teilewanddicke
6. Freistrahlbildung durch grosse Anschnittquerschnitte und Spritzen gegen eine Wand verhindern
7. Wenn mehrere Anschnitte notwendig, Bildung von Bindenähten beachten

Werkstoffauswahl für Spritzgiesswerkzeuge

Mit dem Ziel einer hohen Gebrauchstauglichkeit werden an die Werkstoffe zur Herstellung von Werkzeugen unterschiedliche Anforderungen gestellt:

Hohe Verschleissfestigkeit

Um beispielsweise die Steifheit der Formstoffe zu erhöhen, wird von einer Verstärkung mit Glasfasern, mineralischen Füllstoffen etc. im grossen Masse Gebrauch gemacht. Diese, wie im übrigen auch einige Farbpigmente, wirken verschleissfördernd. Einer geeigneten Werkstoffauswahl und/oder Oberflächenbeschichtung kommt daher grosse Bedeutung zu.

Hohe Korrosionsbeständigkeit

Aggressive Komponenten wie z.B. FlammSchutzausrüstungen oder auch die Schmelze selbst können die formgebenden Oberflächen chemisch angreifen. Zusammen mit abrasiv wirkenden Füll- und Verstärkungsstoffen kann so eine kumulative Werkzeugschädigung auftreten. Es empfehlen sich daher korrosionsbeständige Stähle oder Oberflächenbeschichtungen (z. B. Mehrschichtenverchromung)

Hohe Massbeständigkeit

Die Verarbeitung von z.B. hochtemperaturbeständigen Kunststoffen verlangt Werkzeugwandtemperaturen, die bis etwa 160 °C reichen können. Dies setzt Werkzeugstähle von entsprechend hoher Anlassbeständigkeit voraus (sogenannte warmfeste Stähle). Eine Nichtbeachtung dieser Forderung kann temperaturabhängig zu einer Gefügeänderung und damit zu einer masslichen Veränderung und Härteverlust des Werkzeuges führen.

Gute Wärmeleitfähigkeit

Insbesondere bei der Verarbeitung teilkristalliner Thermoplaste kommt einer intensiven Werkzeugtemperierung eine grosse Bedeutung zu. Um den Wärmetransport gezielt zu beeinflussen, können unterschiedlich legierte Stähle Verwendung finden. Die Beeinflussung der Wärmeleitfähigkeit durch diese Massnahmen ist jedoch relativ gering. Einer deutlich verbesserten Wärmeleitfähigkeit von Kupfer, Kupferknetlegierungen usw. stehen der relativ niedrige Elastizitätsmodul, die relativ niedrige Härte und der geringere Verschleisswiderstand entgegen. Durch Art und Menge von Legierungsbestandteilen lassen sich die mechanischen Werte in gewissen Grenzen variieren. Gleichzeitig wird aber auch jeweils die Wärmeleitfähigkeit beeinflusst. Die Verschleissfestigkeit kann durch Oberflächenbeschichtungen (z.B. stromloses Vernickeln) deutlich angehoben werden. Es ist aber zu beachten, dass bei Flächen- oder Hertz'scher Pressung eine harte Oberflächenschicht infolge geringer Stützwirkung des (weichen) Grundmaterials durchgedrückt werden kann. Neben diesen Forderungen müssen sich die Werkstoffe darüber hinaus durch gute Bearbeitbarkeit, hohen Reinheitsgrad und gute Polierfähigkeit auszeichnen.

Werkzeugstähle

Die Steifheit eines Werkzeuges ist von der Stahlauswahl unabhängig, da der Elastizitätsmodul bei allen üblichen Werkzeugstählen praktisch identisch ist. Jedoch können je nach Gewichtung der Anforderungen unterschiedliche Werkstoffe den jeweiligen Anforderungen bestmöglich entsprechen:

- Einsatzstähle
- vergütete Stähle (vorvergütet)
- durchhärtbare Stähle
- korrosionsbeständige Stähle
- Sonderwerkstoffe

Durchhärtende Stähle

Für die Verarbeitung von Grilamid, Grivory und Grilon haben sich durchhärtbare Stähle wie 1.2343 oder 1.2767 bewährt. Diese zeigen einen sehr hohen Verschleisswiderstand und können grosse Druckbelastungen aufnehmen. Dies ermöglicht sehr hohe Schusszahlen.

Durchhärtende Stähle*

| Kurzname | Werkstoff-Nr. | Einbaufestigkeit [MPa] bzw. Härte HRC | Anmerkungen |
|--------------|---------------|---|--|
| X38CrMoV51 | 1.2343 | 1450 | Standard-Warmarbeitsstahl |
| X45NiCrMo4 | 1.2767 | 50–54 | sehr gut polierfähig, hohe Zähigkeit |
| 90MnCrV8 | 1.2842 | 56–62 | normale Verschleissfestigkeit |
| X155CrVMo121 | 1.2379 | 58 | gute Verschleissfestigkeit, gute Zähigkeit |
| X210Cr12 | 1.2080 | 60–62 | hohe Verschleissfestigkeit |
| X165CrMoV12 | 1.2601 | 63 | hoch verschleissfester Stahl |

Korrosionsbeständige Stähle

| Kurzname | Werkstoff-Nr. | Härte HRC | Anmerkungen |
|------------|---------------|-----------|--|
| X42Cr13 | 1.2083 | 54–56 | korrosionsbeständig nur im polierten Zustand |
| X36CrMo17 | 1.2316 | 50 | Bearbeitung im vergüteten Zustand; hohe Korrosionsbeständigkeit |
| X105CrMo17 | 1.4125 | 57–60 | rost- und säurebeständiger Stahl, verschleissfest |

Korrosionsbeständige Stähle

Zum Schutz gegen korrosiv wirkende Kunststoffe oder deren Zusätze besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die Werkzeuge zu galvanisieren. Von Nachteil kann dabei sein, dass z. B. an Schliesskanten als Folge hoher Flächenpressung die aufgetragene Schicht abblättern kann. Es empfiehlt sich daher das Verwenden korrosionsbeständiger Stähle. Ein Nitrieren korrosionsbeständiger Stähle sollte wegen der damit verbundenen Verschlechterung der Korrosionsbeständigkeit grundsätzlich unterbleiben.

Werkstoffe mit hoher Wärmeleitfähigkeit

Einer optimalen Temperierung eines Werkzeuges ist grosse Bedeutung beizumessen. Sie bestimmt wesentlich die Kühl- und somit die Zykluszeit und ist insbesondere bei teilkristallinen Thermoplasten von grossem Einfluss auf Verzugseignung, Masshaltigkeit, also auf die Qualität von Formteilen.

Um den Wärmetransport, d.h. die Wärmeleitfähigkeit von Teilbereichen, aber auch ganzen Werkzeugpartien zu verbessern, haben sich Nichteisenmetalle wie

- Kupfer
- Kobalt-Beryllium
- Kupfer-Kobalt-Beryllium
- Kupfer-Chrom-Zirkonium usw.

bewährt. Die Wärmeleitfähigkeit dieser Werkstoffe ist im allgemeinen ein Vielfaches der von Werkzeugstählen, ohne jedoch deren Härte, Verschleisswiderstand, Druckfestigkeit und Wechselfestigkeit zu erreichen. Eine geeignete Oberflächenbeschich-

tung ist häufig eine notwendige Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz dieser Werkstoffe.

Oberflächenbehandlung

Zur Lösung von Verschleiss-, Reibungs- und Korrosionsproblemen werden verschiedene Oberflächenbehandlungsverfahren angewendet. Neben den bekannten thermochemischen (Nitrieren, Borieren) und galvanischen Verfahren (Hartverchromen, Vernickeln) gelangen Verfahren der Dünnschicht-Metallurgie wie die CVD-(Chemical Vapour Deposition) und PVD-(Physical Vapour Deposition) Technik zur Anwendung.

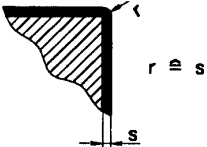

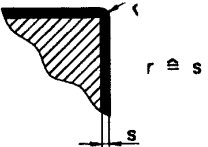
Bei Spritzgiesswerkzeugen haben sich die PVD-Beschichtungen durchgesetzt. Einige Gründe hierfür sind:

- Die Beschichtung erfolgt unterhalb der Anlasstemperatur vieler wichtiger Werkzeugstähle, dadurch werden Härteverluste vermieden.
- Das Risiko von Verzug und Massänderungen ist gering, weil die Beschichtung nach der Wärmebehandlung erfolgt.
- Im allgemeinen werden enge Toleranzen bei Schichtdicken von weniger als 5 µm nicht beeinträchtigt.

Ebenfalls haben sich TiN-Beschichtungen (Titan-Nitrid) durch höhere Standzeiten, weniger Formbelag und weniger Entformungsschwierigkeiten sowie durch einen günstigen Formfüllvorgang bewährt. Durch TiN-Beschichtung ist es möglich, die Verfügbarkeit der Produktionseinrichtung zu erhöhen, deren Betriebssicherheit zu verbessern und die Qualität der Spritzlinge zu optimieren.

* Literaturangabe: Menges G.; Mohren P.; Spritzgieß-Werkzeuge, Carl Manser Verlag 1998, S. 7–11

Vergleich von Oberflächenbehandlungen*

| | Chemisch Nickel | Hartchrom | TiN | TiCN | CrN |
|---------------------------------|--|---|--|------|------|
| Härte (HV) | 400– 600 900–1000 getempert | 800– 1000 | 2300 | 3000 | 1750 |
| Widerstand Abrasion | gering – mittel | mittel | hoch | | |
| Korrosionsbeständigkeit | gut | begrenzt | begrenzt | | |
| Entformung verbessert | bedingt ¹⁾ | bedingt ²⁾ | gut ³⁾ | | |
| Reduktion Formbelag | bedingt | bedingt | gut | | |
| Glanzgrad Spritzlinge | ↑ | ↓ | kein Unterschied | | |
| Beschichtung Strukturflächen | bedingt möglich | bedingt möglich | Mikrostrahlen | | |
| Schichtdicke s [µm] | 5–150 (> 20) | 5–1000 | 1–4 | | |
| Kanten |  |  |  | | |
| Beschichtung Bohrungen, Schlitz | ja (Spülvorrichtung) | Ø > 3 mm Spalte > 2 mm | begrenzt | | |
| Entschichten | ja | ja | ja | | |

¹⁾ abhängig von Schmelze

²⁾ Nasen, Mikrorisse

³⁾ abhängig von Schmelze und Werkzeuggeometrie

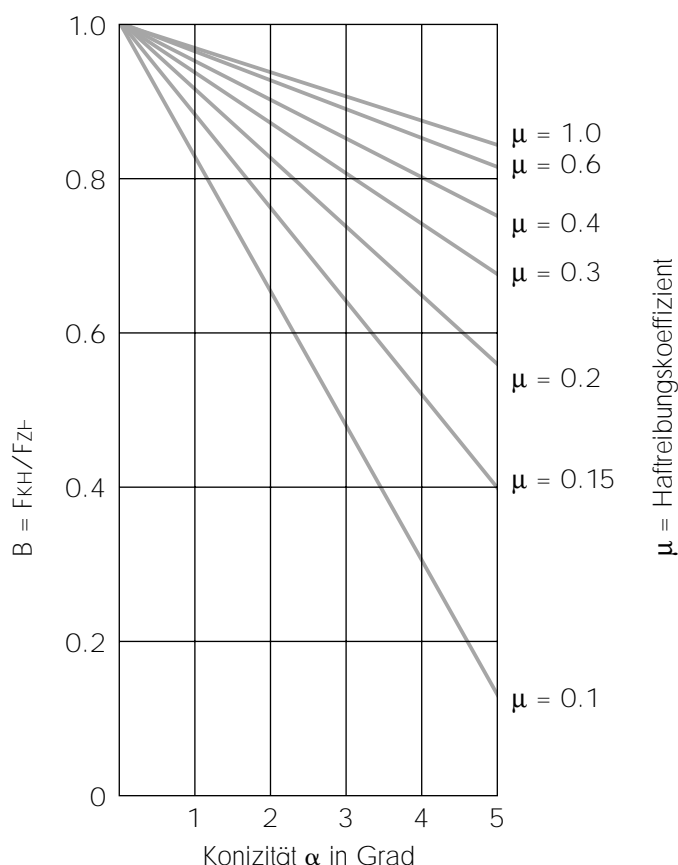
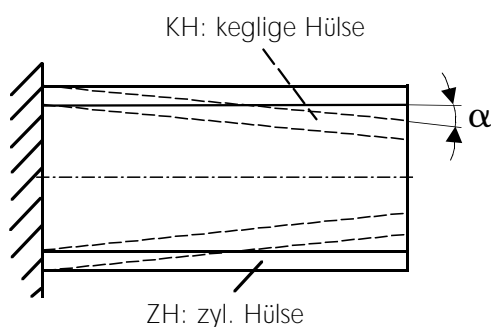
Entformungsschrägen

Entformungskräfte entstehen durch Aufschrumpfen, Klemmen, Adhäsion, Kleben oder Vakuumwirkung.

Entformungsschrägen ermöglichen bzw. tragen wesentlich zu einer guten Entformbarkeit bei. Die Entformungskraft wird dadurch nach dem nebenstehenden Diagramm um den Faktor B vermindert.

$\left(B = \frac{F_{KH}}{F_{ZH}} \right)$ Verhältnis Entformungskraft von Kegelhülse zu Zylinder

Zum nebenstehenden Diagramm:



* Literaturangabe: R. Wild «Eigenschaftverbesserung an Spritzgusswerkzeugen durch Hartstoffbeschichtung». Fachbericht der Firma Balzers

Die Entformungsschräge beträgt bei Spritzgiesswerkzeugen für Polyamid im allgemeinen 1–2°. Es darf aber nicht vernachlässigt werden, dass die Entformungskraft zusätzlich von der Oberflächenrauigkeit abhängig ist.

Die Oberflächenrauheit beeinflusst in Form von Hinterschnitten den Haftreibungskoeffizienten, der massgebend für die Entformungskraft ist. Es gilt: je feiner die Oberfläche, desto kleiner der Haftreibungswert und desto besser die Entformbarkeit.

| Werkzeugfläche | Erodier. Prüfnorm VDI 3400 Klasse | Rauhtiefe μm | | Entformungs- schräge |
|----------------|--|-------------------------|-------|-------------------------|
| | | R_{max} | R_a | |
| Gestrahlt | 18 | 5,0 | 0,85 | 1° |
| | 21 | 8,3 | 1,12 | |
| feinerodiert | 24 | 12,0 | 1,60 | 2° |
| mittlerodiert | 27 | 19,0 | 2,50 | |
| | 30 | 26,5 | 3,20 | 3° |
| | 33 | 39,0 | 4,50 | |
| groberodiert | 36 | 53,0 | 6,30 | 5° |
| | 39 | 70,0 | 9,00 | |

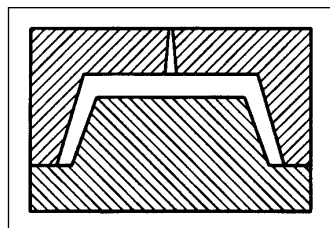
R_{max} = maximale Rauhtiefe R_a = Mittenrauhheitswert

Entlüftungen

Die Schmelze muss während des Füllvorganges die im Formnest befindliche Luft möglichst schnell verdrängen können. Eingeschlossene Luft kann die vollständige Füllung des Formnestes verhindern. Durch die starke Kompression erwärmt sich die eingeschlossene Luft. Dies führt zur Verbrennung der Schmelze (Diseleffekt). Da Polyamide zu den stark «diselempfindlichen» Kunststoffen gezählt werden, ist eine gute Entlüftung des Werkzeuges wichtig.

Durch die richtige Wahl der Anschnittposition können Entlüftungsprobleme bereits in der Werkzeugkonstruktion minimiert werden. Die Luft sollte vorzugsweise immer zur Trennebene verdrängt werden.

Ist dies nicht möglich, müssen zusätzliche Trennfugen angebracht werden.



Entlüftungen können auch durch geschicktes Trennen von Einsätzen oder Setzen von Entlüftungstiften realisiert werden. Eine bewährte Lösung ist das Plazieren eines Auswerfers am richtigen Ort. Die Toleranzkombination H7/g6 lässt eine optimale Entlüftung zu. Für eine wirksame Entlüftung muss hinter den Entlüftungsspalt ein Abzugskanal in den Auswerfer angebracht werden.

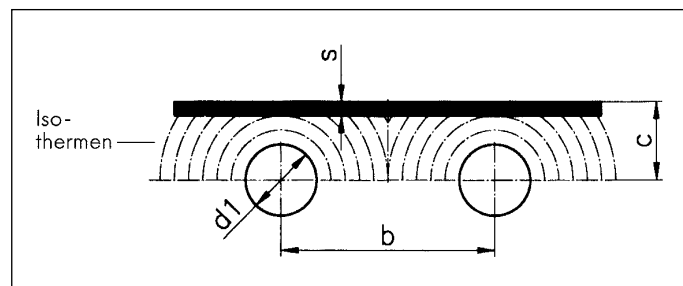
Entlüftungskanäle begünstigen die Werkzeugentlüftung enorm und verhindern den Aufbau eines Gegendruckes. Der Entlüftungsspalt soll für Polyamide nicht grösser sein als 0,02 (0,03) mm. Die Länge beträgt 1,5 bis 2,5 mm. Dann mündet er in den Abzugskanal mit grossem Querschnitt (0,5 mm) ein.

Heute werden oft auch Entlüftungsstopfen aus Sintermetall eingesetzt. Falls die Gefahr von Formbelagsbildung besteht, müssen sie rechtzeitig ausgewechselt werden.

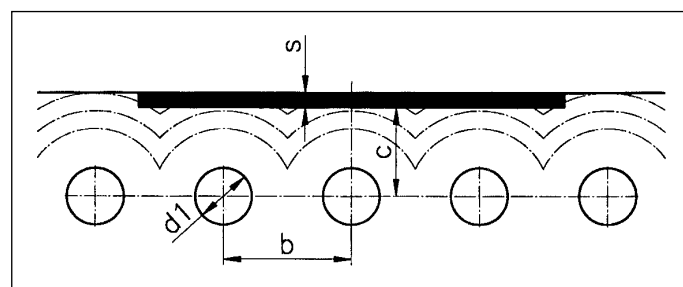
Entlüftungen müssen regelmässig gewartet und gereinigt werden, um ihre Funktion gewährleisten zu können.

Werkzeugkühlung

Die Werkzeugkühlung hat zum Ziel, eine möglichst gleichmässige Temperaturverteilung über die Kavitätsoberfläche zu garantieren. Nur durch eine gute thermische Auslegung des Spritzgiesswerkzeuges lässt sich eine hohe Formteilqualität bei kurzen Spritzzyklen erreichen.



Ungleichmässige Wärmeabfuhr



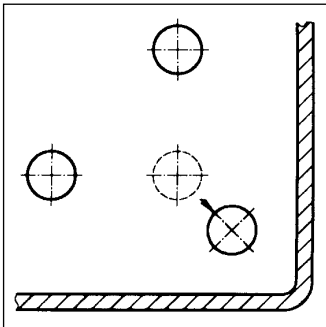
Weitgehend gleichmässige Wärmeabfuhr

Aus den eingezeichneten Isothermen ist die unterschiedliche Abkühlung zu erkennen. Folglich sind die Kühlkanäle so nahe wie möglich bzw. so nahe, wie es die Beanspruchung des Werkzeugmaterials zulässt, an die formbildende Oberfläche zu legen. Die Kühlkanäle sind ebenfalls dicht nebeneinander zu legen.

Es gelten folgende Richtgrößen:

| | Kanaldurchmesser |
|------------------------|------------------|
| $s \leq 2 \text{ mm}$ | 8–10 mm |
| $s \leq 4 \text{ mm}$ | 10–12 mm |
| $s \leq 6 \text{ mm}$ | 12–15 mm |
| $c = (2-3) \times d_1$ | |
| $b \leq 3 \times d_1$ | |

Bei der Werkzeugkonstruktion sollte der Kühlung Priorität vor den Ausstosern gegeben werden.



In Kanten muss analog zu Masseanhäufungen mehr Wärme abgeführt werden, was eine stärkere Kühlung nötig macht.

Die Kühlbohrung sollte mindestens 8, besser 10–12 mm betragen. Eine Aufteilung in mehrere Kühlkreisläufe, vor allem bei Teilen mit unterschiedlichen Wandstärken, vergrößert den Handlungsspielraum während der Verarbeitung. Die Länge eines Kühlkreises ist so zu begrenzen, dass die Temperaturerhöhung zwischen Zu- und Ablauf maximal 5 °C, für Präzisionsteile maximal 1 °C beträgt.

Um eine möglichst gleichmässige Oberflächentemperatur der Werkzeugfläche zu erreichen, sollten die Kühlkanäle so angelegt sein, dass das Kühlmedium im Bereich der Anschnitte zugeführt und am Fliesswegende abgeleitet wird.

Auswerfen/Entformen

Nachfolgend sind die gebräuchlichsten Arten von Auswerfmöglichkeiten aufgelistet:

- Auswerferstifte (Rund, Flach, usw.)
- Auswerferhülse
- Auswerferplatte bzw. Abstreifplatte
- Luftauswerfer

Die verbreitetste und gebräuchlichste Art stellen sicher die Auswerferstifte dar. Die Gründe liegen im Preis sowie in der einfachen, wirkungsvollen Einbauweise.

Worauf ist bei der Werkzeugkonstruktion hinsichtlich der Auswerfer zu achten?

Auswerferstifte

1. Auswerfer wenn möglich nicht auf Sichtflächen anbringen, da deren Abdrücke fast immer sichtbar sind.
2. Sie sind an den Stellen, wo mit grossen Entformungswiderständen gerechnet werden muss, anzubringen, z. B. an Rippen (Rippenkreuzen), Ecken, Seitenwänden.
3. Werden flache Auswerfer eingesetzt, besteht die Gefahr des Knickens → freie Weglänge so kurz wie möglich.
4. Rückdrückstifte, Rückzugfedern für ein sicheres Rückziehen der Auswerfer, bevor die Form zufährt (Sicherheitsmassnahme)
5. Je mehr Auswerfer, desto besser die Kraftaufteilung → geringe Verzugsneigung der Teile.
6. Sind die Auswerfer profiliert, sind sie gegen Verdrehung zu sichern.

Auswerferhülsen

Sie bieten den zusätzlichen Vorteil einer guten Entlüftung runder Teile.

Auswerferplatte

Ihr Vorteil liegt darin, dass sie auf eine grosse Fläche wirken können, was die spezifische Entformungskraft am Teil senkt.

Diese Lösung ist indessen teurer als die mit Auswerferstiften. Anwendung finden sie deshalb bei geometrisch einfachen Teilen.

Luftauswerfer

Die Luftauswerfer werden oft in Kombination mit Auswerferstiften oder Platten eingesetzt. Sie können z. B. zwischen Werkzeugwandung und Spritzling ein kleines Luftpolster aufbauen, wodurch die Reibung verringert und somit auch die benötigte Entformungskraft reduziert wird.

Wartung von Spritzgiesswerkzeugen

Spritzgiesswerkzeuge müssen nach Produktionsende gewartet werden. Entlüftungen, Auswerfer, Schieber, Kerne usw. sind zu reinigen. Abschliessend ist das Werkzeug mit einem Formschuttmittel einzusprühen (Vermeidung von Korrosion). Dies empfiehlt sich auch bei längeren Maschinenstillstandzeiten) z.B. über Nacht).

Formteilgestaltung

Die Formteilgestaltung ist ein sehr komplexes Thema. Hier werden nur kurz die wichtigsten Regeln, die bei einer kunststoffgerechten Teilegestaltung beachtet werden sollten, aufgelistet.

- Die Wanddicken sind so dünn wie möglich und so dick wie nötig zu bemessen.
- Masseanhäufungen vermeiden.
- Gleichmässige Wandstärken vorsehen. So wenig Wanddickenänderungen wie möglich, keine sprunghaften Änderungen der Wanddicke.
- Alle Ecken, Kanten sind abzurunden ($R \leq 0,6 \times s$; s = Wanddicke)
- Rippen versteifen die Konstruktion, bringen jedoch die Gefahr von Verzug und Einfallstellen mit sich (Entformungsschrägen von ca. $0,5-2^\circ$, Höhe ca. $3 \times$ Wanddicke, Rippenbreite am Fuss ca. $0,4-0,6 \times$ Wanddicke).
- Rippen können auch durch Abstufungen vermieden werden (Stufen, Wellen, Stege).
- Ausreichende Entformungsschrägen bei Aussen- und Innenflächen, bei Rippen, Augen und Nuten (ca. $0,5-2^\circ$). Bei strukturierter Oberfläche sind grössere Entformungsschrägen notwendig.
- Verzug durch Schwindungsunterschiede sollte sich durch geeignetes Design minimalisieren lassen (z.B. Bombieren, Wölben).
- Hinterschneidungen vermeiden.
- Keine engeren Toleranzen vorschreiben, als dies für die Funktionsfähigkeit der Konstruktion erforderlich ist.
- Hochglanzpolieren nur, wo nötig (Kosten).
- Krafffluss beachten.
- Grosse Auflageflächen vermeiden.

Spritzgiessverarbeitung

Lieferform

Grilamid, Grivory und Grilon werden verarbeitungsfertig in verschiedenen Gebinden angeliefert. Eine Vortrocknung vor dem Spritzgiessen ist somit nicht notwendig. Voraussetzungen sind natürlich, dass die Gebinde unbeschädigt und verschlossen sind.

Trocknen von feuchtem Granulat

Feucht gewordenes Material kann wieder getrocknet werden.

Bedingungen:

| Trockner | Trocknungs- temperatur | Trocknungs- zeit |
|---------------------|---------------------------|---------------------|
| Trockenlufttrockner | 80 °C | 4–12 Stunden |
| Vakuumofen | 80–100 °C | 3–6 Stunden |

- Die Trocknungszeit ist stark vom Feuchtegehalt abhängig. Im Zweifelsfalle sollte 12 Stunden getrocknet werden.
- Die Trocknung von Polyamid mit Umlufttrocknern hängt von den Umluftbedingungen ab. Bei hohen Umgebungstemperaturen und bei hoher Luftfeuchtigkeit kann Feuchtigkeit zugeführt werden.
- Höhere Temperaturen als 80 °C führen zur Vergilbung des Granulates. Bei Vakuumtrockner sollte die Temperatur unterhalb von 80 °C gesenkt werden, bevor der Trockner geöffnet wird.

Um die Feuchtigkeitsaufnahme von Granulat vor und während der Verarbeitung zu vermeiden, sind folgende Punkte zu beachten:

- Restmengen von Granulat sind in luftdicht verschliessbare Behälter umzufüllen.
- Verweilzeit des Granulates im Trichter nicht länger als 1 Stunde
- Bei hoher Umgebungsfeuchtigkeit Trockenlufttrockner vorschalten.
- Trichterheizungen verwenden.
- Keine Gebinde mit «kaltem» Granulat öffnen (Gebinde vor der Verarbeitung in der Spritzgusshalle lagern; Temperaturausgleich).
- Zeiten für Abmischungen kurz halten.
- Maschinentrichter bei Produktionsschluss oder längerem Maschinenstillstand entleeren.

Auswirkung von feuchtem Granulat

Wird feuchtes Granulat verarbeitet, so sind sowohl bei den Eigenschaften als auch bei der Oberflächenqualität Verschlechterungen zu erwarten.

Zu feuchtes Material ist beim Spritzgiessen zu erkennen durch:

- silbrige Schlieren am Teil (an der Oberfläche)
- Bläschen oder Schaum im Schmelzekuchen beim Ausspritzen ins Freie

Temperatur-Verarbeitungsbedingungen

Massetemperatur

Die Massetemperatur ergibt sich aus den Zylindertemperaturen und Friktionswärme. Bei Vernachlässigung der Regelgüte der Zylinderheizungen wird die Differenz zwischen Zylindertemperatur und Massetemperatur beeinflusst durch:

- a) die Drehzahl der Schnecke beim Dosieren
- b) den Stau- oder Gegendruck beim Dosieren
- c) die Verweilzeit der Schmelze im Zylinder
- d) den Durchmesser der Schnecke und deren Bauart
- e) die Viskosität der Schmelze
- f) den Verschleissgrad von Schnecke und Zylinder

Eine weitere Temperaturerhöhung durch Friktion (Reibung) kann neben der Scherung durch die Schnecke auch beim schnellen Durchströmen von kleinen Anschnittquerschnitten (Punkt- oder Filmanschnitt) erfolgen.

Grilamid-, Grivory- und Grilon-Spritzgiessmaterialien besitzen eine ausgezeichnete thermische Stabilität. Für Teile mit langen Fliesswegen und dünnen Wandstärken ist es durchaus möglich, den jeweiligen Spritzgiesstyp bei der maximal zulässigen Massetemperatur zu verarbeiten. Allerdings ist in diesen Fällen darauf zu achten, dass die Einflüsse der Punkte a) bis f) berücksichtigt bzw. kontrolliert werden. Besonders nachteilig sind die Auswirkungen von Abnutzungen (Verschleiss) an Schnecken und Zylinder. Durch die Leckströmung zwischen Schneckensteg/Zylinderwand, Rückstromsperre/Zylinderwand und Rückstromsperre/Druckring verbleiben Reste der dosierten Schmelze über lange Zeit im Zylinder. Die zusätzliche Überhitzung kleiner Volumenanteile der dosierten Schmelze in diesen Scherspalt wird durch das Messen der Massetemperatur nicht erkannt (Durchschnittsmessungen). Dies ist ein Grund, weshalb Spritzgiessteile trotz richtig eingestellter Massetemperatur Farbveränderungen oder Überhitzungsschlieren zeigen können. Bei massiven Teilen mit grossen Wandstärken und kurzen Fliesswegen ist es von Vorteil, eine niedrige Massetemperatur zu wählen.

Zylindertemperatur

Die Einstellung der Temperaturen am Heizzylinder ergibt üblicherweise ein Profil, bei dem die Temperatur vom Trichter zur Düse ansteigt.

Die Wahl der Düsentemperatur ist abhängig von der Bauart. Sie ist so zu wählen, dass eine Fadenbildung bei zu hoher und ein kalter Propfen bei zu niedriger Temperatur vermieden wird.

Bei langen Kontaktzeiten von Maschinendüse und Werkzeug (wir empfehlen eine Düsenabhebung) muss die Abkühlung der Düsenspitze am kühleren Werkzeug durch eine Temperaturerhöhung an der Düse kompensiert werden. Die niedrige Temperatureinstellung der Einzugszone verhindert zusammen mit der Kühlung der Trichterzone ein frühzeitiges Aufschmelzen des Granulates und begünstigt dadurch gleichmässiges und störungsfreies Dosieren.

Von der Regel mit dem ansteigenden Temperaturprofil kann abgewichen werden, wenn das maximale Dosiervolumen einer Plastifiziereinheit innerhalb kurzer Dosierzeit genutzt werden muss (normal höchstens 80 % des Maximalvolumens). In diesem Fall sollten die Temperatureinstellungen der Einzugszone höher gewählt werden, damit genügend Wärme für diesen erhöhten Materialdurchsatz zugeführt wird. Die Temperatur kann bis zu 300 °C betragen. Sie wird angeglichen an die nachfolgende Zone, und so entsteht ein vom Trichter zur Düse hin abfallendes Temperaturprofil. Das Anfahren einer Produktion, für die eine solche Einstellung nötig ist, muss bei einem üblichen Temperaturprofil erfolgen. Erst während der Optimierung der Zykluszeit werden dann die Temperaturen der Einzugszone erhöht. Bei Produktionsunterbrechungen oder Störungen muss bei einer solchen Einstellung sofort diese hohe Temperatur auf ein übliches Niveau zurückgenommen werden. Wird dies versäumt, schmilzt das Granulat im Einzugsbereich bis hin zur Trichterzone auf, und ein neuer Produktionsstart wird erschwert oder verhindert.

Werkzeugtemperierung

Die Temperatur des Spritzgiesswerkzeuges ist für die Qualität von Teilen aus Grilamid, Grivory oder Grilon mit entscheidend. Die Temperierung erfolgt über ein Heizgerät, welches Wasser (drucklos bis 95 °C, unter Druck bis 160 °C) oder Öl (max. 250 °C) durch die Temperierbohrungen des Werkzeuges pumpt. Wasser ist wegen seiner besseren und schnelleren Wärmeübertragung als Kühlmedium dem Öl vorzuziehen. Die geregelten Temperiergeräte ermöglichen eine konstante Werkzeugoberflächentemperatur während der Produktion. Die Regeltoleranz sollte nicht mehr als ± 3 °C betragen.

Richtwerte für die erforderliche Heizleistung (für Werkzeugtemperaturen 60–110 °C)

| Werkzeuggewicht | Heizleistung |
|-----------------|--------------|
| ~ 100 kg | 3– 6 kW |
| ~ 1000 kg | 6– 9 kW |
| ~ 2000 kg | 9–12 kW |

Wird ein Spritzgiessteil nachträglich mit Heissdampf (z.B. 121 °C) sterilisiert, sollte die Werkzeugoberflächentemperatur möglichst hoch gewählt werden. Damit wird ein möglicher Verzug des Teiles während der Sterilisation sehr gering gehalten oder gar verhindert. Grosse Werkzeuge sollten auf Düsen- und Schliesseite je mit einem getrennten Temperierkreislauf ausgerüstet sein. Wichtig ist in allen Fällen eine gleichmässige, konstante Temperatur auf der gesamten formgestaltenden Werkzeugoberfläche.

Reinigung des Spritzaggregates

Bei längeren Maschinenstillstandzeiten (> 15 Minuten) empfiehlt sich bei Produkten wie Grilamid TR, Grivory GV und Grivory HT, das Spritzaggregat mit einem glasfaserverstärkten Polyamid 6, Polyamid 66 oder Polyamid 12 zu spülen. Dadurch kann verhindert werden, dass sich Material im Zylinder zersetzt und an der Schnecke kleben bleibt. Damit lässt sich ein aufwendiges Schneckenziehen vermeiden. Diese Regel gilt allgemein für amorphe Werkstoffe.

Weitere Informationen bezüglich der Temperaturen für die einzelnen Produkte geben das Merkblatt «Hinweise für die Spritzgiessverarbeitung» oder unsere Technischen Merkblätter.

Einspritz- und Nachdruck, Einspritzgeschwindigkeit

Die bei der Verarbeitung benötigten Einspritz- und Nachdrücke sowie die Einspritzgeschwindigkeiten sind material- und artikelabhängig. Diese müssen so hoch gewählt werden, dass der zum Füllen des Werkzeuges und zur Vermeidung von Einfallstellen erforderliche Werkzeuginnendruck erreicht wird.

Die Einspritzgeschwindigkeit wird der Teilegrösse und -gestalt angepasst. Für glasfaserverstärkte Produkte sollte sie hoch sein. Der Einspritzdruck muss genügend hoch eingestellt sein, um zu gewährleisten, dass die Einspritzgeschwindigkeit während des ganzen Einspritzvorganges nicht unter die gewählten Sollwerte abfällt.

Für eine optimale Verarbeitung muss auch auf den richtigen Zeitpunkt der Umschaltung geachtet werden. Bewährt haben sich die wegabhängige und druckabhängige (Hydraulik- oder Werkzeuginnendruck) Umschaltung.

Schneckendrehzahl / Staudruck

Die Schneckendrehzahl sollte so gewählt werden, dass die Schneckenumfanggeschwindigkeit im Bereich von 0,05 bis 0,2 m/s liegt.

Staudrücke zur Unterstützung einer gleichmässigen Aufschmelzung und Homogenisierung liegen zwischen 5 und 15 bar Hydraulikdruck.

Kühlzeit

Die Zykluszeit wird wesentlich durch die Kühlzeit beeinflusst. Die Kühlzeit kann mit der Formel « $t_k = (2 \text{ bis } 3) s^2$ » abgeschätzt werden (s = Wanddicke).

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte direkt an Ihren zuständigen EMS-GRIVORY Aussendienstmitarbeiter.

Die vorliegenden Daten und Empfehlungen entsprechen dem heutigen Stand unserer Erkenntnisse, eine Haftung in bezug auf Anwendung und Verarbeitung kann jedoch nicht übernommen werden.

Domat/Ems, Juli 2001

Schweiz

EMS-GRIVORY
Via Innovativa 1
CH-7013 Domat/Ems
Tel. +41 81 632 78 88
Fax +41 81 632 74 01
a unit of EMS-CHEMIE AG
E-Mail: welcome@emsgrivory.com

Deutschland

EMS-CHEMIE (Deutschland) GmbH
Unternehmensbereich EMS-GRIVORY
Warthweg 14
D-64823 Gross-Umstadt
Tel. +49 6078 78 30
Fax +49 6078 783 416
E-Mail: welcome@de.emsgrivory.com

Frankreich

EMS-CHEMIE (France) S.A.
Division EMS-GRIVORY
73-77, rue de Sèvres
Boîte postale 52
F-92105 Boulogne-Billancourt
Tel. +33 1 41 10 06 10
Fax +33 1 48 25 56 07
E-Mail: welcome@fr.emsgrivory.com

Grossbritannien

EMS-CHEMIE (UK) Ltd.
Business Unit EMS-GRIVORY
Drummond Road
Astonfields Industrial Estate
GB-Stafford ST16 3HJ
Tel. +44 1785 607 580
Fax +44 1785 607 570
E-Mail: welcome@uk.emsgrivory.com

USA

EMS-CHEMIE (North America) Inc.
Business Unit EMS-GRIVORY
2060 Corporate Way
P.O. Box 1717
Sumter, SC 29151, USA
Tel. +1 803 481 91 73
Fax +1 803 481 38 20
E-Mail: welcome@us.emsgrivory.com

Taiwan

EMS-CHEMIE (Asia) Ltd.
Business Unit EMS-GRIVORY
36, Kwang Fu South Road
Hsin Chu Industrial Park
Fu Kou Hsiang, Hsin Chu Hsien
Taiwan, R.O.C.
Tel. +886 35 985 335
Fax +886 35 985 345
E-Mail: welcome@tw.emsgrivory.com

Japan

EC-SHOWA DENKO K.K.
Business Unit EMS-GRIVORY
Yutaka Bldg.
4-9-3 Taito
Taito-ku
110-0016, Tokyo, Japan
Tel. +81 3 3832 1501
Fax +81 3 3832 1503
E-Mail: welcome@jp.emsgrivory.com