



EVERFLON^{ACADEMIC}



— 擠出手冊 —

EVERFLON

FEP
PFA

ETFE

可熔性含氟聚合物

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。

Everflon™ 氟聚合物樹脂的熔點和熔體黏度都高於大多數熱塑性塑膠。採用本指南中所述的加工技術，可獲得極佳的產量和生產效率。

Everflon™ 氟聚合物擠出性能

性能	單位	ASTM standard	FEP	PFA	ETFE
熔點	°C	D5C	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	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	

色漿

Everflon™ FEP 和 PFA 以及 ETFE 可使用市售色漿進行著色，這些色漿可從 Everflon™ 購買。添加量各不相同，但通常比例很小，不會對氟聚合物的最終機械性能產生明顯影響。然而，重要的是，色漿必須與稀釋過程中使用的基礎樹脂混合。

大多數現代連續擠出機都使用商用色漿計量添加系統。如果使用此類系統，請遵循計量器製造商的操作說明。如果無法取得製造商的操作說明，可以使用下列步驟。

以下步驟用於將色漿顆粒乾混或「稀釋」到 Everflon™ 氟聚合物樹脂顆粒中。

1. 將色漿在通風或真空烘箱中於 95 °C 下乾燥數小時。無需乾燥本體樹脂；然而，值得注意的是，冬季從未加熱的儲存區域取出的樹脂，一旦進入溫暖的擠出區域，可能會出現冷凝現象。使用前，請讓樹脂達到平衡狀態。
2. 將濃縮液稱重至所需樹脂的比例（例如，1%）。
3. 將色料濃縮液加入裝有樹脂的乾淨乾燥容器中。
4. 將樹脂和色料濃縮液混合或翻滾至少15分鐘，直到充分混合。將混合物送入擠出機料斗。使用過程中，請用蓋子或鋁箔紙蓋好。
5. 未使用的色料濃縮液顆粒應儲存於密封容器中。否則，在使用前應重新乾燥。

裝置

擠出機

擠出機的功能是將熱塑性顆粒轉化為熔融樹脂，並以均勻的速率和溫度輸送熔體。傳統的單螺桿擠出機用於加工含氟聚合物。長徑比 (L/D) 通常在 20/1 到 30/1 之間。然而，研究發現，長徑比為 28/1 或更長的擠出機效果最佳。這些更長的機器能夠在高生產率下實現更穩定的輸出。

樹脂塑化所需的能量來自螺桿旋轉產生的黏性阻力以及來自料筒加熱器的傳導熱量。螺桿旋轉混合熔體，並與計量段的尺寸共同決定擠出機的熔體輸出量。選擇合適的擠出機尺寸以獲得所需的充分混合的熔體輸出量至關重要。

較小直徑的機器需要更高的螺桿轉速才能達到與轉速較低、尺寸較大的擠出機相同的輸出量。然而，20 至 50 轉/分鐘的合理轉速效果最佳。

小型短擠出機為了達到理想的產量，必須在高溫高轉速下運行，這會導致熔體強度下降等加工問題。同樣，大型機器低速運轉也會出現類似問題。混合不充分和停留時間過長會導致熔體不穩定，進而影響拉伸性能。

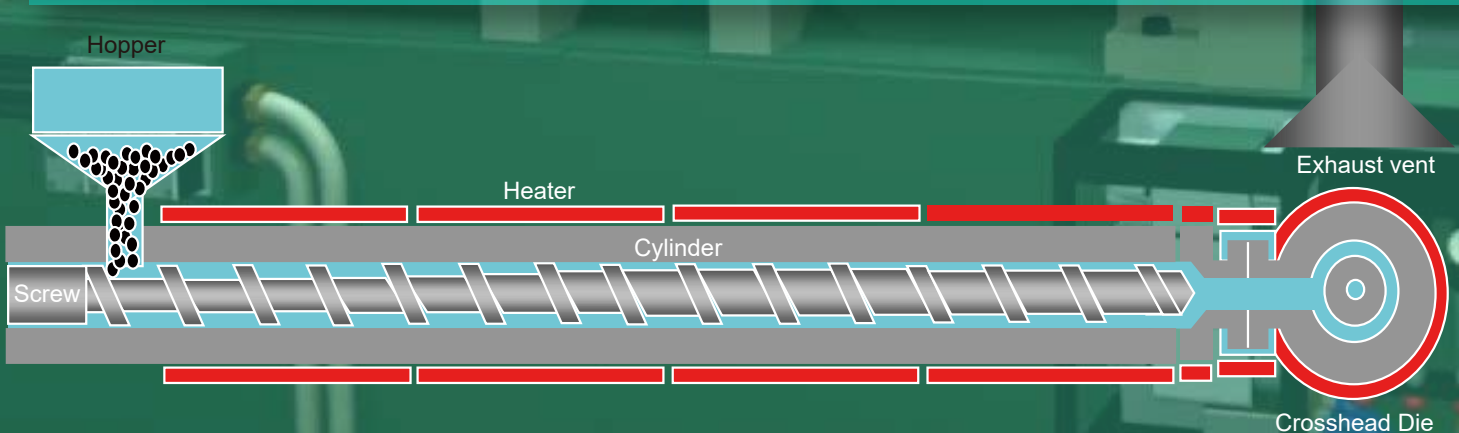
結構材料

熱塑性聚合物的熔融加工會導致部分樹脂分解並產生副產物。熔融氟聚合物的副產物對大多數金屬具有腐蝕性。樹脂分解會加速腐蝕，可透過以下方法最大限度地減少腐蝕：

避免過高的操作溫度和使用流線型樹脂流道。堵塞點、死角等會滯留樹脂，使其在高溫下長時間暴露而降解。

因此，必須使用耐腐蝕、高鎳、低鐵合金製成的擠出設備。

所有接觸設備，例如筒體襯套、篩網、斷路器板、適配器、十字頭和工裝，都必須採用這些合金製造。裸露設備，例如夾具，必須採用高品質的鍍鎳製程進行保護。市面上有各種此類設備可供選擇，供應商可以就其與含氟聚合物的正確配合使用提供建議。



螺桿設計

大多數傳統的單螺桿設計都能很好地適用於含氟聚合物。性能會因螺桿設計而異。

具有長進料段、壓縮比約為 3:1、芯部漸進式輪廓和低剪切熔體混合元件的螺桿設計已被廣泛應用，並且是首選。有限的經驗表明，變螺距和阻隔式螺桿也可以用於含氟聚合物。但是，擠出機操作人員應謹慎對待此類設計。

在「方螺距螺桿」中，螺旋旋轉一週相當於螺桿向下移動一個螺桿直徑。常見的方螺距螺桿的螺距角為 17.7 度。

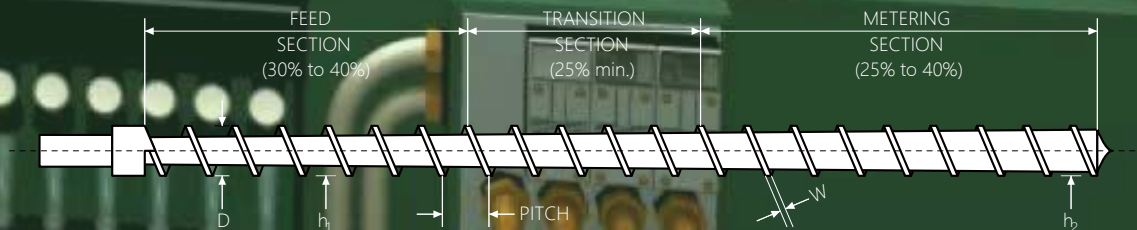
這意味著長徑比 (L/D) 等於分配到螺桿各段 (進料段、過渡段、計量段和混合段) 的圈數。例如，長徑比為 28:1 的方螺距螺桿需要分配 28 圈。

樹脂塊的輸送、熔化和混合在進料段進行。至少8圈的長進料段可提供所需的停留時間。機械黏性阻力和筒體加熱器提供的能量輸入必須保持良好的平衡。這可以透過螺桿轉速來實現。螺旋線的深度必須足夠，以使樹脂顆粒能夠壓實，同時還要保留足夠的芯徑以確保機械強度。

芯部漸進過渡段連接進料段和計量段。過渡或壓縮過程在3到4圈螺旋線內完成。隨著螺旋線深度逐漸變淺，熔化過程完成，空氣或氣體被向上驅回筒體，並透過進料喉排出。這形成了一個充滿液體的螺旋通道，進入計量段。這對於實現穩定的熔體輸出至關重要。

熔體透過表面摩擦力沿著螺桿的計量段輸送。輸出量與螺桿轉速成正比。5到7圈的計量段通常能產生足夠的壓力，使熔體能夠通過篩網、頭部和模具。計量段的螺旋線深度較淺，以最大化表面積與體積之比。這也能最大限度地減少因壓力積聚而導致的熔體回流。需要注意的是，這是一個體積過程。產量取決於計量段的橫截面尺寸和螺桿轉速。

大直徑、深計量通道的設計所需的轉速遠低於小直徑、淺計量通道的機器。在為新機器或現有機器選擇新螺桿時，首先要計算中等轉速下滿足應用所需產量的計量段尺寸。以此為基礎，使用典型的壓縮比 (例如 3:1)，即可輕鬆確定其他螺桿尺寸。



料斗乾燥機

氟聚合物樹脂不吸水。但是，它們會吸收表面水分，尤其是在從冷庫轉移到溫暖的加工車間時。由於色漿可能具有吸濕性，因此樹脂和色漿的乾燥已被證明能有效消除與水分相關的缺陷。擠出前進行批量乾燥是有效的，但處理大量樹脂時可能比較繁瑣。

氟聚合物不需要除濕空氣。一次性熱風即可去除表面水分。通常，120 至 160 °C 的溫度，保持 1 至 2 小時即可有效。料斗的廢氣應安全排放。市面上有用於氟聚合物的成套料斗加熱器。

篩網組件和擋板

擋板組件和篩網組件可用於氟聚合物的擠出。它們產生額外的背壓，使顏料或填料更好地分散到熔體中。此製程應足夠清潔，無需透過篩選去除污染物或色漿團聚物。擋板孔兩側應倒角，以消除樹脂滯留和鋒利邊緣造成的剪切力。典型的配置是在兩層 80 目篩網（0.177 毫米）之間夾一層 120 目篩網（0.125 毫米）。篩網應採用氟聚合物級耐腐蝕合金製成。

適配器

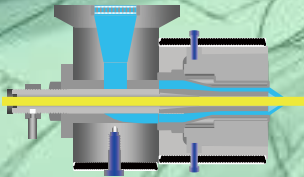
連接十字頭和擠出機機筒的適配器內部必須採用流線型設計，以確保熔體順暢流動。錐形截面縮減的最大夾角應為 30°。適配器還必須配備帶溫度控制器的加熱帶。如果適配器溫度不足，則應提高機筒溫度以補償，否則可能導致適配器效能下降，並在啟動過程中造成安全隱患。適配器內部固化的樹脂會限制熔體從擠出機的流動。

十字頭

傳統的擠出機十字頭設計較為常用。此外，還有其他設計可供選擇。擠出連續型材（例如管材）時，通常使用直通式或直通式十字頭。市面上有許多商業型號可供選擇。

擠出頭的流線型必須簡潔流暢，避免出現阻塞點。擠出頭的尺寸取決於所需的最終產品。然而，在滿足最終產品需求的前提下，盡可能減少擠出體積並縮短停留時間是最佳選擇。熔體斷裂（本文稍後將討論）可能會限制生產速率。但是，Everflon™ 氟聚合物具有良好的熔體強度，可使用較大的拉伸比，從而最大限度地減少熔體斷裂的影響。

同樣重要的是，需要指定氟聚合物等級和耐腐蝕的結構材料。供應商使用不同的合金，以平衡耐腐蝕性、易加工性和氟聚合物使用後的外觀。



加熱帶

加熱帶應具有足夠的功率，以確保運行期間最高溫度達到 425 ° C。可使用 4.65 W/cm² 或更高的功率密度。比例積分微分 (PID) 溫度控制器或同等控制器是穩定熔融擠出輸出的必要條件。

局部排氣通風

所有熱塑性聚合物（包括熱塑性含氟聚合物）的熔融加工都會產生一定的降解，並可能釋放出對健康有害或產生難聞氣味的氣體、蒸氣或煙霧。控制這些排放物的最有效方法是在源頭「捕獲」它們，並透過排氣通風將其去除，防止其擴散到工作場所空氣中。這種「捕獲」技術稱為局部排氣通風 (LEV)。

LEV 的有效性在於，與更換整個工作場所或工廠空氣所需的大量空氣相比，只需相對較少的空氣即可「捕獲」和去除塑膠釋放的空氣中的化學物質。此外，從源頭「捕獲」污染物可以有效消除工人接觸化學物質的風險。

擠出機操作

成功的擠出操作需要密切關注許多細節，例如：進料的品質和流動性、啟動和關閉過程不會對聚合物造成降解或危及設備和操作人員安全、擠出機溫度曲線能夠以所需的生產速率在所需的熔體溫度下實現並控制製程、足夠的局部排氣通風系統以及樹脂處理。

樹脂處理

應注意防止樹脂表面凝結水汽。某些添加劑（例如顏料或成核濃縮物）可能會吸收水分。使用前，應將樹脂在工作場所靜置最多 24 小時以適應環境。

強烈建議保持樹脂清潔，避免污染。樹脂袋和其他容器在使用前應保持密封。使用帶蓋料斗和儲料箱可避免污染。污染物通常會導致擠出產品出現缺陷，例如電線絕緣層出現火花放電現象。

熔體流動

氟聚合物樹脂在建議加工溫度下的黏度遠高於大多數其他熱塑性樹脂。熔體黏度和熔體流動速率（MFR）是描述聚合物熔體流動性的術語，熔體流動速率是指在恆定壓力和溫度下，10 分鐘內通過給定孔口的熔體量（以克為單位）。這些性能是在標準的、規定的剪切和溫度條件下測量的。

ASTM 標準定義了這些數值及其測量方法。這些氟聚合物樹脂的黏度（在恆定剪切應力下）與其溫度成反比。Everflon™ FEP 和 PFA 氟聚合物通過小模口或類似輪廓模具的熔體流動受到聚合物高熔體黏度和低「臨界剪切速率」的限制。然而，它們具有足夠的熔體強度，可以通過更大的模具擠出，並隨後拉伸至所需尺寸。Everflon™ ETFE 氟聚合物的熔體強度低於 Everflon™ FEP 和 PFA，因此無法伸展到相同的尺寸。然而，Everflon™ ETFE 氟聚合物熔體的「臨界剪切速率」較高，因此可以實現相當的擠出速率。

熔體斷裂

當熱塑性樹脂流經模具或型材噴嘴時，熔體表面光滑。隨著產量的增加，流速達到一定程度後，表面粗糙度就會顯現出來。這種粗糙度被稱為“熔體斷裂”，是由熔體與模具壁面之間的摩擦引起的。在較低的產量下，摩擦力會減緩熔體在模具壁面處的流動速度。在較高的產量下，摩擦力會試圖「阻止」熔體的流動；但是，製程壓力會推動熔體向前流動，從而克服這種阻力。最終形成不穩定的或“表面湍流”的流動，導致表面粗糙。擠出速率過高，超過了熔體黏度、模具尺寸和設備溫度的限制，是造成熔體斷裂的最常見原因。

熔體斷裂發生在流速高於聚合物熔體的「臨界剪切速率」時。臨界剪切速率與溫度有關，因此通常可以透過提高熔體溫度來提高產量。但是，熔體溫度必須始終低於導致聚合物降解的溫度。

當使用顏料或成核劑時，擠出錐體是不透明的；因此，熔體斷裂只能在外表面觀察到。重要的是，擠出過程必須在不會導致熔體斷裂的條件下進行。

使用未著色樹脂進行實驗有助於初步確定這些條件。檢查擠出產品的內外表面也有助於判斷是否有熔體斷裂。

水分、污染物或填料造成的粗糙度可能被誤認為是熔體斷裂。如果表面粗糙是由熔體斷裂引起的，短暫降低產量可以減少或消除熔體斷裂。相反，如果即使在低產量下粗糙度仍然存在，則應針對水分或污染物進行相應的校正。



典型的管材擠出件被拉入真空定徑機。管材表面光亮光滑，清澈透明。未發現熔體裂紋。



在更高的吞吐量下進行相同的擠出，錐體中出現明顯的熔體斷裂。

剪切應力和剪切速率

圖示為在熔體和模頭溫度恆定的情況下，Everflon™ FEP&PFA 氟聚合物樹脂可能的流動狀態分佈圖。Everflon™ ETFE 氟聚合物不具備這種區域分佈模式。該圖繪製了剪切應力與剪切速率的關係，並展示了剪切應力如何隨剪切速率的增加而增加。

此圖定義了四種可能的擠出行為區域。在極低的輸出速率下，可能會發生熱致樹脂降解。

區域 I 是正常的寬廣操作區域，幾乎所有擠出都在此區域進行。

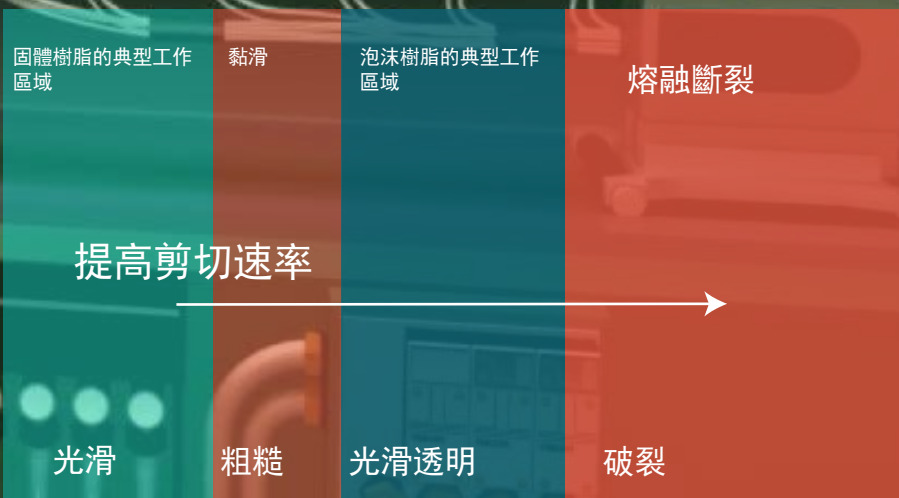
區域 II 表示透過增加樹脂在模具中的流量，擠出物從光滑狀態轉變為粗糙的「熔體破碎」狀態。在此轉變過程中，聚合物熔體達到其「臨界剪切速率」。此臨界剪切速率適用於特定的擠出條件。

在區域 III（通常稱為“超剪切”區域）中，擠出物再次變得光滑。當聚合物熔體失去與模具表面的黏附力時，就會發生超剪切。這種現象伴隨著擠出頭壓力的顯著下降，從而降低了熔體流動的阻力。透過這種方式可以實現更高的輸出速率，但通常會導致所得產品的機械性能發生變化。

在區域 IV 中，擠出物再次變得太粗糙。

對於給定的型材模具幾何形狀，剪切速率隨熔體輸出量的增加而直接增加。剪切應力隨壓力的增加而增加。

與許多非氟聚合物熱塑性熔體一樣，Everflon™ ETFE 氟聚合物樹脂的剪切應力幾乎隨剪切速率的增加而直接增加。根據分子量和加工溫度的不同，這些 Everflon™ 氟聚合物樹脂在低至 10 至 100 s 的剪切速率下即可開始熔體斷裂。當熔體流動速率為 22 的 Everflon™ FEP 4622 在 400 ° C 的熔體溫度下擠出時，大約在 500 s 時發生熔體斷裂。同樣，各種等級的 Everflon™ ETFE 氟聚合物將在 200 到 3,000 倒易秒之間發生熔斷。



流動區域 I、II、III、IV 中擠出物的外觀

拉伸斷裂

當聚合物熔體被推過模具時，會受到剪切作用，當剪切速率超過臨界值時，熔體就會發生斷裂。熔體離開模具後會立即在錐體中向下拉伸。這種拉伸作用會產生額外的剪切力。

當剪切力超過極限時，錐體看起來會變得渾濁（如果未使用顏料），熔體流動中會出現針孔和/或撕裂。在極端情況下，錐體會斷裂。

拉伸速率也很重要。拉伸過快也會導致孔洞、撕裂和錐體斷裂。

聚合物在此過程中能夠承受的總剪切力可以稱之為其「剪切預算」。此預算一部分被影響剪切力的三個製程階段所消耗：模具剪切、拉伸剪切和拉伸剪切速率。當這三個階段中的任何一個或所有三個階段的組合超過聚合物熔體承受剪切力的能力時，製程就會變得不穩定。然而，可以透過一定的靈活性，將熔體上的功從模具剪切轉移到拉伸剪切。拉伸剪切和拉伸速率剪切的加入有效地降低了「製程臨界剪切速率」。

當熔體流動速率為 22 的 Everflon™ FEP 4622 在 400 °C 下熔融擠出時，從模具中排出時（即僅施加模具剪切），大約在 550 倒數秒時會發生熔體斷裂。當拉拔到線材上時（即施加模具剪切、拉伸剪切和拉伸速率剪切），此製程的吞吐量被限制在相當於 350 倒數秒的水平。這解釋了為什麼氟聚合物加工商很少能達到聚合物臨界剪切速率所描述的潛在擠出吞吐量。

拉伸比

拉伸比 (DDR) 定義為模具間隙的橫截面積與成品型材橫截面積之比。

電線電纜的絕緣層或護套大多採用拉拔管擠出製程。管材成型是最常見的氟聚合物擠出裝置，管材和軟管的製造屬於拉伸管製程。在這種管材成型過程中，圓形噴嘴（或芯軸）安裝在圓形模具內，形成一個中心相同的環形間隙。因此，橫截面積等於模具週長減去噴嘴週長。類似地，產品輪廓（管材或導線上的管狀絕緣層）的橫截面積等於外周長減去內週長。這四個面積都可以透過基本的幾何公式輕鬆計算。然而，由於常用項相互抵消，拉拔比 (DDR) 可以透過直徑的平方項輕鬆計算。

提高拉伸比可以降低模具中的剪切力。只有達到更高的產量才會發生熔體斷裂。這使得該製程具有提高生產線速度的潛力。更高的拉拔比還可以降低噴嘴滴料的風險。在一些有限的實驗中，較高的拉延比 (DDR) 由於聚合物更緊密地貼合在導線上，因此能帶來更好的電氣性能。

較低的拉延比會增加模具中的剪切力，導致熔體更早斷裂。然而，較低的拉延比能形成更穩定的拉延錐。這降低了錐體斷裂的傾向，並提高了直徑控制的一致性。

實際生產速度需要在生產線速度和最終產品品質之間取得可接受的平衡。細導線結構的生產速度通常比粗導線結構更快，而管材製造（直徑控制和壁厚同心度至關重要）始終採用較低的拉延比和較慢的生產線速度。

啟動

啟動前

1. 除非機器內已有上次運轉留下的相同樹脂，否則應徹底清潔擠出機，包括進料斗、料筒、螺桿、擋板、十字頭、模頭和噴嘴。如果使用篩網組件，請在清潔時更換。注意：務必確保所有這些零件均採用耐腐蝕的氟聚合物合金製成。
2. 檢查所有加熱帶和電氣連接的狀況和「連接」情況。
3. 檢查熱電偶是否正確安裝且連接牢固。
4. 檢查壓力感知器，並確保已設定高壓聯鎖停機裝置。
5. 確保熔體流經噴頭的通道暢通無阻。
6. 確保局部排氣通風（LEV）系統有足夠的空氣流量。
7. 準備一個裝有部分清水的冷卻槽，用來收集排出的擠出物。

啟動程式

1. 將所有溫度控制器設定為 177 °C，並等待所有加熱器達到平衡。
2. 確保所有溫度以正常速率上升。檢查是否存在偏差，這些偏差可能表示加熱器燒毀或失控。使用長條圖記錄器可以有效觀察溫度控制器和循環情況。
3. 將所有溫度控制器設定為 288 °C，並再次等待所有加熱器達到平衡。
4. 檢查以確保所有溫度均已正常上升。
5. 將各個溫度設定為所需的溫度曲線，並等待其達到平衡。注意：此曲線是在運轉速度下進行微調以獲得所需的熔體溫度。請勿將此曲線用作「控制」。在給定的曲線下，熔體溫度會隨吞吐量（RPM）而變化。
6. 在所有溫度達到設定值後，至少等待 15 分鐘的「熱浸」時間。這樣做是為了確保所有聚合物都已熔化，從而最大限度地減少螺桿轉動時不必要的壓力升高。
7. 螺桿啟動時，請勿站在擠出機正前方。切勿直視進料斗，以免發生回流。
8. 啟動螺桿，並將轉速調整至約 10 轉/分。吹掃約 10 分鐘。注意壓力或電流峰值，如果出現峰值，請立即停止操作。
9. 將轉速提高至約 25 轉/分，並調整模頭使其位於螺桿尖端中心。注意：對於自定心模頭，此步驟無需進行。
10. 開始生產產品，並調整溫度曲線，以在計畫的生產速率下達到所需的熔體溫度。

線材預熱

線材塗層製程控制和後續電纜性能很大程度上取決於線材導體的溫度，因為聚合物熔體會被拉到線材上。低溫導體也會從尖端吸收熱量，增加錐形塗層內部熔體破裂的可能性。

因此，建議對線材進行預熱。這通常是透過使用線上感應預熱器來實現。

然而，經驗表明，存在一個以 150 °C 為中心的最佳操作溫度範圍。可以透過真空和預熱控制在一定程度上調節聚合物與導體的黏合力。

淬冷距離

管材型材在真空槽中冷卻，通常透過循環可控溫度的水進行冷卻。線材塗層先在空氣中冷卻，然後使用淬冷水進行冷卻。 Everflon™ FEP、PFA 和 ETFE 在冷卻成固體時會收縮。

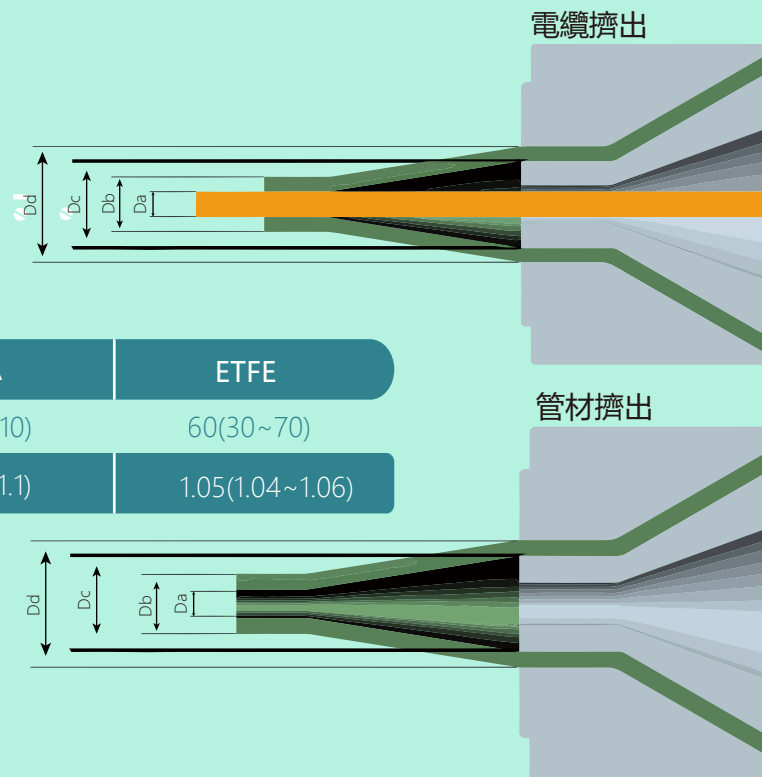
與大多數聚合物一樣，Everflon™ FEP、PFA 和 ETFE 都是良好的絕緣體。如果將導線塗層的外部表面冷卻以固化聚合物表面，內部塗層會因散熱較慢而收縮，從而影響導線性能。這種沿著導體形成的空隙變化會對電纜性能產生不利影響。防止這種冷卻不均勻的最佳方法是在水淬之前，盡可能長時間地讓塗層導線在空氣中冷卻。隨著生產線速度的提高，大多數製程的「空氣間隙」效果會降低。有時，可以透過在空氣間隙之前使用一段短的熱水淬火來控制水淬的影響。在空間受限、無法設定較長空氣間隙的生產線配置中，需要透過實驗來確定最有效的冷卻系統，以防止沿導體形成空隙。

$$DDR = (D^2d - D^2c) / (D^2b - D^2a)$$

$$DRB = (D^2d - D^2b) / (D^2c - D^2a)$$

Everflon™ 氟塑膠的推薦 DDR 和 DRB

	FEP	PFA	ETFE
DDR	100(90~110)	100(90~110)	60(30~70)
DRB	1.05(0.9~1.1)	1.05(0.9~1.1)	1.05(1.04~1.06)



前言

啟動前

1. 除非機器內已有上次運轉留下的相同樹脂，否則應徹底清潔擠出機，包括進料斗、料筒、螺桿、擋板、十字頭、模頭和噴嘴。如果使用篩網組件，請在清潔時更換。注意：務必確保所有這些零件均採用耐腐蝕的氟聚合物合金製成。
2. 檢查所有加熱帶和電氣連接的狀況和「連接」情況。
3. 檢查熱電偶是否正確安裝且連接牢固。
4. 檢查壓力感知器，並確保已設定高壓聯鎖停機裝置。
5. 確保熔體流經噴頭的通道暢通無阻。
6. 確保局部排氣通風（LEV）系統有足夠的空氣流量。
7. 準備一個裝有部分清水的冷卻槽，用來收集排出的擠出物。

啟動程式

1. 將所有溫度控制器設定為 177 °C，並等待所有加熱器達到平衡。
2. 確保所有溫度以正常速率上升。檢查是否存在偏差，這些偏差可能表示加熱器燒毀或失控。使用長條圖記錄器可以有效觀察溫度控制器和循環情況。
3. 將所有溫度控制器設定為 288 °C，並再次等待所有加熱器達到平衡。
4. 檢查以確保所有溫度均已正常上升。
5. 將各個溫度設定為所需的溫度曲線，並等待其達到平衡。注意：此曲線是在運轉速度下進行微調以獲得所需的熔體溫度。請勿將此曲線用作「控制」。在給定的曲線下，熔體溫度會隨吞吐量（RPM）而變化。
6. 在所有溫度達到設定值後，至少等待 15 分鐘的「熱浸」時間。這樣做是為了確保所有聚合物都已熔化，從而最大限度地減少螺桿轉動時不必要的壓力升高。
7. 螺桿啟動時，請勿站在擠出機正前方。切勿直視進料斗，以免發生回流。
8. 啟動螺桿，並將轉速調整至約 10 轉/分。吹掃約 10 分鐘。注意壓力或電流峰值，如果出現峰值，請立即停止操作。
9. 將轉速提高至約 25 轉/分，並調整模頭使其位於螺桿尖端中心。注意：對於自定心模頭，此步驟無需進行。
10. 開始生產產品，並調整溫度曲線，以在計畫的生產速率下達到所需的熔體溫度。

停機程式

停機程序會根據機器是需要停機並進行後續生產準備，還是僅僅停止一段時間後再恢復生產而略有不同。

其目的是透過盡量減少樹脂暴露於高溫環境來避免聚合物降解，從而防止污染後續生產。然而，如果機器長期使用同一種樹脂進行生產，則需要定期拆卸和清潔。

如果後續工序使用相同等級的樹脂，且設備中樹脂的溫度暴露控制在最低限度，則通常不需要清潔。更換樹脂等級則需要拆卸並徹底清潔。切勿試圖用另一種樹脂清洗來「節省時間」。拆卸和清潔最好在設備仍處於高溫狀態時進行。

擠出機無需清潔即可停機

請依照以下步驟正確停機：

1. 透過出料槽清空進料斗，並用吸塵器吸出剩餘的樹脂顆粒。
 2. 如果是塗覆線材，請剪斷線材並將其從十字頭上取下。如果是製作管材，請斷開熔體與定徑模頭的連接。
 3. 將所有溫度設定降低至最後加工樹脂的熔點。
 4. 將螺桿轉速降低至中等偏低的水平（10 至 20 轉/分鐘），並讓熔體排入冷卻水桶或其他用於收集或消除熔體揮發物的容器中。
 5. 當料筒壓力顯著下降或擠出機已排空時，將溫度設定降低至 177 °C 並停止螺桿運轉。
- 注意：步驟 4 和 5 必須在溫度顯著下降之前完成。
6. 如果使用擋板和篩網組件，請斷開機頭並將其拆下進行清潔。

擠出機停機及清潔

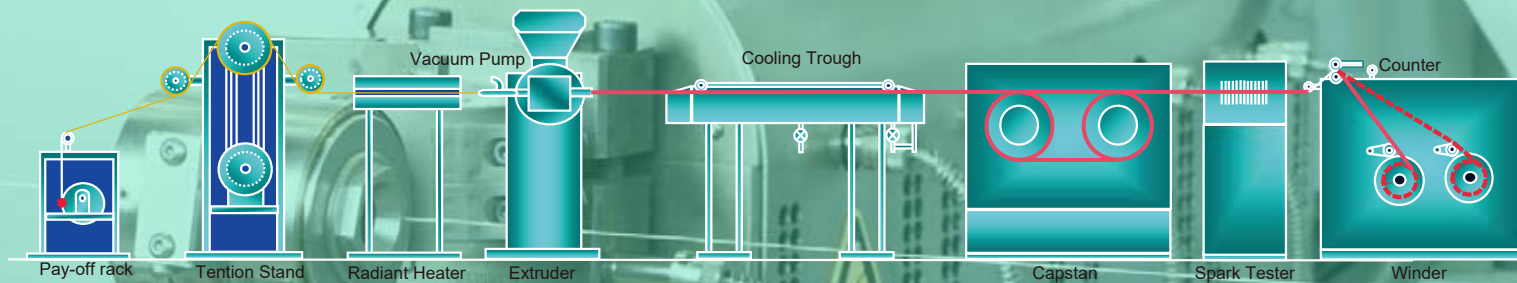
請依照以下步驟正確停機：


1. 如上所述清空進料斗。
2. 如果是塗覆線材，停止線材並將其從十字頭上取下。如果是製作管材，斷開熔體與定徑模頭的連接。
3. 降低所有溫度設定：對於 Everflon™ FEP 和 PFA，調整至約 288 °C。對於 Everflon™ ETFE，調整至約 177 °C。將螺桿轉速降低至中等偏低的水平（10 至 20 RPM），並讓熔體流入冷卻槽。
4. 當擠出機看起來已排空時，停止螺桿運轉。
5. 關閉並斷開頭部加熱器。
6. 拆卸頭部，並在通風良好的工作台上趁熱清潔。拆下模具和芯管，並用銅或黃銅刮刀和刷子進行清潔。拆下所有加熱器和熱電偶。小型部件可在合適的馬弗爐中燒毀。切勿使用丙烷噴槍「燒除」樹脂，因為加熱不均勻可能會導致零件變形。
7. 用鋼絲刷和銅絲絨清潔的同時，逐漸將螺絲推出。切勿使用丙烷噴槍「燒除」樹脂。合金可能會失去部分回火或變形。重複此步驟，直到螺絲完全取出並清潔乾淨。
8. 用銅絲絨清潔螺紋孔，然後用包裹在鉸刀刷頭上的棉布拋光。
9. 關閉加熱器並切斷電源。

如上所述，可以使用設定溫度為 540 °C 的通風式馬弗爐來清潔小型零件。

電線塗層

圖示為一條典型的電線包覆生產線。此生產線必須能夠以所需的生產速率，在無偏差或漂移的情況下，保持電線張力均勻。電線放線裝置、張力控制裝置、預熱器和收線裝置通常會針對多種線徑進行設計。為了實現長時間連續的電線絕緣，採用了「飛線式」放線裝置，其設計類似於從飛釣竿捲線器上放出釣線。許多新安裝的生產線都配備了線上拉絲機。當需要絕緣長度很長的同規格電線時，這是一個很好的方法。大型、較硬的電纜結構通常需要特殊的大半徑拉絲設備。





大直径电缆的护套——多芯电缆

大直径电缆的护套需要特殊的工艺，原因如下：

- 由于长度有限且多芯芯线价值高，成品率至关重要。
- 电缆直径较大，限制了高拉伸比的使用。
- 电缆通常过于僵硬，无法使用传统的卷筒和张力控制装置进行操作。
- 主导体可以通过低温内带固定在一起。
- 通常需要较厚的壁厚。

大多数小直径导体在典型的电线包覆生产线中都能很好地绕过滑轮。对于大直径电缆，最佳方案是在挤出机之前和冷却槽之后、收线机之前各设置一个张力控制器。通常可以通过“切断”熔融挤出物并调整十字头模头螺母，直到挤出物在新的切断后笔直流出，来获得合理的居中效果。通过在与待包覆实际电缆直径相近的基板电缆或棒材上建立中心定位和线速度，可以进一步降低启动损耗。

模具尺寸的选择取决于电缆尺寸和十字头尺寸。DDR 通常非常小，因此生产速度也受到限制。模具的焊盘长度应足以产生足够的背压，从而消除护套中的焊缝。护套的松紧度通过在十字头芯管后部施加真空或气压来控制。如果电缆基板包裹有吸湿内带（例如芳纶纤维），则应将整根电缆在 130 至 150 °C 下干燥至少 10 至 12 小时，以防止在护套挤出过程中起泡。

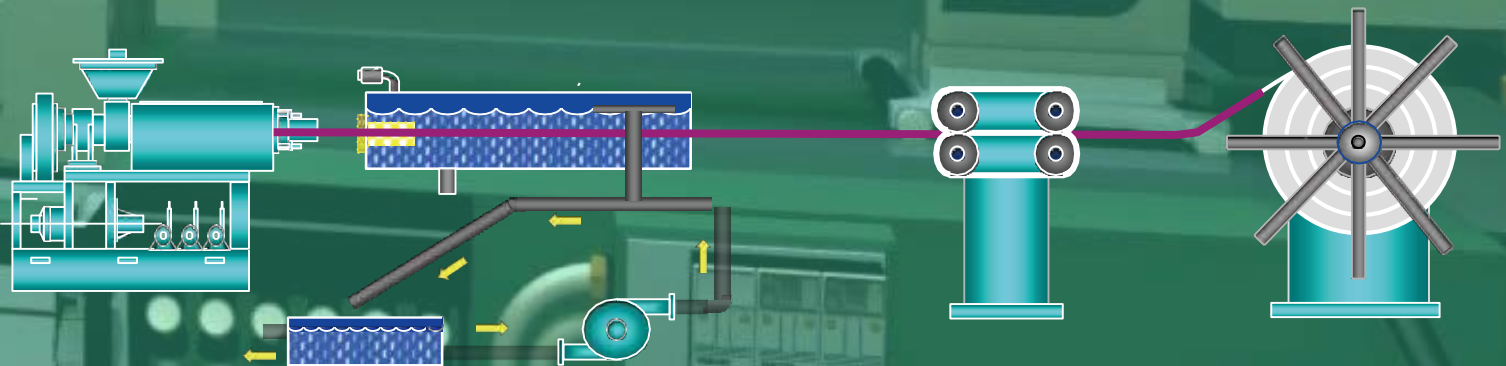
管道和管材

管材擠出製程與線材塗層製程類似。然而，具體的製程技術有所不同，並且取決於所生產管材的尺寸和類型。可以使用十字頭式模具，但更常用的是直列式模具。

管材和管道可由 Everflon™ 氟塑膠擠出而成。這些擠出件通常用於輸送腐蝕性化學品，其次用作襯裡。

管材擠出與線材絕緣製程非常相似。加工細節取決於管材的尺寸和類型。管材可以使用直列式模具和十字頭模具進行生產。 Everflon™ FEP 管材的外徑範圍可小至 1 毫米，且大至 20 毫米以上。

依外徑大小，此範圍可分為三個加工區域：小、中、大。定徑模具決定擠出產品的外徑，而生產線速度決定內徑。透過捲取速度、模具間隙以及模具內徑與刀尖外徑之差來決定壁厚。



小管（義大利麵管）

小管（外徑 <5 mm，壁厚 <1 mm）通常以自由擠出法生產。這類似於線材塗覆法，但無需線材。尺寸和壁厚取決於模具尺寸以及擠出機輸出量和管材捲取量之間的平衡。模具的選擇可以與線材塗覆法類似，但拉伸比低很多。通常的拉伸比在7:1到10:1之間。

位於淬火槽入口處的定徑模可用來控制外徑。有時，在工作台內施加輕微氣壓有助於確保定徑模「充滿」。

中管

直徑10 mm或更大的管材通常以真空定徑法生產。

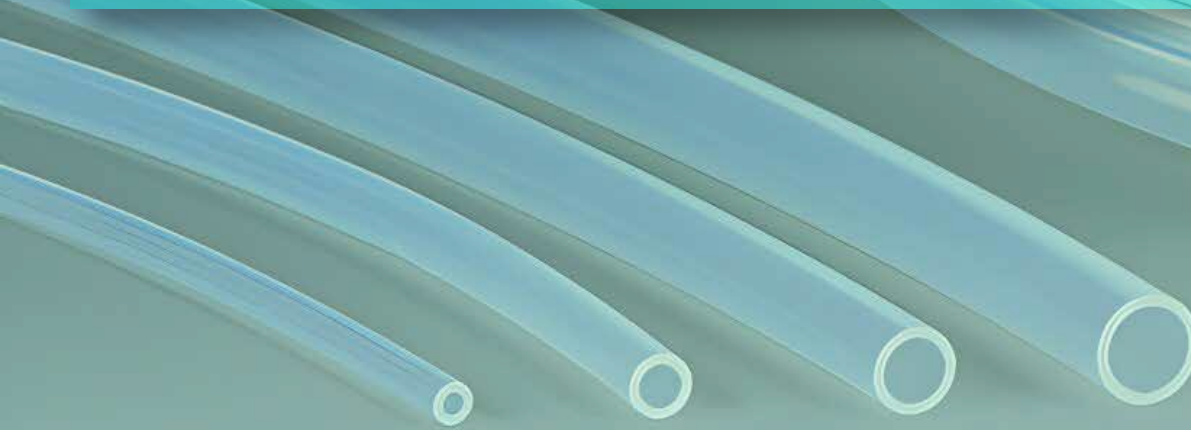
此工藝無需在管內施加額外壓力來「填充」模材，因為模材周圍的真空即可完成此操作。因此，所製造的管材是開口的，可以切割成任意長度而不會影響成型過程。此處可以使用與小型管材類似的模具尺寸。如果管材需要在後續工序中進行尺寸調整，則較低的DDR值（即較低的熔體取向度）尤其重要，因為它可以降低管材在錐形結構中的取向度。

較高的熔體取向度加上後成型可能會接近聚合物的延伸極限，從而導致失效或斷裂。

大型薄壁管材

直徑12至30毫米、壁厚0.3至0.8毫米的薄壁管材有時會採用加長芯軸法製造。

錐形黃銅芯軸延長件連接到導引器或尖端。導向器通常採用電加熱以防止熔體破裂，芯軸則透過油冷卻或輕微加熱來固化氟聚合物熔體並防止粘連。



薄膜和片材

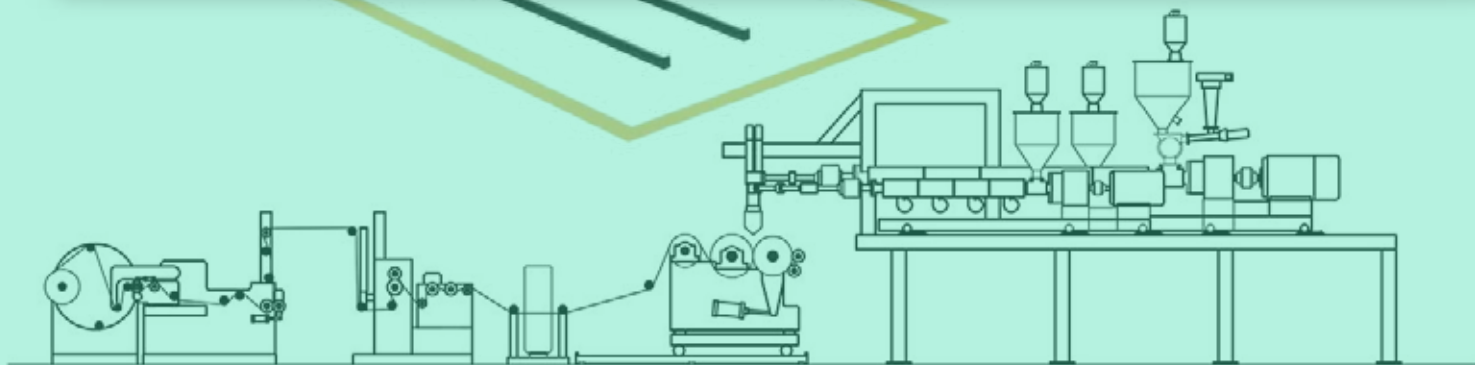
Everflon™ 氟聚合物薄膜已應用於極端高溫、低溫和腐蝕性化學環境。例如，這些薄膜可用作環氧樹脂和酚醛樹脂高溫零件壓縮成型的脫模層。另一個常見應用是用作襯墊。例如，在造紙等化學工業中，可用作捲材保護罩，防止金屬捲材腐蝕。其他應用包括太陽能集熱器的玻璃、氣體和液體樣品袋以及藥品和食品包裝。部分氟化的 Everflon™ 氟塑膠薄膜具有特別優異的拉伸強度和模量，適用於機械強度要求較高的應用。

Everflon™ 氟聚合物的單軸和雙軸取向薄膜是透過熔融擠出樹脂製成扁平網狀或管狀的。取向的主要作用是增強薄膜的機械性能，例如拉伸斷裂強度和抗撕裂性。取向的選擇通常取決於最終用途對機械性能的要求。

擠出扁平氟塑膠薄膜最常用的模具是衣架形模具。圖示為衣架式模頭的示意圖。Everflon™ 氟聚合物熔體從模頭側中心附近進入，並被引導至模頭的兩端。熔體流經朝向模頭出口側傾斜的通道，從而均勻分佈在模頭的寬度上。Everflon™ 熔融聚合物流經模頭間隙，最終到達出口槽（也稱為模口）。此間隙由兩塊扁平金屬板構成，與其他類型的模頭一樣，被稱為「模口區域」。這兩塊金屬板通常由多個部分組成，可獨立調節，以便更好地控制擠出薄膜/片材的厚度。

模頭的設計使得通道能夠限制熔體的流動，使所有熔體受到相同的剪切力。通道內的約束裝置使熔體的流動距離相等。

最終效果是模頭中心和兩端的流速相等，從而獲得均勻的膜厚。這意味著模頭中心的流動受到的限制最大。這種方法的一個優點是熔體在模具中的停留時間均勻。這種流動狀態稱為活塞流，因為熔體在流經模具時不會產生內部剪切力。



故障排除指南

加工差異

熔體斷裂

擠出速度過慢

火花放電故障

氣泡

卡尺偏差

中心定位不良或形狀不圓

針孔、撕裂

錐體斷裂

可能的原因

問題

可能的原因	熔體斷裂	擠出速度過慢	火花放電故障	氣泡	卡尺偏差	中心定位不良或形狀不圓	針孔、撕裂	錐體斷裂
污染			●				●	●
樹脂溫度過低	●	●					●	●
模具溫度過低	●	●					●	●
擠出速度過快	●		●				●	●
錐長過短							●	●
熔體中有氣泡			●				●	●
基材髒污、潮濕或粗糙			●				●	●
拉伸過度			●				●	●
冷卻水飛濺			●					●
導絲頭未居中			●			●		
導絲頭中心孔過大						●		
水淬不足						●		
熔體張力不足						●		
拉比不平衡						●	●	●
樹脂輸送不穩定					●	●		
螺桿設計不當		●			●			
送絲速度波動					●			
真空度波動					●			
錐長過長					●			
線徑波動					●			
後筒溫度過低		●						
拉伸過度	●	●						
氣隙過長				●				
基材脫氣			●	●				
樹脂停留時間過長				●				
樹脂溫度過高				●				
模具或導絲頭設計不當								●
樹脂或顏料過濕			●	●			●	●

故障排除指南

擠出物外觀

	變色	表面粗糙	著色不良	絕緣層開裂	氣泡	污染
有腐蝕物						●
局部樹脂滯留	●				●	●
樹脂溫度過高	●		●	●	●	●
擠出機料斗未清潔						●
不當處理或儲存				●		●
滯留時間過長	●			●	●	
張力過大				●		
斷線或尖銳表面					●	
空氣滯留					●	
芯線預熱過度					●	
樹脂有水					●	
基材污染					●	
S 淬火不當造成的收縮空隙						
芯模過冷		●		●		
芯模限制		●				
熔體溫度低		●		●		
污染		●				
芯模表面不光滑		●				
芯模設計不當		●				
熔體設計不當		●		●		
樹脂受潮		●				
芯線粗糙		●				
模具有縫隙		●		●		
色母比例錯誤			●			
色母分散性差			●			
擠出速度過快		●				
色母問題			●			

可能的原因

問題

故障排除指南

擠出物性能

耐熱老化性能差

切割性能差

剝離力高

剝離力低

介電強度低

拉伸強度或延伸率低

可能的原因

問題

可能的原因	耐熱老化性能差	切割性能差	剝離力高	剝離力低	介電強度低	拉伸強度或延伸率低
焊絲加熱不足						●
氣泡或空隙	●				●	●
同心度差	●	●				
污染					●	●
錐體長度過短			●			
錐體長度過長				●		
氣隙過短，無法滿足線速度要求				●		
氣隙過長，無法滿足線速度要求			●			
過度劣化	●					●
塗層過薄或不均勻	●	●			●	●



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.com