

克服強蝕介質挑戰：Everflon™ 含氟聚合物塗層於化學製程工業（CPI）之工程實務

應用範疇：石化煉油、特用化學品、半導體高純化學品供應系統（CDS）及生技製藥 | 研發單位：Everflon 化工先進材料事業部 |
發布日期：2026年9月

在現代化學製程操作中，突發性停工往往造成數百萬美元鉅額損失，且腐蝕性洩漏將引發嚴重之工安與環境衝擊。Everflon™ 工業級含氟聚合物塗層（PTFE、FEP、PFA、ETFE）具備廣譜耐化學惰性、極低氣體滲透率、無針孔緻密熔融層、全真空作業穩定性及防垢（Anti-Fouling）非粘著特性，專為嚴酷流體輸送與反應設備提供關鍵防護。

1. 化學製程環境之腐蝕挑戰與材料經濟性評估

化學反應槽、蒸餾塔、熱交換器、儲存槽、閥門與管路系統長年處於極端熱力學與化學應力環境。內部組件長期接觸高溫無機酸（鹽酸、氫氟酸、硫酸、硝酸）、高活性鹵素（濕氯氣、溴）、強鹼及極性有機溶劑，持續操作溫度最高達 260 °C，壓力跨越全真空至高壓合成區間。

採用特種鎳基合金（Hastelloy®、Inconel®、鈮合金）不僅資本支出高昂，交期更是冗長；此外，在含微量鹵素或氧化還原電位波動之混合流體中，高級合金仍難免遭遇孔蝕（Pitting）、縫隙腐蝕與應力腐蝕龜裂（SCC）風險。玻璃襯裡鋼（GL）雖具耐化學性，卻對機械撞擊、劇烈熱衝擊極為敏感，且會遭鹼液快速溶解。Everflon™ 含氟塗層直接緊密結合於一般碳鋼與不銹鋼基材上，以特種合金數分之一之成本實現萬全耐蝕性。

高電壓火花測漏與耐全真空穩定性：傳統套入式塑膠襯裡（Loose Liner）在真空抽氣或冷熱循環下極易發生失穩、膨脹抽瘍或起泡。Everflon™ 靜電粉體塗裝與旋轉滾塑襯裡（Rotolining）與噴砂金屬形成強韌之物理化學錨定結合。全數成品均依 ASTM D5162 / NACE SP0188 規範進行最高達 10,000V DC 之高壓電火花測漏檢驗，確保微米級針孔完全為零。

2. Everflon™ 化工防蝕塗層四大核心材料優勢

廣譜耐化學腐蝕惰性： 全面防禦王水、沸騰有機酸、濃苛性鈉、芳香烴溶劑與濕氯氣侵蝕，耐受範圍完整涵蓋 pH 0 至 14。	優異之氣體抗滲透屏障： 高結晶度 PFA 與 ETFE 熔融層形成極緻密網狀結構，抑制酸性腐蝕氣體（HCl、HF、Cl2）向金屬基材擴散滲透。
防垢抗焦化與高效自潔離型： 極低表面自由能可防止聚合物結垢、瀝青焦化物與結晶析出結塊於攪拌翼及槽壁，大幅縮短 CIP 停機清洗時間。	超高純度與金屬離子零溶出： 完全符合先進半導體晶圓廠化學品供應標準（離子溶出量低於 ppt 等級），並通過 FDA 21 CFR 177.1550 藥品接觸認證。

3. Everflon™ 化學製程樹脂選型工程指南

樹脂系列	最高連續耐溫	抗滲透屏障	主要材料工程特性	關鍵化工製程設備與部件
Everflon™ PFA	260 °C (500 °F)	極為優異	緻密無針孔熔融層、耐彎曲疲勞壽命長、化學惰性全面	反應槽內襯、蒸餾塔內構件、浸入管、閥體內襯、取樣採針
Everflon™ PTFE	260 °C (500 °F)	良好	表面能最低、防沾粘抗焦化、高熱穩定性、乾式自潤滑	法蘭墊片、伸縮接頭、攪拌葉片、熱交換器管板、斜槽滑道
Everflon™ FEP	205 °C (401 °F)	優越	緻密連續熔融膜、光學透明度高、良好之化學隔離脫模	視窗透鏡、液位計保護管、耐酸鹼泵殼、防黏滾筒包覆套
Everflon™ ETFE	155 °C (311 °F)	高韌性抗磨	耐漿體磨耗與抗衝擊性優異、耐輻射、高機械剛性模數	離心機濾籃、漿體閥門、配管短節、洗滌塔導流葉片、過濾器

4. 關鍵化工次系統與重裝設備應用場景

- 合成反應槽、攪拌軸及擋板 (Baffles)：批次聚合與氯化反應常伴隨劇烈酸霧腐蝕與黏稠樹脂焦化附著。Everflon™ PFA 與 PTFE 內襯層能保護鋼製槽壁免於酸蝕，同時杜絕黏性生成物堆積於葉輪與擋板上，縮短 CIP 原位清洗停機時間達 70%。
- 製程閥門 (球閥、旋塞閥、蝶閥) 與泵殼：腐蝕性漿料與沸騰強酸極易冲刷磨蝕金屬閥座，導致軸封填料外洩。Everflon™ PFA 與 ETFE 封裝鑄鐵與不銹鋼閥體，提供氣泡級零洩漏密封，大幅降低啟閉扭矩，對氫氟酸 (HF) 與高溫氫氧化鈉完全惰性。
- 法蘭配管短節、管配件及蒸餾塔內構件：輸送氯化芳香烴、濕二氧化硫及混合廢酸的管路與分離塔長年面臨急速減薄。Everflon™ 厚膜靜電粉體塗裝為塔盤、液體分布器與管段提供無縫一體化保護，避免傳統冷拔插式內襯管在法蘭密封面翻邊處的拉裂失效。
- 熱交換器管板與廢酸蒸發器殼體：自酸性廢氣回收熱能易因低於露點而引發強烈低溫露點腐蝕。Everflon™ 含氟塗層能阻斷水垢、生物黏泥沉積與酸凝結水侵蝕，使設備長期維持穩定之熱傳導效率。
- 半導體廠超高純度濕製程藥液輸送管線：先進微影晶圓製造要求金屬不純物低於 ppt 等級。Everflon™ 超高純度 PFA 塗層與內襯提供零離子析出與零顆粒剝落保證，長期承受高濃度氫氟酸、發煙硝酸及臭氧水氧化考驗。
- 生技製藥 (API) 離心機、壓濾機與乾燥設備：原料藥固液分離與結晶涉及具腐蝕性之有機溶劑，並需遵循嚴格之防污染規範。Everflon™ ETFE 塗層能耐硬質結晶漿體之高速刮磨冲刷，耐受蒸氣滅菌循環，符合美國 FDA 21 CFR 177.1550 規定。

5. 工業品質檢驗、放電測漏規範與技術問答

Everflon™ 化工防蝕塗料與滾塑粉體均依據 ISO-9001:2015 體系受控生產，具備完整批次追溯性。每件施工設備出廠前均依 NACE SP0188 / ASTM D5162 進行火花測漏檢驗，並依 ISO 2808 實施超音波測厚驗證。

問：Everflon™ PFA 內襯塗層如何解決傳統套襯 (Loose Lining) 在真空下塌陷的問題？

A: 傳統套襯在受熱膨脹或負壓下易與金屬壁脫離形成空隙並受壓抽癰；Everflon™ 靜電粉體厚塗或滾塑襯裡則是在經噴砂除鏽之粗糙基材上熔融固化，形成微觀機械嵌合之連續結構，可穩定承受全真空 (-1.0 bar / 0 psia) 而絕不剝離。

問：化學工程師應在何種工況下優先選用 ETFE 而非 PFA？

A: 雖然 PFA 具備最高耐溫 (260 °C) 與廣譜耐蝕性，但在含有高濃度固體懸浮顆粒之磨蝕性漿料、高速離心機濾網，或受到強烈機械流體衝擊之配管部位，機械強度、硬度及抗拉耐磨性更佳之 Everflon™ ETFE 為首選材料。

Everflon™ 先進材料 — 化學製程工程 (CPI) 技術支援與耐蝕評估中心
化學相容性數據諮詢、大型化工設備內襯規格評估及客製試樣噴塗服務
技術信箱：cpi@everflon.com | 官方網站：www.everflon.com/chemical-processing