

阻絕酸氣腐蝕、海洋鹽霧與井下積垢：Everflon™

高性能含氟聚合物塗層於上游、中游及水下工程之應用

應用範疇：鑽井工具、水下井口採油樹、離岸緊固螺栓、閥門及長途管線 | 業務單位：Everflon 能源與油田材料工程事業部 |
發布日期：2026年9月

在高溫高壓（HPHT）深水油田、富含高濃度硫化氫（H2S）與二氧化碳（CO2）的酸性氣田，以及高鹽分海洋浪濺區中，金屬設備耐用性直接決定油氣開採作業的整體效益。Everflon™ 特種含氟聚合物塗層（PTFE、PFA、FEP、ETFE）於碳鋼、不鏽鋼及鈦合金基材上建構緻密、無微孔的不滲透屏障。具備隔絕電位差腐蝕、消除螺紋咬死（Galling）、抑制石蠟與瀝青質沉積等特性，大幅降低高成本的井下修井作業（Workover）與非計畫性停產工時。

1. 油氣開採嚴苛工況：酸性氣腐蝕、化學滲透與管線結垢機制

鑽井鑽柱總成、水下採油樹（Subsea Christmas Tree）、注劑閥門及原油輸送管線長年暴露於高腐蝕環境。濕性酸氣環境中的硫化氫（H2S）、二氧化碳（CO2）、游離氯離子與高鹽度地層水，極易使無防護金屬發生點蝕、應力腐蝕破裂（SCC）及硫化物應力開裂（SSC）。水下環境中異種金屬法蘭的電位差，更會大幅加速原金屬晶格的溶出損耗。

同時，重質原油輸送管線內部極易發生石蠟結晶、無機硫酸鹽水垢及黏性瀝青質沉積，導致管徑縮小、壓降劇增，迫使油公司頻繁實施通管球（Pigging）物理刮除或注入昂貴溶劑。傳統金屬電鍍層（如鍍鋅、鍍鎳）在海洋環境中快速耗盡，導致螺栓咬死難卸。Everflon™ 經高溫固化的緻密含氟塗層形成疏水且疏油的阻絕層，徹底阻隔酸性介質滲透，有效防止重質有機沉積物黏著附著。

完全符合 NACE MR0175 / ISO 15156 酸性氣田規範：Everflon™ PFA、PTFE 與 ETFE 塗層對硫化氫、碳酸及芳香烴溶劑具備絕對的化學惰性。高分子塗層作為分子的緻密阻隔層，杜絕酸性氣體滲透至母材金屬表面，完全消除低合金碳鋼因硫化物應力腐蝕開裂（SSC）或氫脆導致的災難性斷裂風險。

2. Everflon™ 於油氣工業核心材料工程優勢

不滲透耐酸氣防蝕屏障： 對高濃度 H2S、CO2、酸化壓裂液（鹽酸/氫氟酸）及飽和地層鹽水展現極致惰性，全面杜絕基底金屬腐蝕。	高溫高壓（HPHT）環境穩定性： 連續耐溫達 260 °C (500 °F)，並經嚴格驗證具備抗快速減壓（RGD）起泡及防爆減壓剝落能力。
防止螺紋咬死與均勻鎖緊扭矩： 動摩擦係數極低（0.05 – 0.10），提供一致的扭矩—預緊力關係，確保離岸高強度螺栓無損順暢拆裝。	抑制石蠟、瀝青質與硬垢結聚： 極低表面自由能阻絕原油結晶蠟、瀝青質及硫酸銨水垢黏附於流道內壁，長保管線順暢排量。

3. Everflon™ 油氣工業專用氟樹脂選型指南

樹脂系列	最高連續耐溫	抗滲透防護能力	主要材料工程物理機制	關鍵油氣設備與應用零組件
Everflon™ PTFE	260 °C (500 °F)	良好	摩擦係數最低、固態自潤滑、防咬死、耐溫跨度寬廣	B7/L7 螺栓螺母、離岸扣件、球閥閥座、氣缸活塞、套管扶正器
Everflon™ PFA	260 °C (500 °F)	極致優異	熔融緻密無微孔膜、強酸與酸氣零滲透、耐應力開裂	水下採油樹閥門、井下安全閥（DHSV）、化學劑注入系統管線
Everflon™ FEP	205 °C (401 °F)	優異	平整熔融光滑表層、重質油與石蠟抗黏附性極高	生產流體管線、節流閥體、採樣氣瓶、井下測量儀器外殼、管襯
Everflon™ ETFE	155 °C (311 °F)	優異	耐衝擊韌性最高、抗切口撕裂、耐鑽井泥漿顆粒沖蝕磨損	鑽桿外壁防護、泥漿馬達外殼、泥漿泵浦葉輪、水下立管夾具

4. 關鍵油氣工業次系統之應用場景實務

- 離岸與水下高強度螺栓 (ASTM A193 B7/B7M)

等級螺柱與螺母)：海洋鹽霧與異種金屬法蘭接觸常導致螺紋嚴重銹蝕咬死，歲修時常被動動用乙炔火焰切割。Everflon™ PTFE 螺栓塗層耐受 ASTM B117 連續鹽霧測試逾 3,000 小時，提供均勻鎖緊力矩，歷經數年海水侵蝕仍可使用標準手工工具無損卸除。

- 井下鑽井與完井量測工具 (MWD/LWD、DHSV

及封隔器)：地底高溫與研磨性泥漿極易磨損未受保護的精密感測器外殼。Everflon™ ETFE 與 PFA 塗層有效保護內部電路機構，避免高黏度泥漿積聚包夾，並賦予機械滑動件長效低阻力運作特性。

- 控制閥門、節流閥與致動器 (球閥、閘閥、旋塞閥及蝶閥)：高壓含砂原油與濕酸氣會迅速沖蝕金屬密封面，造成啟閉扭矩急遽飆升。閥球與閘板襯覆 Everflon™ PFA 或 PTFE 塗層，能消除扭矩峰值、確保零氣泡 (Bubble-tight) 洩漏，防止酸性介質侵蝕母材合金。

- 原油採油流線與集管歧管 (石蠟、瀝青質與天然氣水合物抑制)：深海低溫環境會引發嚴重石蠟析出結晶與水合物結冰堵塞。Everflon™ FEP 與 PFA 內襯具備極致疏水疏油特性，阻斷石蠟與水垢於管壁成核沉積，確保流道全斷面穩定通暢。

- 離岸鑽油平台鋼構與立管引導夾具 (浪濺區防蝕)：浪濺區長年處於高溶氧海水與紫外線劇烈曝曬下。Everflon™ 多層防蝕塗裝系統提供陰極隔離與強韌化學屏障，杜絕銹蝕滲流與應力腐蝕破裂，大幅延長設施檢修間隔。

- 化學注入管線與水下液壓控制臍帶管：高壓注入之高濃度甲醇、乙二醇、除垢劑及殺菌劑對常規橡塑膠具強烈侵蝕性。連續型 Everflon™ PFA 與 ETFE 內襯具備通用化學抗性，徹底杜絕高分子溶脹破裂與介質滲漏危機。

5. 品質檢驗規範、防蝕標準與常見問題解答

Everflon™ 油氣防蝕塗層材料嚴格遵循高壓火花針孔檢驗 (ASTM G62)、鹽霧腐蝕測試 (ASTM B117)、十字百格附著力測試 (ASTM D3359) 及模擬酸氣高壓釜浸泡測試，確保出廠塗層品質零瑕疵。

問：離岸扣件使用 Everflon™ 塗層相較於傳統熱浸鍍鋅或鍍鎳有何具體優勢？

答：傳統金屬鍍層在海洋環境中快速消耗，數月內即出現紅銹並導致螺紋咬死。Everflon™

含氟塗層為純物理屏障保護，耐鹽霧測試超過 3,000 小時，完全杜絕電位差腐蝕，經過數年海水浸泡依然能維持穩定的拆卸扭矩。

問：Everflon™ 塗層是否能承受高壓天然氣井中的快速減壓 (RGD) 衝擊？

答：可以。熱熔融加工級 Everflon™ PFA 與 ETFE 樹脂具備高分子緻密度與優異的斷裂伸長率，配合專用高附著力底漆施工，能有效抵抗高壓氣體迅速釋放時造成的起泡、微裂紋及爆裂脫層現象。

問：Everflon™ 塗層是否能施作於雙相不鏽鋼、Inconel 等高級合金基材上？

答：可以。透過高溫脫脂與白剛玉微噴砂建立均勻的 Ra 錨固粗糙度，配合耐溫型專用底漆噴塗，Everflon™ 塗層可牢固鍵結於 Inconel 625/718、Duplex 2205、Super Duplex 2507 及鈦合金表面。

Everflon™ 先進材料 — 能源與油田表面防蝕技術支援中心
提供 NACE MR0175 規範合規評估、扣件鹽霧測試數據報告及管件樣品試塗服務
服務信箱：oilgas@everflon.com | 官方網站：www.everflon.com/oil-and-gas