

杜絕模具積垢（Fouling）與脫模摩擦：Everflon™ 半永久性含氟聚合物塗層於現代成型加工之應用

應用範疇：橡膠與彈性體、碳纖維複合材料（CFRP）、聚氨酯（PU）及滾塑成型 | 業務單位：Everflon 模具及成型材料技術事業部 | 發布日期：2026年9月

在航太碳纖維複合結構、精密橡膠密封圈、汽車聚氨酯內裝與大型滾塑容器等先進成型製程中，模穴表面殘留物堆積及脫模困難是造成產品報廢與產線停機的核心主因。Everflon™ 半永久性含氟聚合物塗層（PTFE、FEP、PFA、ETFE）於模具鋼及鋁合金母材表面形成微米級牢固燒結的超低表面能乾式屏障，徹底終結消耗性脫模劑噴霧，杜絕模具結垢，大幅縮短成型週期並維持工件極致外觀品質。

1. 消耗性液態脫模劑之限制與模具積垢（Fouling）物理機制

橡膠加硫、聚氨酯發泡、環氧樹脂預浸布及滾塑聚乙烯製程長期仰賴外用液態脫模劑（矽油、脫模蠟及氟素乳液）。然而，噴霧型脫模劑伴隨嚴重的生產缺陷：化學分子極易轉移（Transfer）至成型製品表面，導致後續塗裝、結構黏合及印刷產生縮孔或脫膠。

此外，在高溫高壓循環下，液態脫模劑持續熱裂解，與交聯劑在高溫模穴內碳化沉積為堅硬頑固的油焦漆膜（模具積垢）。這會破壞模具精密公差、堵塞微型排氣孔，迫使工廠頻繁停機實施乾冰噴砂或強酸浸泡清洗。經高溫燒結的 Everflon™ 含氟塗層直接與模具金屬結合，實現無化學轉移的數萬模次連續乾式脫模，大幅降低模具維護停機工時。

成型工件零化學轉移與後續加工完整性：由於 Everflon™ 塗層在模具金屬表面經過高溫交聯固化，完全沒有游離矽氧烷或石蠟成分向製品轉移。工件脫模後表面化學性質極度潔淨，無需經過二次溶劑脫脂清洗即可直接進行噴漆、結構膠合或電鍍處理。

2. Everflon™ 模具塗層之四大工程核心優勢

半永久性極致乾式脫模： 完全免除或大幅減少外部脫模劑噴塗頻率，有效壓縮生產節拍，省去藥劑採購及噴塗設備維護費用。	耐連續 260 ° C 極限高溫： 於高溫橡膠硫化、熱壓罐固化及滾塑爐高溫環境下展現絕佳熱穩定性，塗層不脆化、不起泡、不脫落。
根絕模具積垢並保護排氣孔： 防止環氧樹脂、硫磺加硫劑與異氰酸酯在高溫下焦化，確保模具皮紋咬花清晰轉印，維持微孔排氣通暢。	微米級精密超薄塗膜（10 至 35 μm）： 膜厚均勻精確可控，完全不影響頂針滑動公差、模具分模線（Parting Line）緊密配合度與微細結構精度。

3. Everflon™ 模具及成型專用樹脂選型工程指南

樹脂系列	最高連續耐溫	脫模潤滑效能	主要材料工程物理機制	關鍵模具與成型加工應用部位
Everflon™ PTFE	260 ° C (500 ° F)	極為優異	摩擦係數最低、乾式邊界自潤滑、耐溫跨度極廣	橡膠壓縮模具、O 型環模穴、碳纖維管材心軸
Everflon™ FEP	205 ° C (401 ° F)	優異	平整光滑無微孔熔融膜、對高黏度熱固性樹脂脫模極佳	CFRP 環氧樹脂模具、熱壓罐工具、PU 澆注模、矽膠模具
Everflon™ PFA	260 ° C (500 ° F)	優異	高密度熔融緻密屏障、卓越抗化學腐蝕、高溫抗撕裂韌性	滾塑金屬模具、高溫熱固性複合材模具、輪胎硫化膠囊
Everflon™ ETFE	155 ° C (311 ° F)	良好（耐磨）	拉伸彈性模數最高、耐劃傷、抗玻璃填充料衝蝕磨耗	玻纖強化工程塑膠射出模具、頂針、滑塊機構件

4. 重點成型工業應用場景實務

- 橡膠與彈性體模壓成型（O 型環、油封、減震襯套及輪胎加硫）：含硫磺與過氧化物交聯劑的橡膠（EPDM、FKM、Viton®、NBR）極易在未保護金屬表面燒結形成頑固膠垢。Everflon™ PTFE 與 PFA 塗層有效隔絕橡膠物理附著，協助複雜倒勾結構俐落脫模，確保排氣孔長效暢通數萬模次。
- 先進複合材料成型（航太級碳纖維與玻璃纖維預浸布）：熱壓罐固化過程中，環氧樹脂、BMI 及酚醛樹脂極易死黏鋁合金及 Invar 鋼模。Everflon™ FEP 與 PFA 塗層省除一次性脫模薄膜（Peel Ply）與脫模蠟塗抹，直接產出無刮痕、可直接塗裝的 Class-A 級表面。
- 聚氨酯（PU）發泡成型（自結皮軟質扶手、方向盤與硬質結構件）：活性異氰酸酯（MDI/TDI）與金屬結合力極強。傳統脫模蠟層層堆疊會鈍化皮革紋路與車用方向盤細紋。Everflon™ 塗層確保穩定乾式脫模，高保真轉印模穴微細咬花。
- 大型滾塑成型（工業儲罐、化學容器、獨木舟與大型外殼）：PE 與 PP 塑料粉末在滾塑爐內均勻熔融後，冷卻時必須迅速平整脫離。耐高溫 PFA 塗層防止排氣管結垢，維持製品壁厚均勻，杜絕冷卻內縮變形。
- 精密塑膠射出成型（深筋骨位、細長公模芯與滑塊機構）：深肋條與微型連接器塑件在頂出時面臨極大的摩擦阻力，常引起白化或頂針頂破瑕疵。Everflon™ 10 至 15 μm 精密超薄 PTFE 塗層大幅減輕脫模推力，縮短冷卻定型週期。
- 液態矽膠（LSR & HCR）與醫療器材模具：液態矽膠容易滲入模具微小配合面形成毛邊且高溫黏模。耐矽油侵蝕的 Everflon™ 塗層確保細小毛邊不扯斷殘留，在多模穴精密醫療模具中達成乾淨全自動脫模。

5. 模具基材前處理、金屬相容性與技術問答（FAQ）

Everflon™ 塗層的長效錨定結合依賴嚴格的前處理工藝：全件溶劑脫脂、白剛玉精密微噴砂創造 Ra 錨固粗糙度、專用耐溫底漆噴塗以及高達 400 °C 的高溫熱硬化燒結。

問：為什麼採用 Everflon™ 塗層模具後，成型品後續噴漆前無需溶劑脫脂？

答：傳統液態外用脫模劑會殘留游離矽油或石蠟於工件表面，造成噴漆縮孔與接著不良。Everflon™ 是在模具表面高溫固化的高分子固體被膜，成分零轉移，成品脫模後表面純淨，免除清洗工序即可直接塗裝或黏合。

問：Everflon™ 塗層是否會影響模穴的精密公差尺寸？

答：不會。Everflon™ 施工厚度控制於 10 至 25 μm（0.01 至 0.025 mm）。針對精密公模芯或嚴苛光學嵌件，膜厚可壓低至 10 μm 以下，完全保證模具微米級配合精度。

問：模具長期使用磨損後，是否支援翻新重新塗覆？

答：可以。舊模具經高溫熱裂解剝離舊塗層，並在不傷及金屬母材的前提下進行精密微噴砂，隨後重新噴塗燒結 Everflon™ 塗層，以極具優勢的成本完全恢復模具原廠級脫模效能。

Everflon™ 先進材料 — 模具工程與脫模表面改質技術支援中心
提供模具施工可行性評估、舊模翻新重塗服務與測試模穴試塗打樣
技術諮詢信箱：tooling@everflon.com | 官方網站：www.everflon.com/mold-release