恒氟隆™ 氟聚合物树脂
安全处理指南

EVERFLON ACADEMIC

本手冊中的資訊免費提供，並基於誠信原則提交，且根據 恆氟隆™的現有知識，資訊準確無誤。

遵循本指南並不保證符合任何法規，也不保證任何加工設施的安全運作。使用者需注意，本指南所依據的資訊可能會發生變化，這可能導致本指南中包含的部分或全部評論失效。

恆氟隆™ 不承擔任何與本手冊中資訊相關的責任或索賠。本手冊不承擔任何專利、版權和註冊設計的自由。

恆氟隆™ 氟聚合物樹脂在全球生產和銷售。它們幾乎應用於現代工業、科技和科研的各個領域。從發電到車輛排放控制，從半導體製造到航空航天，恆氟隆™ 氟聚合物在各種應用中都表現出色，有助於提高辦公室、住宅、工業和社區的安全性。

恆氟隆™ 氟聚合物樹脂具有眾多特性，其中最重要的一項就是耐熱性。雖然很少有塑膠材料的持續工作溫度能遠高於水的沸點，但恆氟隆™ 氟聚合物樹脂卻能夠承受烤箱內部和噴射機引擎室內的溫度。恆氟隆™氟聚合物樹脂對多種燃料、溶劑和腐蝕性化學物質具有耐受性，並且具有優異的耐熱性和介電穩定性，因此可以創造出用途極為廣泛的工程材料系列。

這些獨特的特性可以為火災、流體容納或隔離、電氣過載以及類似緊急情況提供某些必要的性能特徵。

由於恆氟隆™氟聚合物樹脂通常具有惰性，因此它們不屬於歐洲運輸法規以及關於物質和混合物分類、標籤和包裝的歐盟法規 (EC) No 1272/2008 中所有危險材料的定義範圍。與任何天然或合成材料一樣，這些樹脂過熱或燃燒會產生有毒廢水。與氟聚合物一起使用的添加劑也可能存在某些危害。本指南包含有關第二章中所述材料的安全處理、加工和使用的資訊。由於配方種類繁多，本指南不會詳細討論微粉或潤滑劑粉末形式的複合氟聚合物或樹脂，但會包含一些一般性評論。

恆氟隆™ PTFE

PTFE 是一種由重複四氟乙烯單體單元組成的聚合物，其分子式為 [CF2-CF2]n。 PTFE不會熔融形成液體，也不能熔融擠出。加熱後，原生樹脂在 330°C±15°C 時會形成透明的可聚結凝膠。加工後，其凝膠點（通常稱為熔點）比原生樹脂低 10°C。恆氟隆™PTFE 以顆粒粉末、凝固分散體/細粉或水分散體的形式出售。每種產品的加工方式均有所不同。

恆氟隆™ FEP

FEP氟碳樹脂是四氟乙烯和六氟丙烯的共聚物，分子式為[(CF(CF3)-CF2)x-(CF2-CF2)y]n。其熔點範圍為 260°C 至 270°C，可熔融加工。它以半透明顆粒、粉末或水分散液的形式供應。

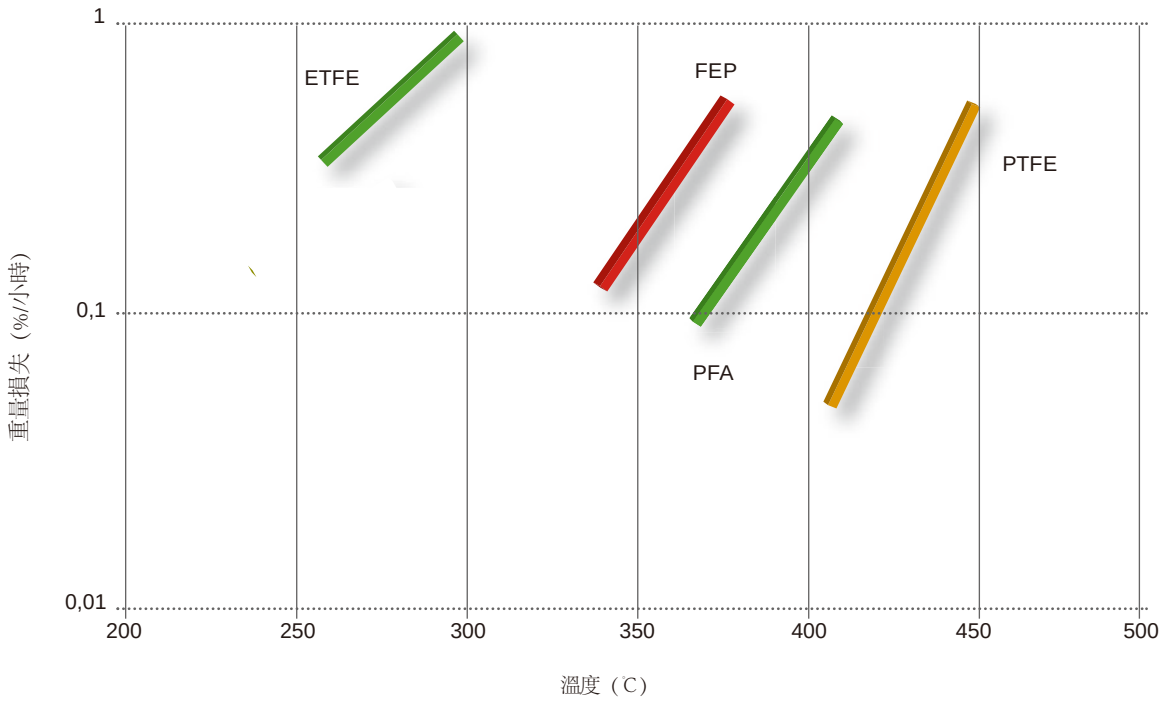
恆氟隆™ PFA

PFA氟碳樹脂是四氟乙烯和全氟乙烯基醚的共聚物，分子式為[{CF(ORf)-CF2}x(CF2-CF2)y]n，其中 ORf 代表全氟烷氧基。 PFA 的熔點至少 280°C，可熔融加工。部分牌號的產品經過化學穩定處理。它以半透明顆粒、粉末和水分散液的形式供應。

恆氟隆™ ETFE

ETFE是一種主要由乙烯和四氟乙烯組成的共聚物，分子式為[(CF2-CF2)x-(CH2-CH2)y]n，通常會添加少量第三單體進行改質。依分子結構的不同，熔點範圍為 210°C 至 270°C。它可熔融加工，並以顆粒、粉末和分散體的形式供應。

含氟聚合物在空氣中加熱的典型重量損失



Everflon	典型熔點（℃）	典型最大連續使用溫度（℃）	典型加工溫度（℃）
PTFE	340**	260	380
PFA	265-310	260	360-380
FEP	250-270	205	360
ETFE	210-270	150	310

恆氟隆™氟聚合物樹脂以其高化學穩定性和低反應性而聞名。這些化合物毒性低，幾乎無毒理學活性。目前已對氟聚合物進行毒理學研究，但尚未報告任何對人體健康危害評估具有重要意義的發現。

恆氟隆™氟聚合物均未發現對人體皮膚有刺激性或致敏性。吸入過量氟聚合物樹脂粉塵後，尿液氟化物含量會升高。然而，並未觀察到毒性作用。許多樹脂在配方中添加了填料、顏料或表面活性劑等添加劑，以提供良好的加工性能或其他特性。這些添加劑在使用過程中可能會帶來其他危害。某些添加劑可能存在職業暴露監管標準。

有關產品中所用添加劑的具體健康信息，請參閱安全資料表。

潛在的健康影響

在恆氟隆™ 氟聚合物樹脂的熱加工過程中，即使在正常熱加工溫度下也會產生一些煙霧，因此有必要假設產生的煙霧會對健康造成潛在危害。工作場所必須提供充足的通風，以防止接觸煙霧。過度接觸氟聚合物分解產生的煙霧可能會導致「聚合物煙霧熱」。這是一種暫時性的類流感疾病，

症狀包括發燒、發冷，有時還會咳嗽，持續約 24 至 48 小時。症狀可能在長達 24 小時內不明顯。作為預防措施，任何疑似患有聚合物煙霧熱的人都應就醫。

這種疾病也與接觸吸煙產生的分解產物有關，例如已被氟聚合物樹脂污染的香煙，即使是微量污染。在處理氟聚合物樹脂的工作區域，必須禁止吸煙和接觸煙草製品。

恆氟隆™ 氟聚合物分解產生的產物主要有四種：氟烯烴、氟化氫、氧化產物、低分子量氟聚合物顆粒。

主要分解產物的健康危害如下：

氟化氫：氟化氫的氣味閾值遠低於職業暴露限值（TWA1.8ppm- 2000/39/EC）。吸入高濃度氟化氫會導致窒息、咳嗽以及嚴重的眼、鼻和喉嚨刺激症狀。在嚴重情況下，可能在一段無症狀期後出現發燒、發冷、呼吸困難、紫紺和肺水腫，並可能導致死亡。

碳酰氟：吸入、皮肤或眼睛接触碳酰氟后的初期症状可能包括：皮肤刺激，伴有不适或皮疹；眼部腐蚀，伴有角膜或结膜溃疡；上呼吸道刺激；或暂时性肺部刺激，伴有咳嗽、不适、呼吸困难或气喘。呼吸道症状可能会延迟数小时出现。一些欧洲国家/地区的职业暴露标准为 2ppm（8 小时时间加权平均值）。

一氧化碳：一种无味气体，会降低血液携氧能力，导致运动能力下降、心脏负荷增加，严重接触会导致昏迷甚至死亡。

PFIB（全氟异丁烯）：PFIB 急性吸入毒性极高，浓度超过 1ppm 且长时间接触均可能致命。美国政府工业卫生学家会议 (ACGIH) 已将 PFIB 的 TLV（最高限值）设定为 0.01ppm。

TFE（四氟乙烯）：四氟乙烯是一种无色、无味、易燃气体，极难溶于水。四氟乙烯急性接触后毒性极低，无心脏致敏性，且在体外和体内实验中均无遗传毒性。动物研究表明，TFE 具有致癌性。根据 REACH 法规 EC/1907/2006，业界已将 TFE 列为 2 类（GHS Cat.1b）致癌物。目前，一项涉及 TFE 主要生产商的多中心流行病学研究正在进行中，旨在探讨 TFE 对人类的致癌影响（如有）。美国政府工业卫生学家会议 (ACGIH) 已将 TFE 的限量值 (TLV) 设定为 2.0ppm（8 小时时间加权平均值 (TWA)）。

HFP（六氟丙烯）：六氟丙烯是一种无色、无味、极难溶于水的气体。六氟丙烯急性暴露毒性较低。六氟丙烯通常被认为无遗传毒性。反复或长期暴露于六氟丙烯可能对肾脏造成毒性作用。美国政府工业卫生学家会议（ACGIH）已将六氟丙烯的最低接触限量（TLV）设定为0.1ppm（8小时时间加权平均值）。

燒結作業需要使用高溫爐，爐內會產生各種分解產物。爐內必須配備強制通風裝置，並確保足夠的空氣流量，以防止在爐運行期間和爐門打開時產生的氣體進入工作區域。爐內必須定期維護，尤其要防止爐內氣體洩漏到工作區域。

必須避免溫度超過正常的燒結範圍。為此，除常規控制系統外，爐內還應配備獨立的高溫切斷裝置，當燒結溫度升高約 5% 時，裝置將觸發裝置。這兩個系統都需要定期校準。重要的是，必須配備聯鎖裝置，當強制通風中斷時，該裝置會切斷加熱。如果爐內溫度超過高溫切斷設定值，則必須關閉加熱器，並將爐內冷卻至環境溫度，並在打開爐門之前進行適當的通風。

含填料的化合物可能比單獨的PTFE更容易分解，因此可能需要較低的溫度。過熱後打開燒結爐時，建議採取適當的個人防護措施，例如穿戴防護衣、戴上自給式呼吸器、隔熱手套、護目鏡等。

恆氟隆™ 氟聚合物樹脂在過高溫度下熔融加工或長時間暴露在加工溫度下會導致分解。這種分解可能會產生氣體，並在加工設備中產生足以通過進料口「回吹」的壓力。如果沒有排氣口（例如某些壓塑設備），則會產生壓力，這可能會導致金屬零件破裂，並可能對加工設備附近的人員造成傷害。

因此，站在擠出機前被認為是不良操作。用於控制擠出過程中熔體錐體長度的真空幫浦排出的廢氣可能含有恆氟隆™ 氟聚合物的分解產物，應排放到工作場所外。

由於熔體在高溫下具有腐蝕性，加工設備必須使用耐腐蝕材料。

如果恆氟隆™ 氟聚合物樹脂熔體開始變暗，則顏色變化表示熱降解已經開始。如果操作員認為正在發生熱降解，應降低區域溫度，並將含氟聚合物樹脂從設備中清除。 恆氟隆™含氟聚合物樹脂應在具有精確、可重複溫控的設備中加工。溫度循環應小於 +/- 5°C。

恆氟隆™ PTFE 分散樹脂的加工需要透過一種特殊製程進行擠出，通常稱為糊料擠出。該工藝涉及將樹脂與潤滑劑（通常是揮發性石油餾分）混合。使用閃點相對較低的可燃和易燃液體有顯著的潛在火災和爆炸危險。必須使用導電容器盛裝溶劑，且設備應接地以減少點火源。此外，溶劑的使用通常會因吸入和/或皮膚接觸而危害健康。

必須採取適當的預防措施，以確保含有溶劑型潤滑劑的恆氟隆™ PTFE 樹脂的安全使用、儲存和處理。請遵循潤滑劑供應商的建議。擠出後，潤滑劑的去除可以在單獨的批量乾燥箱中進行，也可以在與擠出機同軸的連續乾燥箱中進行。需要採取適當的預防措施，以最大限度地降低潤滑劑與空氣形成爆炸性混合物的風險，並防止點火。在線上操作中，乾燥爐後緊接著高溫燒結爐，操作不當可能會導致易燃蒸汽進入燒結區，並幾乎必然會起火。因此，配備滅火設備至關重要。對於小型火災，攜帶式二氧化碳滅火器通常就足夠了，但建議安裝永久性滅火器，以便在發生大火災時能夠迅速將二氧化碳充滿整個燒結爐。乾燥和燒結操作的通風需要採取與本節前面所述的工作場所燒結爐操作相同的預防措施。

涂层/浸渍

恆氟隆™ 氟聚合物水性分散體的加工通常需要在燒結氟聚合物之前加熱以去除水分和界面活性劑。某些界面活性劑及其降解產物易燃，可能具有特定的刺激性或其他對健康有害的影響。用於去除這些物質的烘箱必須配備強制通風裝置，以防止蒸氣積聚造成危險。此外，烘箱中可能會累積大量分解產物。移除此類沉積物時，應配戴防護裝備。

加工

含氟聚合物的研磨、锯切和机械加工是制造商车间的常规操作。所有常规高速加工技术均可使用，前提是刀具具有锋利的切削刃。建议使用冷却液来提高生产率和质量，并控制任何过热趋势，从而无需特殊通风。含氟聚合物树脂产品加工产生的粉尘通常被视为“有害粉尘”。

通常建议的职业暴露限值为总粉尘浓度为 10 毫克/立方米，可吸入粉尘浓度为5毫克/立方米。然而，加工含有填料、颜料或其他添加剂的树脂产品可能会因填料和其他添加剂的存在而产生有害粉尘。有关添加剂的更多信息，请咨询添加剂供应商或查阅安全数据表 (SDS)。

焊接

将含氟聚合物部件焊接在一起时，必须采取特殊预防措施。该工艺会产生大量氟化氢。必须采取全面的皮肤和眼睛防护措施，以及适当的呼吸防护措施，包括使用自给式呼吸器。

與大多數聚合物一樣，即使在室溫下，樹脂中也可能逸出微量殘留氣體。因此，為了保持良好的職業衛生習慣，應在通風良好的區域打開和使用樹脂容器。應指導人員在打開和關閉容器時盡量減少接觸。在可能釋放煙霧的熱加工操作中，例如乾燥、擠出或燒結，需要通風。

此外，在噴塗、混合、高速研磨或機械加工等「冷」操作中，也可能需要通風以去除氣溶膠、霧氣或顆粒物。

應根據所涉及工藝的性質和當地條件選擇合適的排氣通風系統。某些特定活動可能有專用系統，例如噴漆室或通風櫃，這些系統應盡可能符合相關標準。在其他情況下，可能需要針對相關製程專門設計局部排氣通風系統。無論哪種情況，通風系統都應始終由有能力的排氣通風專家設計或提供。

抽煙機、管道系統和風扇的設計應基於對相關排放物的充分理解。這可能包括可能影響排放或導致二次排放的環境和製程條件。有必要明確排放點所需的捕獲速度，以確保充分控制。這與排放速度以及任何相關的空氣流動或氣流有關。良好的抽油煙機設計（例如，縫隙式、邊緣通風式、環形抽油煙機、抽油煙機房和抽油煙機櫃）對於有效消除廢氣至關重要。

設計時應考慮所有排放特性。最有效的抽油煙機是那些能夠封閉或控制排放物的抽油煙機。隨著控制水平的降低，需要更多的空氣。應確定在排放點達到足夠速度所需的抽油煙機容量。然後，可以正確設計管道、風扇和空氣淨化器，以滿足抽油煙機容量要求。

在加工溫度下，恆氟隆™ 氟聚合物熔體可能導致嚴重灼傷；因此，建議在加工過程中採取適當的防護措施，包括安全眼鏡、手套和護臂（手套）。不應配戴首飾。

如果在處理恆氟隆™ 氟聚合物樹脂粉末或進行機械加工作業時無法避免粉塵，則應配戴呼吸器或防塵面罩。有關具體指導，請參閱供應商的材料安全資料表(MSD)　。在加工和處理填充化合物時，除了防塵面罩外，可能還需要戴上護目鏡和防護手套。

恆氟隆™ 氟聚合物分散體含有潤濕劑，不應與皮膚接觸。處理這些產品時，必須戴上防護手套和其他防護服，以防止皮膚接觸。塗料噴塗必須在配備適當的噴漆室內進行。根據該系統的效率，操作員可能還需要配戴安全眼鏡、呼吸器和手套。

在定期人員訓練中，務必強調不得在工作區域攜帶或使用菸草製品。吸食即使含有極少量含氟聚合物樹脂的菸草也可能會因吸入流出物而引發「聚合物煙霧熱」。

依照 ASTM D 1929 標準測量的固體 PTFE 產品的自燃溫度 (SIT) 在 500°C 至 560°C 範圍內，因此遠高於在移除點火源後能夠持續燃燒的材料的自燃溫度。相較之下，木材、紙張、木板等含纖維素材料的 SIT 為 240°C 至 245°C。所有防火和可燃性測試表明，含氟聚合物是最難點燃的塑膠之一。如果將火焰施加到這些聚合物的表面，它會因形成氣態分解產物而著火。但是，如果移除火焰，燃燒就會停止。含氟聚合物燃燒過程中幾乎不產生煙霧。但應小心避免吸入所有燃燒材料（包括含氟聚合物）產生的煙霧。全氟化氟聚合物的極低可燃性也反映在其極限氧指數 (LOI) 上，該指數是根據 ASTM D 2863 標準測量的。氧指數是指在氧氣和氮氣混合物中，剛好支持材料燃燒的最低氧濃度。

PTFE、PFA 和 FEP 等全氟化聚合物的 LOI 大於 95%。對於非全氟化的聚合物，其 LOI 在 30% 到 60% 之間，取決於分子結構。相比之下，纖維素產品的 LOI 約為 20%。 PTFE 在正常工廠條件下不會形成易燃粉塵雲。 PTFE 和其他含氟聚合物粉末屬於粉塵爆炸等級 STO。

含氟聚合物通常是大多數結構中的次要成分。與大多數其他有機材料相比，它們的燃點非常高，而且難以維持火焰。這意味著含氟聚合物不太可能單獨燃燒。在評估燃燒產物的潛在健康後果時，請務必考慮火災中所有材料的特性。

若含氟聚合物遇火，會產生危險氣體及蒸汽，包括氟化氫、碳醯氟、一氧化碳、低分子量含氟聚合物及粒狀物。人們對燃燒產物的毒理學進行了廣泛的研究，結果表明，顆粒物在某些實驗室條件下可能具有極高的毒性。附錄D中提供了更詳細的含氟聚合物燃燒毒理學評估。在實際火災情況下，任何存在的含氟聚合物不太可能由於通常預期的熱降解產物（例如氟化氫）而增加燃燒產物的整體毒性，也不會因為產生劇毒產物而導致整體毒性的主導作用。

所有滅火劑，如水、二氧化碳、乾粉、泡沫，均適用於撲滅含氟聚合物引起的火災。應使用最適合周圍材料、火災位置和火災發展階段的滅火劑。對於已發生的火災，水是首選滅火劑。

含氟聚合物難以點燃，自身無法維持火焰，因此不會引發或蔓延火災。然而，如果它們遇火，可能會分解，並可能導致產生的燃燒氣體毒性增強。

因此，在含氟聚合物加工工廠中，採取常規的工業防火措施以降低火災風險至關重要。由於火災發生和蔓延的可能性永遠無法完全排除，因此應告知相關地方當局燃燒氣體的化學性質。發生火災時，應警告消防部門可能有有毒和腐蝕性氣體。在滅火或在有火災廢氣的地方進行清理作業時，必須隨時配戴自給式呼吸器。應採取適當措施防止公眾接觸。如果個人接觸到氟化氫或其他分解產物，或皮膚接觸氟化氫，可能需要接受治療。消防員及其設備在接觸火災和煙霧後，必須用水徹底沖洗消毒。

糊狀擠出製程通常使用易燃潤滑劑。也應考慮易燃蒸氣/空氣混合物可能引起的火災或爆炸風險。

同樣，對於含有碳和金屬粉末的PTFE粉末複合材料，如果在混合等操作中可能出現粉塵/空氣混合，則應採取措施防止靜電積聚。

Thinking for You

恒氟隆 学术中心
Tel: +86-185-7168-9228
info@everflon.com
www.everflon.com