



EVERFLON^{ACADEMIC}



— 射出成型手冊 —

EVERFLON

FEP
PFA

ETFE
PVDF

可熔性氟塑料

介紹

熔融加工型氟聚合物樹脂擴展了產品線，使產品具備了 Everflon™ PTFE 的優良性能，並可透過注塑和擠出等傳統熱塑性加工技術進行加工。

其應用範圍涵蓋了設計人員和最終用戶需要一種具有優異化學穩定性、介電性能、防黏性和機械強度的熱塑性材料，以用於極端高低溫環境的場合。

Everflon™ 提供一系列用途廣泛的熔融加工型氟聚合物樹脂，以滿足特定的最終用途要求和加工需求：

Everflon™ FEP 的額定使用溫度為 200 ° C，並維持了 Everflon™ PTFE 氟聚合物樹脂的耐化學性和介電強度。

Everflon™ PFA 是一種高性能樹脂，具有良好的熔融加工特性和獨特的熱穩定性。它具有高溫強度和剛度、優異的抗應力開裂性、高彎曲壽命和優異的電氣性能。其最高使用溫度為 260 ° C，且幾乎耐所有化學品。

Everflon™ ETFE 是一種強度高、韌性強的材料，其耐化學性、電氣特性和耐老化性能接近其他 Everflon™ 氟聚合物樹脂。Everflon™ ETFE 的額定使用溫度為 150 ° C，採用傳統熱塑性塑膠加工技術即可達到優異的加工性能。

氟聚合物樹脂與其他大多數熱塑性塑膠不同，其熔點和熔體黏度更高。因此，Everflon™ 氟聚合物樹脂需要相對較高的加工溫度和較慢的注射速率。由於這些樹脂的成型特性，模具設計需要特別考慮；此外，加工設備也需要採用耐腐蝕材料製成。

Everflon™ 氟聚合物射出成型性能

性能	单痊	ASTM standard	FEP 4610	PFA 410	ETFE 4010
熔點	°C	DSC	260	310	260
熔體流動速率 (MFR)	g/10min		6-12	6-14	6-12
比重	--	D792	2.15	2.15	1.7
23°C拉伸強度	MPa	D2116	24	26	45
23°C延伸率	%	D2116	330	350	400
衝擊強度 (艾氏硬度)	kg-cm	D256A		No Break	
硬度 (邵氏硬度)	--	D2240	D56	D60	D70
彎曲模量	Mpa	D790	550	580	1200
體積電阻率	Ω -cm	D257		$>10^{17}$	
介電常數	1 MHz	D150	< 2.1	< 2.1	< 2.6
介電係數	1 MHz	D150	0.0007	0.0001	0.0007
介電強度	kV/mm	D149	78	78	70
阻燃性	--	UL94		V-0	
氧指數	--	D2863		>95	
耐化學性				Excellent	
吸水率	%	D570		< 0.03	

裝置

雖然可以使用沖壓式設備對 Everflon™ 氟聚合物樹脂進行注塑成型，但建議使用往復式螺桿機，因為螺桿可產生完全塑化的均勻熔體，並能更有效地將壓力傳遞到流入模具的熔融樹脂中。

結構材料

由於熔融的 Everflon™ 氟聚合物樹脂對大多數金屬具有腐蝕性，因此與熔融樹脂持續接觸的所有零件必須使用耐腐蝕金屬。金屬表面積聚的腐蝕產物可能會脫落，污染成品，並可能對其物理性能產生不利影響。建議螺桿、接頭和噴嘴使用 Hastelloy C、Hastelloy C-2761、Duranickel 或 Monel 合金。

對於汽缸襯裡，建議使用 Xaloy 309、Brux、Reiloy 或 Bernex 合金。

由於工作溫度較高，建議使用耐高溫螺紋潤滑劑，例如 Never Seez，以便於拆卸機器零件。

由於模具溫度保持在樹脂熔點以下，因此模具表面的腐蝕速率將低於機器的其他零件。除大批量生產外，使用未經鍍層的硬化工具鋼、硬化不銹鋼或優質鍍鉻/鍍鎳材料製成的模具即可滿足要求。對於大批量生產，則可能需要使用更耐腐蝕的材料。

螺桿設計

此螺桿為計量型螺桿，計量段長度佔總長度的 25%。螺桿應具有恆定的螺距，且從進料段到計量段的螺紋深度比為 3:1。對於 Everflon™ ETFE 樹脂，建議使用 3 圈過渡段；而對於 Everflon™ 氟聚合物樹脂，建議使用 4 圈過渡段。雖然其他螺桿設計也曾成功應用，但建議採用上述兩種設計。

噴嘴

噴嘴孔徑應盡可能大，並採用錐形設計，以防止死角或樹脂流速的劇烈變化。澆口應延伸至噴嘴內 13 至 25 毫米，以防止形成冷塞。建議噴嘴錐形部分內的樹脂與注塑液的夾角為 4° ，以便樹脂能夠隨注塑液一起排出。為降低噴嘴孔內壁被擠壓變形的可能性（擠壓變形可能導致噴嘴內冷卻樹脂無法排出），建議噴嘴孔口的半徑為 0.25 毫米。為確保流暢無阻的流路，噴嘴孔徑必須與轉接器匹配，並配備獨立的加熱器和溫度控制裝置。

止回閥

止回閥或單向閥可防止熔融樹脂在注塑過程中沿著螺桿/螺紋倒流。流路必須流線型設計，閥門與螺桿之間的連接必須光滑緊密，以避免樹脂流動停滯或滯留。螺桿尖端應呈尖狀，以便為樹脂提供流線型的流動路徑，並減少注射後螺桿前方的自由體積。閥門洩漏會導致零件填充控制不佳，並影響公差。

塗抹頭

塗抹頭可取代止回閥，它利用與氣缸之間較長的徑向間隙，限制螺桿注射行程期間熔體的回流。當螺桿在回退過程中旋轉時，熔體被迫向前通過狹窄的環形通道；這種剪切或塗抹作用可提高熔體溫度，改善混合效果，並降低有效填充壓力。與止回閥相比，塗抹頭可能更受歡迎，原因如下：

- 樹脂滯留的可能性較小
- 模具過填充的可能性較低（對於 Everflon™ 氟聚合物樹脂而言，過度填充會導致分層）
- 成型件中出現條紋的可能性較小
- 對相對較軟的耐腐蝕合金的磨損較小

建議在注塑低黏度樹脂時使用帶有止回環的止回閥。射出 Everflon™ PFA 和 FEP 或 ETFE 4010 時，通常會使用塗抹頭代替止回閥。

止回環可採用 Hastelloy C 或 Monel 400 製造。由於目前尚無已知的堅不可摧的止回環材料，因此應監測止回環的磨損。

溫度控制

建議汽缸使用三個獨立控制的加熱區，適配器使用一個加熱區。噴嘴應使用單獨的控制器。加熱控制器必須能精確控制溫度，Everflon™ ETFE 最高溫度可達 371°C ，Everflon™ FEP 和 PFA 最高溫度可達 427°C 。這種控制精度要求加熱器功率密度為 4.6 至 6.2 W/cm²。

液壓系統

射出成型 Everflon™ 氟聚合物樹脂時，通常需要使用極慢的注射速度，以避免表面或內部熔體破裂。因此，液壓系統應能提供非常均勻且可控制的推桿速度，最低可達每次注射 60 秒。

流線型設計

樹脂在機器內的整個流動路徑必須流線型，避免任何停滯區域，這一點至關重要。往復式螺桿注塑機的止回閥中可能存在局部滯留，這會導致樹脂熱降解，進而造成產品品質不合格。

注塑機尺寸選擇

在正常加工條件下，應結合零件和流道的重量，考慮以下熔體密度，以確定合適的射出成型機尺寸：

- Everflon™ FEP 與 PFA: $\sim 1492 \text{ kg/m}^3$ ($\sim 0.054 \text{ lb/in}^3$)
- Everflon™ ETFE: $\sim 1298 \text{ kg/m}^3$ ($\sim 0.047 \text{ lb/in}^3$)

鎖模力應與型腔壓力和承受鎖模力的型腔面積相符。通常情況下，對於 Everflon™ 氟聚合物零件的成型，5 噸/平方英寸投影面積的鎖模力即可滿足要求。

模具設計

模具材料

模腔可採用耐腐蝕材料製造，例如哈氏合金C、蒙乃爾合金或杜拉鋁合金，但這些材料的耐腐蝕性遠超通常所需。

如果使用未保護的工具鋼或硬化不銹鋼，則在存放前應使用弱鹼性物質（例如氨水）徹底清潔模具，乾燥後塗上防銹劑，以防止生鏽和點蝕。在高濕度環境下，此步驟尤其重要。可透過在模具上鍍鎳或鍍鉻（Everflon™ PFA 不應使用鍍鉻）來防止生鏽和點蝕，鍍層厚度為 0.013 至 0.025 毫米；為避免鍍層脫落，請使用無針孔的高品質鍍層。

澆口襯套

澆口襯套的直徑應比主流道直徑至少大 1.6 毫米，並略大於噴嘴孔徑。通常採用 4 或 6 mm/m 的標準錐度。

流道

為了最大限度地減少熱量和壓力損失，應使用直徑大、長度盡可能短的全圓形流道。其次是梯形流道，梯形流道通常比圓形流道更容易加工。流道壁應暢通無阻，並與澆口平滑過渡。一般來說，模塑件越厚，流道就應該越大越短。厚度約 12.7 mm 的中等厚度零件需要 6.4 mm 或更大的流道直徑。較厚的零件需要流道直徑為零件厚度的 1/2 到 1 倍。流道長度或佈局決定了廢料的產生量和壓力降。當型腔和澆口之間的樹脂流動距離相等時，流道系統是「平衡的」。當型腔數量導致樹脂流動複雜或過長時，不建議使用「平衡」流道系統。在大多數情況下，側向流道系統可以用於短距離和長距離樹脂流動。

澆口

澆口應盡可能大，或完全取消。澆口的澆口長度應盡可能短。矩形澆口或扇形澆口（其開口向模腔內充分展開）優於圓形澆口，因為它們能更有效地降低樹脂應力。圓形澆口通常更容易從零件上移除，但與矩形澆口相比，它們無法像矩形澆口那樣獨立控制模腔填充和澆口凍結時間。澆口直徑應為零件厚度的 1/2 至 1 倍。流道、澆口和零件之間的過渡應平滑，樹脂流動方向不應突變。

對於同心度要求極高或不允許出現熔接線的圓柱形零件，可以使用隔膜澆口或環形澆口。除使用 Tefzel™ 氟聚合物樹脂等高速射出成型小型零件外，應避免使用針尖澆口。隧道式澆口。

澆口位置應位於下列點：

- 零件在使用過程中不會因彎曲或衝擊而承受過大應力的位置
- 使熔接線位於非關鍵區域
- 澆口處無需或無需進行後續加工成本過高的位置
- 位於或靠近最厚截面處，以最大程度地減少縮痕，並避免樹脂從薄截面擠壓到較厚截面
- 符合排氣要求的位置（通常需要在熔接線處或盲孔底部設置排氣口）
- 位於圓形零件的中心

其他注意事項

在確定零件的必要功能和外觀要求後，最終零件設計應考慮以下因素：

- 充足的圓角
- 流線型的角度與交點
- 均勻的壁厚（如果需要不同的壁厚，應盡可能平滑過渡）
- 簡潔性（整體設計應盡量簡潔）

此外，以下是一些值得考慮的良好實踐：

- 通常優先選擇後成型操作，例如在零件上鑽孔，而不是直接在零件上進行成型銷釘數量。
- 隨著零件複雜程度的增加，型腔數量應減少。
- 應避免噴射成型，即稀薄樹脂流快速流過模腔。

模具加熱

雖然通常可以使用高溫循環油加熱器加熱模具，但當注塑成型製程要求模具溫度超過 191 °C 時，應使用電加熱。模具的兩半都應與壓板絕緣，以減少熱損失。厚度為 6.4 毫米的“Transite”板材即可滿足此要求。

尺寸方面的考慮

公差

實現高精度成型取決於對操作參數的精確控制，例如樹脂送料速率、料筒和熔體溫度、螺桿或推桿速度、壓力以及整個成型週期；所有這些參數都必須保持恆定。模具設計也是滿足規定公差的關鍵因素。

在任何製造過程中，隨著公差要求的提高，製程會變得更加複雜和昂貴。

通常，由於塑膠具有更高的固有彈性，塑膠零件比金屬零件能夠承受更大的公差。

以下是一些關於公差的一般性說明和注意事項：

- 公差的設定不應過於嚴格。
- 如果零件的多個尺寸都設定了嚴格的公差，則會增加成本。
- 對於壁厚變化較大的零件，請勿設定過小的公差。
- 不建議在分型線上或由活動型芯或滑動凸輪控制的尺寸上設定過小的公差。

收縮率

以下列出了影響氟聚合物注塑件收縮率的基本因素：

- 增加零件厚度或模具溫度都會增加零件收縮率，因為此類變化會導致零件冷卻速度減慢，進而提高結晶度（有序度），並釋放部分內應力。
- 大多數塑膠零件的收縮率存在方向性差異；由於樹脂流動方向上的分子取向度相對較高，因此零件沿樹脂流動方向的收縮率最低。通常，流動路徑越直，收縮率越低，因此建議在設計零件和設置澆口位置時，盡可能使流動路徑沿該方向最直，從而最大程度地限制尺寸公差。
- 增加注射壓力會降低收縮率。
- 通常，在較高原料溫度下成型的零件會表現出較高的模具收縮率。
- 添加填料可以減少零件收縮率。

成型操作

停機和啟動程序

如果注塑設備未依照正確的停機程序關閉，可能會導致樹脂降解，如果設備由非耐腐蝕材料製成，也可能導致設備嚴重腐蝕。若需要在不進行清理的情況下進行過夜停機，建議採用以下停機程序：

1. 將所有溫度控制器的溫度降至以下水準：
 - a) Everflon™ PFA 或 FEP: 310 ° C
 - b) Everflon™ ETFE: 280 ° C
2. 當所有溫度降至步驟 1 所示的水平後，將機器吹掃至乾燥狀態，並保持注射螺桿處於正向位置，最後關閉電源。

重啟步驟如下：

1. 首先依序調整噴嘴、轉接器、後筒、前筒及中筒的溫度控制器，將各區域的溫度控制器依序提升至以下溫度：
 - a) Everflon™ PFA 或 FEP: 310 ° C
 - b) Everflon™ ETFE: 280 ° C

可能需要保溫 1 小時，以熔化所有樹脂並將所有金屬部件加熱至設定溫度。

2. 待所有溫度穩定後，慢慢啟動機器，並將溫度控制器設定為工作溫度。
3. 達到工作溫度後，開始生產。

清洗步驟

以下步驟概述了建議的清洗步驟：

1. 在保持工作溫度的前提下，開始旋轉螺桿，並持續旋轉直至樹脂不再從噴嘴流出。
2. 將料筒溫度降低至以下水準：
 - a) Everflon™ PFA 或 FEP：310 °C
 - b) Everflon™ ETFE：280 °C
3. 關閉螺桿，並拆下噴嘴和轉接器。務必趁熱使用軟金屬刮刀和銅網清潔噴嘴。無需進行烘箱燒灼，應避免此操作。
4. 緩慢地將熱螺桿從料筒中取出，並用鋼絲刷清潔螺桿。
5. 用纏繞在鍋爐管刷上的銅網清潔料筒內壁，確保其緊密貼合；然後用無絨布擦拭料筒。

在耐腐蝕金屬製成的設備中操作時，允許將清潔材料（研磨後的丙烯酸樹脂、澆鑄丙烯酸樹脂或聚乙烯薄膜）留在設備中過夜，而不會對金屬造成損壞。

熔體溫度（樹脂離開噴嘴的溫度）

- 隨著停留時間的增加，應降低熔體溫度。
- 流道、澆口和噴嘴孔徑也是需要考慮的因素。

溫度曲線

- 當熔體溫度較高且停留時間較長（10 至 15 分鐘）時，後區溫度應低於前區溫度，以最大程度地減少樹脂降解。
- 當停留時間較短時，前後區溫度應設定在同一水平。
- 加熱器熱電偶的位置、機器尺寸、注射螺桿的速度和種類、注射量和循環時間也是需要考慮的因素。
- 有時，熔體溫度過高是由於樹脂熔體的機械運動造成的。
- 若後區溫度過高，可能會發生架橋現象，導致進料不穩定。
- 如果後區溫度過低，部分熔融的樹脂產生的高扭力負載可能導致螺桿卡死，從而降低設備的塑化能力。

注射速度

- 允許的注射速度取決於熔融樹脂必須通過的最小通道。
- 表面粗糙或波紋狀表示注射速度不適合。若表面粗糙或呈霜狀，則注射速度過快；反之，如果表面呈波紋狀，則注射速度過慢。
- 注射量、熔膠溫度和模具溫度也是需要考慮的因素。

注射壓力

- 通常情況下，注射壓力應盡可能低。
- 低注射壓力可降低凍結應力，提升尺寸穩定性。
- 為減少縮痕或改善熔接線，應提高注射壓力。
- 也必須考慮設備和零件設計。

螺桿轉速

- 通常情況下，螺桿轉速應盡可能慢。
- 有時，為了獲得成型長而薄零件所需的高熔體溫度，會使用高螺桿轉速並配合適當的背壓。

模具溫度

- 通常情況下，不應使用過高的模具溫度來成型厚壁零件。
- 當樹脂流動路徑相對於零件厚度較長時，需要比正常更高的模具溫度。
- 提高模具溫度可降低分層的可能性。
- 調整模具溫度時，應考慮相互關聯的參數，例如零件幾何形狀、表面光潔度、壓力降、對成型週期的影響、應力、零件脫模性和收縮率。

背壓

- 通常情況下，背壓應盡可能低。
- 然而，有時增加背壓可以有效提高坯料溫度。

總循環時間

總循環時間受多種相互關聯的製造變數影響，例如製程溫度和壓力、零件幾何形狀、公差、翹曲和頂出性能。循環時間通常以每 3.2 毫米厚度 30 至 40 秒估算。除薄型材外，循環時間最長的部分通常用於活塞運動。

「填充」樹脂（即在加壓狀態下將活塞保持在前進位置）應盡量減少。通常，填充僅在成型厚型材時使用，以減少縮痕或消除空隙。過度填充通常會導致 Everflon™ FEP 和 PFA 零件分層，但通常不會導致 Everflon™ ETFE 零件分層。使用塗抹頭可以減少過度填充的可能性。

Everflon™ 氟聚合物的建議成型條件

Property	Unit	FEP 4610	PFA 410	ETFE 4010
後缸	°C	315–330	315–330	270–300
中缸	°C	330–345	330–345	270–320
前缸	°C	371	371	270–320
噴嘴	°C	371	371	345
模具溫度	°C	>93	149–260	190
料溫	°C	343–382	343–399	300–330
注射速度 (慢)	-°C-	Slow	Slow	Moderately Fast
注射壓力	Mpa	21–55	21–55	21–100

TIPS

著色

Everflon™ 氟聚合物樹脂可使用在樹脂成型溫度下具有熱穩定性的 Everflon+™ 色漿進行著色；無機顏料是最佳選擇。最簡單的樹脂著色方法是將未著色的樹脂與色漿混合，也可以透過以下步驟進行乾混：

1. 將所需顏料在真空烘箱或非循環空氣烘箱中於 150 ° C 下乾燥過夜，以去除吸附的氣體和水分。
2. 稱量顏料，如果需要更高的遮蓋力，則向顏料中添加並混合適量的二氧化鈦顏料。
3. 將樹脂顆粒放入乾淨的容器中，例如原包裝紙箱，然後將顏料通過 100 目篩網直接篩到顆粒上。
4. 將顏料和顆粒乾混，透過滾動或翻滾混合物至少 15 分鐘。
5. 著色樹脂顆粒應在 30 分鐘內使用，或儲存於密封容器中以防止吸濕。

薄截面成型

通常，使用大多數熱塑性樹脂注塑成型極薄截面較為困難，尤其是在涉及較大表面積的情況下。對於 Everflon™ 氟聚合物樹脂，厚度小於 2.5 毫米的截面均可視為薄截面。加工薄截面時，必須使用更快的注射速度，因為滿注至關重要。然而，如何同時實現滿注和無分層卻是一個難題。

後者通常只能透過降低注射速度來實現，但這種操作條件通常會導致樹脂在澆口或型腔內凍結，從而無法實現滿注。

因此，需要使用 204 ° C 左右的較高模具溫度來最大限度地減少分層傾向。不應使用填料，即模具注滿後應立即縮回沖頭。Everflon™ FEP 和 PFA 零件在經熱老化或重複彎曲後，表面光滑的部分可能會出現分層現象。如果零件在彎曲後要保持良好的光滑表面，則其厚度必須足夠，以允許較低的沖頭速度。

分層並非 Everflon™ ETFE 的特性，因此在註塑 ETFE 時無需採取與 FEP 和 PFA 樹脂相同的預防措施。



恆氟隆 學術中心

Tel: +86-185-7168-9228

info@everflon.com

www.everflon.com

如需了解更多關於我們公司、產品和服務的信息，請訪問我們的網站 www.everflon.com 或 www.everflon-formosa.cn