



EVERFLON^{ACADEMIC}



— Leitfaden zum Spritzgießen —

EVERFLON | FEP ETFE
 PFA PVDF

Schmelzbare Fluorpolymerharze

Einführung

Die schmelzverarbeitbaren Fluorpolymerharze erweitern die Produktpalette und bieten die vorteilhaften Eigenschaften von Everflon™ PTFE in Produkten, die sich mit herkömmlichen thermoplastischen Verfahren wie Spritzgießen und Extrusion verarbeiten lassen.

Anwendungsgebiete sind alle Bereiche, in denen Konstrukteure und Endanwender einen Thermoplast mit exzellenter chemischer Stabilität, dielektrischen Eigenschaften, Antihafteigenschaft und mechanischer Festigkeit für den Einsatz in extremen Hoch- und Tieftemperaturumgebungen benötigen.

Diese vielseitige Familie schmelzverarbeitbarer Fluorpolymerharze ist von Everflon™ erhältlich und erfüllt spezifische Endanwendungsanforderungen und Verarbeitungsbedürfnisse:

- Everflon™ FEP ist bis 200 °C einsetzbar und behält die chemische Beständigkeit und dielektrische Festigkeit von Everflon™ PTFE-Fluorpolymerharzen bei.
- Everflon™ PFA ist ein Hochleistungsharz mit guten Schmelzverarbeitungseigenschaften und einzigartiger thermischer Stabilität. Es bietet hohe Festigkeit und Steifigkeit bei hohen Temperaturen, ausgezeichnete Beständigkeit gegen Spannungsrisse, hohe Biegefestigkeit und hervorragende elektrische Eigenschaften. Seine Einsatztemperatur liegt bei 260 °C und es ist beständig gegen nahezu alle Chemikalien.
- Everflon™ ETFE ist ein robustes und widerstandsfähiges Material mit ähnlicher chemischer Beständigkeit, elektrischen Eigenschaften und Alterungsbeständigkeit wie andere Everflon™ Fluorpolymerharze. Es ist bis 150 °C einsetzbar und lässt sich mit herkömmlichen thermoplastischen Verfahren hervorragend verarbeiten.

Fluorpolymerharze unterscheiden sich von den meisten anderen Thermoplasten durch ihre höheren Schmelzpunkte und Schmelzviskositäten. Daher erfordern Everflon™ Fluorpolymerharze relativ hohe Verarbeitungstemperaturen und geringe Einspritzgeschwindigkeiten. Aufgrund der besonderen Formgebungseigenschaften dieser Harze ist eine sorgfältige Werkzeugkonstruktion erforderlich; zudem müssen die Prozessanlagen aus korrosionsbeständigen Materialien gefertigt sein.

Eigenschaften von Everflon™ Fluorpolymeren für das Spritzgießen

Property	Unit	ASTM standard	FEP 4610	PFA 410	ETFE 4010
Schmelzpunkt	°C	DSC	260	310	260
Schmelzflussrate (MFR)	g/10min		6-12	6-14	6-12
Dichte	--	D792	2.15	2.15	1.7
Zugfestigkeit bei 23 °C	MPa	D2116	24	26	45
Dehnung bei 23 °C	%	D2116	330	350	400
Schlagzähigkeit (Izod)	kg-cm	D256A		No Break	
Härte (Dorometer)	--	D2240	D56	D60	D70
Biegemodul	Mpa	D790	550	580	1200
Widerstandswiderstand	Ω-cm	D257		>10 ¹⁷	
Dielektrizitätskonstante	1 MHz	D150	< 2.1	< 2.1	< 2.6
Dielektrizitätszahl	1 MHz	D150	0.0007	0.0001	0.0007
Durchschlagsfestigkeit	kV/mm	D149	78	78	70
Entflammbarkeit	--	UL94		V-0	
Sauerstoffindex	--	D2863		>95	
Chemikalienbeständigkeit				Excellent	
Wasseraufnahme	%	D570		< 0.03	

AUSRÜSTUNG

Obwohl Everflon™-Fluorpolymerharze auch mit Kolbenspritzgießmaschinen verarbeitet werden können, wird die Verwendung einer Schneckenspritzgießmaschine empfohlen. Die Schnecke erzeugt eine vollständig plastifizierte, gleichmäßige Schmelze und sorgt für eine deutlich effizientere Druckübertragung auf das in die Form fließende, geschmolzene Harz.

Konstruktionsmaterialien

Da geschmolzene Everflon™-Fluorpolymerharze gegenüber den meisten Metallen korrosiv sind, ist es äußerst wichtig, für alle Teile, die in ständigem Kontakt mit dem geschmolzenen Harz stehen, korrosionsbeständige Metalle zu verwenden. Korrosionsprodukte, die sich auf den Metalloberflächen ablagern, können sich ablösen, das Endprodukt verunreinigen und möglicherweise die physikalischen Eigenschaften beeinträchtigen. Für die Schnecke, den Adapter und die Düse wird die Verwendung von Hastelloy C, Hastelloy C-2761, Duranickel oder Monel empfohlen. Für die Zylinderauskleidung empfiehlt sich Xaloy 309, Brux, Reiloy oder Bernex.

Da hohe Betriebstemperaturen üblich sind, wird die Verwendung eines hochtemperaturbeständigen Gewindeschmierstoffs wie „Never Seez“ empfohlen, um die Demontage der Maschinenteile zu erleichtern.

Da die Form bei Temperaturen unterhalb des Schmelzpunkts des Harzes gehalten wird, ist die Korrosionsrate der Formoberflächen geringer als bei anderen Maschinenteilen. Außer bei langen Produktionsläufen können unbeschichtete Formen aus gehärtetem Werkzeugstahl, gehärtetem Edelstahl oder hochwertigem verchromtem oder vernickeltem Material ausreichend sein. Für lange Produktionsläufe sind korrosionsbeständigere Werkstoffe empfehlenswert.

Schneckenkonstruktion

Es handelt sich um eine Dosierschnecke mit einem Dosierabschnitt, der 25 % der Gesamtlänge einnimmt. Die Schnecke sollte eine konstante Steigung und ein Steigungsverhältnis von 3:1 zwischen Zufuhr- und Dosierabschnitt aufweisen. Für Everflon™ ETFE wird eine Übergangszone von 3 Umdrehungen empfohlen, für Everflon™ Fluorpolymerharze hingegen eine Übergangszone von $\frac{1}{2}$ Umdrehung. Obwohl auch andere Schraubenkonstruktionen erfolgreich eingesetzt wurden, werden die beiden beschriebenen Konstruktionen empfohlen.

Düse

Die Bohrung sollte so groß wie möglich und konisch sein, um Totzonen oder abrupte Änderungen der Harzgeschwindigkeit zu vermeiden. Der Anguss sollte 13 bis 25 mm in die Düse hineinragen, um die Bildung eines kalten Harzpfropfens zu verhindern. Ein Öffnungswinkel von 4° wird empfohlen, damit das Material im konischen Bereich der Düse mit dem Spritzvorgang abgezogen werden kann. Um ein Verdichten der Düsenbohrung zu vermeiden, was wiederum die Entfernung des erkalteten Materials aus der Düse behindern könnte, wird ein Düsenaustrittsradius von 0,25 mm empfohlen. Für einen gleichmäßigen, ununterbrochenen Materialfluss muss die Düsenbohrung zum Adapter passen und mit einer separaten Heizung und Temperaturregelung ausgestattet sein.

Rückschlagventil

Das Rückschlagventil verhindert, dass das geschmolzene Harz während des Injektionsprozesses entlang der Schnecke/Schnecken zurückfließt. Der Materialfluss muss strömungsgünstig sein, und die Verbindung zwischen Ventil und Schnecke muss glatt und dicht sein, um Bereiche mit stagnierendem Harzfluss oder Materialstau zu vermeiden. Die Schneckenspitze sollte so geformt sein, dass ein strömungsoptimierter Harzfluss gewährleistet und das freie Volumen vor der Schnecke nach der Injektion reduziert wird. Ein undichtes Ventil führt zu ungenauer Teilefüllung und Toleranzabweichungen.

Schmierkopf

Ein Schmierkopf, der anstelle eines Rückschlagventils eingesetzt werden kann, nutzt einen geringen Durchmesserabstand zum Zylinder über eine verlängerte Steglänge. Dadurch wird der Rückfluss der Schmelze während des Einspritzhubs der Schnecke verhindert. Beim Zurückziehen der Schnecke wird die Schmelze durch einen engen Ringspalt nach vorne gedrückt. Diese Scher- oder Schmierwirkung erhöht die Schmelzetemperatur, verbessert die Durchmischung und reduziert den effektiven Nachdruck. Der Schmierkopf kann aus folgenden Gründen dem Rückschlagventil vorgezogen werden:

- Geringere Neigung zu Harzstagnation
- Geringeres Risiko der Überfüllung der Form (mit der damit einhergehenden Delamination bei Everflon™-Fluoropolymerharzen)
- Geringere Neigung zur Streifenbildung im Formteil
- Geringerer Abrieb bei relativ weichen, korrosionsbeständigen Legierungen

Es wird empfohlen, beim Spritzgießen von Harzen mit niedriger Viskosität ein Rückschlagventil mit Rückschlagring zu verwenden. Beim Spritzgießen von Everflon™ PFA und FEP oder ETFE 4010 wird üblicherweise ein Schmierkopf anstelle des Rückschlagventils verwendet. Rückschlagringe können aus Hastelloy C oder Monel 400 gefertigt sein. Da kein unzerstörbarer Werkstoff für Rückschlagringe bekannt ist, sollte der Verschleiß des Rückschlagrings überwacht werden.

Temperaturregelung

Es wird empfohlen, drei unabhängig voneinander regelbare Heizzonen für den Zylinder und eine für den Adapter zu verwenden. Für die Düse sollte ein separater Regler verwendet werden. Die Heizungsregler müssen eine präzise Temperaturregelung bis zu 371 °C für Everflon™ ETFE und bis zu 427 °C für Everflon™ FEP und PFA ermöglichen. Für diese präzise Regelung ist eine Heizleistungsdichte von 4,6 bis 6,2 W/cm² erforderlich.

Hydrauliksystem

Beim Spritzgießen von Everflon™-Fluorpolymerharzen ist häufig eine extrem niedrige Einspritzgeschwindigkeit erforderlich, um Oberflächen- oder innere Schmelzrisse zu vermeiden. Das Hydrauliksystem sollte daher eine sehr gleichmäßige und kontrollierte Kolbengeschwindigkeit von nur 60 Sekunden pro Schuss gewährleisten können.

Optimierter Materialfluss

Es ist von größter Wichtigkeit, dass der gesamte Materialfluss durch die Maschine optimiert ist und keine Stagnationszonen auftreten. Lokale Rückstauungen im Rückschlagventil einer oszillierenden Schneckenmaschine können zu thermischer Zersetzung des Harzes und unakzeptablen Produktionsergebnissen führen.

Dimensionierung von Spritzgießmaschinen

In Verbindung mit dem Gewicht des Formteils und des Angusskanals sollten folgende Schmelzdichten für die korrekte Dimensionierung der Spritzgießmaschine unter normalen Verarbeitungsbedingungen berücksichtigt werden:

- Für Everflon™ FEP und PFA: $\sim 1492 \text{ kg/m}^3$ ($\sim 0,054 \text{ lb/in}^3$)
- Für Everflon™ ETFE: $\sim 1298 \text{ kg/m}^3$ ($\sim 0,047 \text{ lb/in}^3$)

Die Schließkraft sollte dem Kavitätsdruck und der Fläche der Formkavität, die der Schließkraft entgegenwirkt, angemessen sein. Für das Spritzgießen von Teilen aus Everflon™ Fluorpolymeren ist eine Schließkraft von 5 t/in^2 projizierter Fläche in der Regel ausreichend.

FORMENKONSTRUKTION

Konstruktionsmaterialien

Formhohlräume können aus korrosionsbeständigen Werkstoffen wie Hastelloy C, Monel oder Duranickel gefertigt werden. Diese Werkstoffe bieten jedoch einen Korrosionsschutz, der weit über das üblicherweise erforderliche Maß hinausgeht.

Sollte ungeschützter Werkzeugstahl oder gehärteter Edelstahl verwendet werden, muss die Form vor der Lagerung gründlich mit einem schwach alkalischen Mittel (z. B. Ammoniakwasser) gereinigt, getrocknet und mit einem Rostschutzmittel beschichtet werden, um Rost und Lochfraß zu vermeiden. Dieses Verfahren ist besonders wichtig bei hoher Luftfeuchtigkeit. Rost und Lochfraß lassen sich durch eine Nickel- oder Chrombeschichtung der Form (Chrom sollte nicht mit Everflon™ PFA verwendet werden) mit einer Dicke von 0,013 bis 0,025 mm verhindern. Um ein Ablösen der Beschichtung zu vermeiden, ist eine hochwertige, porenfreie Platte zu verwenden.

Angussbuchse

Der Durchmesser der Angussbuchse sollte mindestens 1,6 mm größer sein als der des Hauptkanals und etwas größer als der der Düsenöffnung. Üblicherweise wird eine Standardverjüngung von 4 oder 6 mm/m verwendet.

Angusskanäle

Um Wärme- und Druckverluste zu minimieren, sollten großkalibrige, vollrunde Angusskanäle mit möglichst kurzer Länge verwendet werden. Alternativ eignen sich trapezförmige Angusskanäle, die in der Regel einfacher zu bearbeiten sind als runde. Die Kanalwände sollten frei von Verengungen sein und nahtlos in die Anschnitte übergehen. Generell gilt: Je dicker das Formteil, desto größer und kürzer sollte der Angusskanal sein. Teile mit durchschnittlicher Dicke bis ca. 12,7 mm benötigen einen Angusskanaldurchmesser von mindestens 6,4 mm. Dickere Teile erfordern einen Angusskanaldurchmesser von der Hälfte bis zum Ganzen der Teiledicke. Die Länge bzw. Anordnung der Angusskanäle bestimmt die Menge des anfallenden Ausschusses und den Druckverlust. Ein Angusskanalsystem ist „ausgeglichen“, wenn die Harzfließstrecken zwischen Kavitäten und Anguss gleich lang sind. Bei komplexen oder langwierigen Harzfließstrecken aufgrund der vielen Kavitäten ist ein „ausgeglichenes“ Angusskanalsystem nicht empfehlenswert. Ein „laterales“ Angusskanalsystem kann in den meisten Fällen sowohl bei kurzen als auch bei langen Harzfließstrecken eingesetzt werden.

Angüsse

Angüsse sollten entweder so groß wie möglich sein oder ganz vermieden werden. Die Angusslänge sollte sehr kurz sein. Rechteckige Laschen- oder Fächerangüsse, die großzügig in den Formhohlraum hineinragen, sind runden Angüssen vorzuziehen, da sie eine effektivere Reduzierung von Spannungen im Harz ermöglichen. Runde Angüsse lassen sich im Allgemeinen leichter vom Formteil entfernen, erlauben aber nicht die gleiche unabhängige Kontrolle über die Formhohlraumfüllung und die Angussverfestigungszeit wie rechteckige Angüsse. Die Dicke (der Durchmesser) des Angusses sollte das ½- bis 1-fache der Bauteildicke betragen. Übergänge vom Angusskanal zum Anguss und zum Formteil sollten glatt sein, ohne abrupte Änderungen der Harzflussrichtung. Membran- oder Ringangüsse können für das Spritzgießen zylindrischer Teile verwendet werden, bei denen die Rundlaufgenauigkeit kritisch ist oder Schweißnähte nicht toleriert werden können. Punktförmige Angüsse sollten vermieden werden, außer beim Spritzgießen kleiner Teile, die sehr schnell eingespritzt werden, wie z. B. mit Tefzel™ Fluoropolymerharz. Tunnelanguss.

Die Angussstellen sollten an folgenden Punkten liegen:

- Dort, wo das Bauteil im Gebrauch keiner hohen Biege- oder Stoßbelastung ausgesetzt ist.
- So, dass Schweißnähte in unkritischen Bereichen entstehen.
- Dort, wo eine Nachbearbeitung des Angusses unnötig oder kostengünstig ist.
- An oder nahe der dicksten Stelle, um Einfallstellen zu minimieren und zu vermeiden, dass Harz durch eine dünne Stelle gedrückt wird, um eine dickere zu füllen.
- An Stellen, die den Entlüftungsanforderungen entsprechen (Entlüftungen sind normalerweise an Schweißnähten oder am Boden von Sacklöchern erforderlich).
- In der Mitte eines kreisförmigen Bauteils.

Weitere Überlegungen

Sobald die erforderlichen funktionalen und optischen Anforderungen an das Bauteil festgelegt sind, sollte die endgültige Bauteilkonstruktion unter Berücksichtigung der folgenden Punkte erfolgen:

- Großzügige Verrundungen
- Stromlinienförmige Winkel und Übergänge
- Gleichmäßige Wandstärke (falls unterschiedliche Wandstärken erforderlich sind, sollte der Übergang so sanft wie möglich sein).
- Einfachheit (die Gesamtkonstruktion sollte so einfach wie möglich gehalten werden).

Darüber hinaus sind folgende Vorgehensweisen empfehlenswert:

- Nachbearbeitungsschritte wie das Bohren von Löchern in das Bauteil sind in der Regel der Integration von ... vorzuziehen. Stifte.
- Die Anzahl der Kavitäten sollte mit zunehmender Komplexität des Bauteils abnehmen.
- Strahlbildung, d. h. das schnelle Ausfließen eines dünnen Harzstrahls durch eine Formkavität, sollte vermieden werden.

Formheizung

Obwohl eine Form normalerweise mit einem Hochtemperatur-Ölheizter beheizt werden kann, sollte bei Spritzgießprozessen, die eine Formtemperatur von über 191 °C erfordern, eine elektrische Heizung verwendet werden. Beide Formhälften sollten von den Heizplatten isoliert werden, um Wärmeverluste zu minimieren. Platten aus 6,4 mm dickem „Transite“-Karton sind hierfür geeignet.

DIMENSIONALE ÜBERLEGUNGEN

Toleranzen

Die Herstellung von Spritzgussteilen mit engen Toleranzen erfordert die präzise Steuerung der Betriebsparameter, wie z. B. Harzzufuhr- rate zum Zylinder, Zylinder- und Schmelztemperatur, Stempel- oder Schneckendrehzahl, Druck und den Gesamtzyklus. Alle diese Parameter müssen konstant gehalten werden. Auch die Werkzeugkonstruktion ist entscheidend für die Einhaltung der vorgegebenen Toleranzen.

In jedem Fertigungsprozess steigen Komplexität und Kosten mit zunehmender Strenge der Toleranzanforderungen.

Kunststoffteile können aufgrund der höheren Elastizität von Kunststoff im Allgemeinen mit größeren Toleranzen als Metallteile verwendet werden.

Einige allgemeine Hinweise und Warnungen zu Toleranzen:

- Toleranzen sollten niemals enger als nötig spezifiziert werden.
- Die Kosten steigen, wenn für mehrere Dimensionen eines Teils enge Toleranzen gefordert werden.
- Für Teile mit großen Wandstärkenabweichungen sollten keine engen Toleranzen spezifiziert werden.

Es ist nicht ratsam, feine Toleranzen über eine Trennebene oder für Dimensionen, die durch bewegliche Kerne oder Kurvenscheiben gesteuert werden, zu spezifizieren.

Schwindung

Nachfolgend sind die grundlegenden Faktoren aufgeführt, die die Schwindung von aus Fluorpolymeren spritzgegossenen Teilen beeinflussen:

- Eine Erhöhung der Bauteildicke oder der Werkzeugtemperatur führt zu einer stärkeren Schwindung, da diese Änderungen eine langsamere Abkühlgeschwindigkeit des Bauteils bewirken. Dies wiederum führt zu einem höheren Kristallinitätsgrad (Ordnung) und einer Entspannung der inneren Spannungen.
- Die meisten Kunststoffteile weisen richtungsabhängige Schwindungsunterschiede auf. Die Schwindung ist in Fließrichtung des Harzes am geringsten, da die Moleküle in dieser Richtung relativ stark ausgerichtet sind. Generell gilt: Je geradliniger der Fließweg, desto geringer die Schwindung. Daher ist es ratsam, das Bauteil so zu konstruieren und die Ängüsse so zu positionieren, dass der Fließweg in Fließrichtung möglichst geradlinig verläuft und die Maßtoleranzen am geringsten sind.
- Ein höherer Einspritzdruck verringert die Schwindung.
- Im Allgemeinen weisen Teile, die bei höheren Rohmaterialtemperaturen spritzgegossen werden, eine stärkere Werkzeugschwindung auf.

FORMENBEARBEITUNG

Abschalt- und Inbetriebnahmeprozedur

Wird die Spritzgießanlage ohne Einhaltung der ordnungsgemäßen Abschaltprozedur abgeschaltet, kann es zu Harzzersetzung und, bei Anlagen aus nicht korrosionsbeständigen Materialien, zu starker Korrosion kommen. Für eine Abschaltung über Nacht ohne Reinigung wird die folgende Vorgehensweise empfohlen:

1. Reduzieren Sie alle Temperaturregler auf die folgenden Werte:

- a) 310 °C für Everflon™ PFA oder FEP
- b) 280 °C für Everflon™ ETFE

2. Sobald alle Temperaturen die in Schritt 1 genannten Werte erreicht haben, spülen Sie die Maschine trocken, lassen Sie die Einspritzschnecke in vorderer Position und schalten Sie die Stromzufuhr ab.

Die Vorgehensweise zum Neustart ist wie folgt:

1. Beginnen Sie mit den Temperaturreglern für die Düse, dann für den Adapter, anschließend für den hinteren Zylinder, gefolgt vom vorderen Zylinder und schließlich dem mittleren Zylinder. Erhöhen Sie die Temperatur aller Regler in jeder Zone nacheinander auf die folgenden Werte:

- a) 310 °C für Everflon™ PFA oder FEP
- b) 280 °C für Everflon™ ETFE. Eine einstündige Warmhaltezeit kann erforderlich sein, um das gesamte Harz zu schmelzen und alle Metallkomponenten auf die eingestellten Temperaturen zu erhitzen.

2. Starten Sie die Maschine langsam, nachdem sich alle Temperaturen stabilisiert haben, und stellen Sie die Temperaturregler auf die Betriebstemperaturen ein.

3. Nehmen Sie die Produktion auf, sobald die Betriebstemperaturen erreicht sind.

Reinigungsverfahren

Die folgenden Schritte beschreiben ein empfohlenes Reinigungsverfahren:

1. Drehen Sie die Schnecke bei gleichbleibender Betriebstemperatur, bis kein Harz mehr aus der Düse austritt.
 2. Reduzieren Sie die Zylindertemperatur auf folgende Werte: a) 310 °C für Everflon™ PFA oder FEP
b) 280 °C für Everflon™ ETFE
 3. Schalten Sie die Schnecke ab und entfernen Sie Düse und Adapter. Reinigen Sie die Düse im heißen Zustand mit einem weichen Metallschaber und Kupfergewebe. Ein Ausbrennen im Ofen ist nicht erforderlich und sollte vermieden werden.
Hinweis: Bei der Verarbeitung von Everflon™ FEP oder ETFE kann an dieser Stelle eine Spülmasse aus gemahlenem Acryl- oder Polyethylenpulver verwendet werden.
 4. Ziehen Sie die heiße Schnecke langsam aus dem Zylinder und reinigen Sie sie mit einer Drahtbürste.
 5. Reinigen Sie die Zylinderinnenseite mit einem um eine Kesselrohrbürste gewickelten Kupfergewebe, um einen festen Sitz zu gewährleisten. Wischen Sie den Zylinder anschließend mit einem fusselfreien Tuch aus.
- Beim Betrieb von Anlagen aus korrosionsbeständigem Metall kann eine Spülschicht (geschliffenes, gegossenes Acryl- oder Polyethylenmaterial) über Nacht in der Anlage belassen werden, ohne dass eine Beschädigung des Metalls zu befürchten ist.

Schmelztemperatur (Harz aus der Düse austretend)

- Die Schmelztemperatur sollte mit zunehmender Nachlaufzeit gesenkt werden.
- Angusskanal, Anschnitt und Düsengröße sind weitere zu berücksichtigende Faktoren.

Temperaturprofile

- Bei Betrieb mit hoher Schmelztemperatur und langer Nachlaufzeit (10 bis 15 Minuten) sollte die Temperatur der hinteren Zone niedriger sein als die der vorderen Zone, um den Harzabbau zu minimieren.
- Bei Betrieb mit kurzer Nachlaufzeit sollten die Temperaturen der vorderen und hinteren Zone auf denselben Wert eingestellt werden.
- Die Position der Heizthermoelemente, die Maschinengröße, die Drehzahl und der Typ der Einspritzschnecke, die Schussgröße und die Zykluszeit sind weitere zu berücksichtigende Faktoren.
- Gelegentlich können hohe Schmelztemperaturen durch die mechanische Bearbeitung der Harzschmelze entstehen.
- Ist die Temperatur im hinteren Bereich zu hoch, kann es zu Brückenbildung und damit zu unregelmäßiger Materialzufuhr kommen.
- Ist die Temperatur im hinteren Bereich zu niedrig, können die durch das teilweise geschmolzene Harz entstehenden hohen Drehmomente zum Blockieren der Schnecke führen und somit die Plastifizierungsleistung der Anlage verringern.

Einspritzgeschwindigkeit

- Die zulässige Kolbengeschwindigkeit wird durch den kleinsten Kanal bestimmt, durch den das geschmolzene Harz fließen muss.
- Eine raue oder wellige Oberfläche deutet auf eine ungeeignete Einspritzgeschwindigkeit hin. Ist die Oberfläche rau oder matt, war die Einspritzgeschwindigkeit zu hoch; entsteht hingegen eine wellige Oberfläche, war sie zu niedrig.
- Schussgröße, Schmelztemperatur und Werkzeugtemperatur sind weitere zu berücksichtigende Faktoren.

Einspritzdruck

- Der Einspritzdruck sollte im Normalfall so niedrig wie möglich sein.
- Ein niedriger Einspritzdruck reduziert Eigenspannungen und verbessert die Dimensionsstabilität.
- Um Einfallstellen zu reduzieren oder Schweißnähte zu verbessern, sollte der Einspritzdruck erhöht werden.
- Die Konstruktion von Anlage und Bauteil muss ebenfalls berücksichtigt werden.

Schneckendrehzahl

- Die Schneckendrehzahl sollte im Allgemeinen so niedrig wie möglich sein.
- Hohe Schneckendrehzahlen werden gelegentlich in Kombination mit dem entsprechenden Gegendruck eingesetzt, um die für das Spritzgießen langer, dünner Teile erforderlichen hohen Schmelztemperaturen zu erzielen.

Werkzeugtemperatur

- Extrem heiße Werkzeuge sollten im Normalfall nicht für dickwandige Bauteile verwendet werden.
- Wenn der Harzfließweg im Verhältnis zur Bauteildicke lang ist, sind höhere Werkzeugtemperaturen als üblich erforderlich.
- Eine Erhöhung der Werkzeugtemperatur verringert die Wahrscheinlichkeit von Delaminationen.
- Bei der Anpassung der Werkzeugtemperatur sollten die damit verbundenen Parameter wie Bauteilgeometrie, Oberflächenbeschaffenheit, Druckabfall, Auswirkungen auf die Zykluszeit, Spannungen, Auswerfbarkeit des Bauteils und Schwindung berücksichtigt werden.

Gegendruck

- Der Gegendruck sollte im Normalfall so gering wie möglich gehalten werden.
- Eine Erhöhung des Gegendrucks kann jedoch mitunter eine effektive Methode sein, die Materialtemperatur zu erhöhen.

Gesamtzyklus

Die Gesamtzykluszeit wird von einer Reihe miteinander verbundener Fertigungsvariablen beeinflusst, wie z. B. Prozesstemperaturen und -drücke, Teilegeometrie, Toleranzen, Verzug und Auswerfbarkeit. Die Zykluszeit wird üblicherweise auf Basis von 30 bis 40 Sekunden pro 3,2 mm Dicke geschätzt. Mit Ausnahme dünner Bereiche entfällt der längste Teil des Zyklus häufig auf die Bewegung des Stempels.

Das „Nachfüllen“ des Harzes, bei dem der Stempel unter Druck in vorderer Position belassen wird, sollte auf ein Minimum beschränkt werden. Normalerweise wird das Nachfüllen nur beim Spritzgießen dicker Bereiche angewendet, um Einfallstellen zu reduzieren oder Lufteinschlüsse zu vermeiden. Zu starkes Nachfüllen führt bei Everflon™ FEP und PFA in der Regel zu Delaminationen des Teils, bei Everflon™ ETFE jedoch im Allgemeinen nicht. Die Verwendung eines Schmierkopfes verringert die Gefahr des Überfüllens.

Empfohlene Formgebungsbedingungen für Everflon™ Fluorpolymere

Property	Unit	FEP 4610	PFA 410	ETFE 4010
Hinterzylinder	°C	-- 315–330	315–330	270–300
Mittelzylinder	°C	330–345	330–345	270–320
Vorderzylinder	°C	371	371	270–320
Düse	°C	371	371	345
Formtemperatur	°C	>93	149–260	190
Rohmaterialtemperatur	°C	343–382	343–399	300–330
Einspritzgeschwindigkeit Langsam	-°C-	Slow	Slow	Moderately Fast
Langsam	Mpa	21–55	21–55	21–100
Einspritzdruck				

TIPPS

Pigmentierung

Everflon™ Fluoropolymerharze können mit Everflon+™ Farbkonzentrat pigmentiert werden, das bei den Formgebungstemperaturen der Harze thermisch stabil ist; anorganische Pigmente sind hierfür die beste Wahl. Die einfachste Methode zum Einfärben von Harz ist das Mischen des unpigmentierten Harzes mit Farbkonzentraten. Alternativ können Pigmente auch trocken gemischt werden. Gehen Sie dazu wie folgt vor:

1. Trocknen Sie das gewünschte Pigment über Nacht bei 150 °C in einem Vakuumtrockenschrank oder einem Umluftofen, um absorbierte Gase und Feuchtigkeit zu entfernen.
2. Wiegen Sie das Pigment ab. Falls eine höhere Deckkraft gewünscht ist, geben Sie die entsprechende Menge Titandioxidpigment hinzu und mischen Sie es mit dem Farbpigment.
3. Geben Sie die Harzpellets in einen sauberen Behälter, z. B. den Original-Versandkarton, und sieben Sie das Pigment direkt durch ein 100-Mesh-Sieb auf die Pellets.
4. Mischen Sie die Farbe und die Pellets mindestens 15 Minuten lang trocken, indem Sie die Mischung rollen oder trommeln.
5. Die pigmentierten Harzpellets innerhalb von 30 Minuten verbrauchen oder in einem luftdichten Behälter aufbewahren, um Feuchtigkeitssaufnahme zu vermeiden.

Dünnwandiges Spritzgießen

Im Allgemeinen ist das Spritzgießen sehr dünner Teile mit den meisten thermoplastischen Kunststoffen schwierig, insbesondere bei relativ großen Oberflächen. Bei Everflon™ Fluoropolymerharzen gelten Teile unter 2,5 mm bereits als dünnwandig. Bei der Verarbeitung dünnwandiger Teile ist eine höhere Stempelgeschwindigkeit erforderlich, da ein vollständiger Materialausstoß von größter Bedeutung ist. Es stellt jedoch ein Problem dar, sowohl einen vollständigen Materialausstoß als auch ein delaminierungsfreies Bauteil zu erzielen. Letztere Eigenschaft lässt sich in der Regel nur mit einer niedrigen Stempelgeschwindigkeit erreichen. Dieser Betriebszustand führt bei dünnwandigen Teilen üblicherweise zu einem Harzstillstand im Anguss oder Formhohlraum, bevor ein vollständiger Materialausstoß erreicht werden kann.

Daher ist eine hohe Werkzeugtemperatur im Bereich von 204 °C erforderlich, um die Delaminierungsneigung zu minimieren. Auf Nachdruck sollte verzichtet werden, d. h. der Stempel sollte zurückgezogen werden, sobald die Form voll ist. Bei Everflon™ FEP und PFA können sich Schichtablösungen in Bereichen zeigen, die sich glatt anfühlen und auch so erscheinen, wenn sie thermischer Alterung oder wiederholtem Biegen ausgesetzt werden. Damit ein Bauteil nach dem Biegen eine gute, glatte Oberfläche behält, muss es dick genug sein, um eine geringe Stempelgeschwindigkeit zu ermöglichen. Delamination ist keine Eigenschaft von Everflon™ ETFE, und die Vorsichtsmaßnahmen, die bei FEP- und PFA-Harzen zur Vermeidung von Delamination erforderlich sind, sind beim Formen von ETFE nicht notwendig.

Die Symptome schwerwiegenderer Probleme können kleinere Probleme überdecken. Daher erfordert eine erfolgreiche Fehlersuche unter Umständen eine sorgfältige Beobachtung und die sukzessive Bearbeitung mehrerer Probleme. Technische Unterstützung bei Extrusionsproblemen erhalten Sie von Ihrem Everflon™-Ansprechpartner.

Schwarze Flecken im Bauteil	
Brandflecken am Bauteil	
Kalte Angusstellen im Bauteil	
Risse im Bauteil	
Verfärbung des Bauteils	
Unregelmäßiger Schneckenrisszug	
Grat	
Laminierung im Bauteil	
Bauteil klebt in der Form	
Schleiffehler	
Welligkeit am Bauteil	
Fehlfüllungen	
Gewichtsschwankungen zwischen den Schüssen	
Hautbildung	
Angussklemmung	
Oberflächenrauheit	
Nicht geschmolzenes Harz	
Lunker im Bauteil	
Verzug	

Fehlerbehebungsleitfaden

Vorgeschlagene Lösung	Problem
Einspritzdruck erhöhen	
Einspritzdruck verringern	
Einspritzgeschwindigkeit erhöhen	
Einspritzgeschwindigkeit verringern	
Vorschubzeit des Stößels erhöhen	
Vorschubzeit des Stößels verringern	
Schmelztemperatur erhöhen	
Schmelztemperatur verringern	
Formtemperatur erhöhen	
Formtemperatur verringern	
Zylindertemperaturen erhöhen	
Gegendruck erhöhen	
Umgekehrte Kegeldüse verwenden	
Zykluszeit verringern	
Zyklus erhöhen	
Padgröße (Polsterung) prüfen	
Düsenöffnung vergrößern	
Schließdruck erhöhen	
Schneckenrückzug prüfen	
Konizität erhöhen	
Düse auf Grate/Radius prüfen	
Düsentemperatur erhöhen	
Angussgröße erhöhen	
Entlüftungsöffnungen vergrößern	
Angussposition ändern	
Schneckendrehzahl reduzieren	
Auf Verunreinigungen prüfen	
Auf Harzstagnation prüfen	
Konstruktionsmaterialien prüfen	
Auf Harzkreuzverunreinigung prüfen	
Zylinder und Schnecke gründlich spülen oder reinigen	



Everflon Academic Center

Tel: +86-185-7168-9228

info@everflon.com

www.everflon.com

Weitere Informationen zu unserem Unternehmen, unseren Produkten und unserem Service finden Sie auf unserer Website unter www.everflon.com oder www.everflonultra.com