

彻底杜绝模具积垢（Fouling）与脱模阻力：恒氟隆™半永久性含氟聚合物涂层在现代成型加工中的应用

应用领域：橡胶与弹性体硫化、碳纤维复合材料（CFRP）、聚氨酯（PU）发泡及滚塑成型 | 业务部门：恒氟隆模具与成型材料事业部 | 发布日期：2026年9月

在航空航天碳纤维复材结构件、精密橡胶密封件、汽车聚氨酯内饰件及大型滚塑中空容器等精密成型制造中，模腔表面残渣积聚结垢与制品粘模开裂是导致废品率居高不下和产线频繁停机的关键诱因。恒氟隆™半永久性含氟聚合物涂层（PTFE、FEP、PFA、ETFE）直接在模具钢与铝合金基底上形成微米级紧密烧结的超低表面能干式防护屏障，彻底终结一次性脱模剂喷涂，遏制模垢生成，显著缩短成型节拍，保障工件免清洗直接后序加工。

1. 一次性外用脱模剂的技术局限与模垢（Fouling）结焦机制

橡胶模压硫化、聚氨酯自结皮发泡、环氧树脂预浸料固化及聚乙烯滚塑生产长期依赖液体喷涂型脱模剂（硅油、脱模蜡及水性氟素乳液）。然而，消耗性外用脱模剂存在严重的工程弊端：游离的低分子硅氧烷与蜡质极易向成型工件表面发生物理转移（Transfer），导致后续喷漆产生缩孔（鱼眼）缺陷，或使结构胶粘接强度严重劣化。

此外，在连续高温高压作业下，残留的液体脱模剂持续受热分解，与聚合物挥发份、硫化交联剂反应结焦，形成坚硬牢固的褐色树脂漆膜层（模具积垢）。积垢不仅侵占精密公差、堵塞微孔排气道，还迫使企业频繁停线落模，耗费大量工时进行干冰喷砂或化学强酸强碱洗模。恒氟隆™高温烧结氟涂层牢固结合于金属晶格表面，提供无分子转移的数万模次连续干式脱模，从源头上杜绝了模具结垢停机。

成型工件零分子转移与免洗后道加工保证：由于恒氟隆™涂层在模具金属表面经历高温热熔融交联固化，不含可迁移的游离油脂成分。脱模制品表面保持绝对的洁净度与化学纯度，下线后无需昂贵繁琐的有机溶剂脱脂除蜡工序，即可直接进入高附着喷漆、超声波焊接、结构胶胶接或真空镀膜产线。

2. 恒氟隆™模具涂层的四大核心材料工程优势

半永久性干式纯净脱模： 完全免除或大幅削减外部脱模剂喷涂频次，大幅压缩单件成型节拍，免除脱模化学品耗材支出与喷涂工位维护。	耐受 260 °C 连续高温极限： 在高温橡胶硫化、热压罐固化及滚塑高温循环下维持热稳定性，涂层不碳化、不发泡、不起皮。
杜绝模具积垢并保护微孔排气： 阻断环氧树脂、异氰酸酯及游离硫化剂的高温附着，保持微米级排气道与真空吸孔畅通，保护精密咬花蚀纹。	微米级精密可控膜厚（10 至 35 μm）： 超薄均匀涂敷不破坏模具分型面（Parting Line）配合精度，不干涉精密顶针、镶块及滑块的滑动公差。

3. 恒氟隆™模具与成型专用氟树脂选型工程指南

树脂产品系列	最高连续耐温	脱模润滑性能	主要材料物理与工程机制	核心模具装备与关键应用部位
恒氟隆™ PTFE	260 °C (500 °F)	极佳	动摩擦系数极低、固体自润滑极佳、耐温域宽广	橡胶模压平板模、O型密封圈模、碳纤维预浸料卷管芯轴
恒氟隆™ FEP	205 °C (401 °F)	优秀	连续平滑无微孔熔融膜、对高粘性热固性树脂离型性极强	CFRP环氧树脂模、热压罐工装、PU浇注模、硅胶成型模
恒氟隆™ PFA	260 °C (500 °F)	优秀	致密熔融抗渗透层、极端化学耐受性、高温抗撕裂韧性	大型滚塑中空模、高温复材成型模、轮胎硫化胶囊
恒氟隆™ ETFE	155 °C (311 °F)	良好（耐磨）	拉伸模量极高、耐玻纤颗粒刮擦冲蚀、抗机械冲击韧性好	玻纤增强工程塑料注塑模、抽芯机构、顶针、滑块部位

4. 关键成型装备子系统与工程应用场景

- 橡胶与弹性体模压成型（O型密封圈、骨架油封、减震衬套与轮胎硫化）：含硫与过氧化物交联体系的弹性体（EPDM、FKM、氟橡胶、NBR）在高温下极易对模具钢产生微观化学粘咬。恒氟隆™ PTFE 与 PFA 涂层阻绝胶料粘壁，使复杂倒扣唇口顺畅脱出，并在数万模次生产中保持微细排气槽畅通无阻。
- 先进复合材料结构成型（航空航天碳纤维及玻纤环氧预浸料）：在热压罐高温固化中，环氧树脂、双马树脂（BMI）极易与铝合金模具及因瓦合金（Invar）牢固粘接。恒氟隆™ FEP 与 PFA 涂层彻底免除一次性脱模布（Peel Ply）与手工打蜡工序，产出光洁度达 Class-A 级且无需打磨即可直接喷漆的复材构件。
- 聚氨酯（PU）发泡系统（汽车方向盘自结皮、仪表板扶手与高回弹座垫）：活性异氰酸酯（MDI/TDI）对金属模具具有极强附着力。传统脱模蜡反复涂覆会填平模腔皮革细咬花，导致制品纹理失真模糊。恒氟隆™ 涂层提供可靠的干式离型，精准再现模腔皮纹细节，避免化学清洗对模具造成的损伤。
- 工业滚塑成型（大型化工防腐储罐、化粪池、游艇滚塑壳体）：PE 与 PP 塑料粉末在滚塑加热炉内充分熔融贴壁后，冷却阶段必须平整脱出。耐高温 PFA 涂层杜绝通气管堵塞造成的壁厚不均与吸瘪，防止冷却收缩阶段制品发生翘曲与内应力开裂。
- 精密注塑成型工装（深骨位筋条、细长型芯与滑块抽芯机构）：深肋条与微型电子接插件在开模顶出时摩擦阻力极大，易出现制品顶白、顶针顶穿及拉模变形。恒氟隆™ 10 至 15 μm 精密超薄 PTFE 涂层大幅削减脱模阻力，缩短保压冷却定型时间，显著加快注塑循环。
- 液态硅胶（LSR & HCR）成型与精密医疗器械模具：液态硅橡胶表面张力低，极易钻入模具微小缝隙形成难以脱除的飞边，且高附着于热模壁。耐硅油侵蚀的恒氟隆™ 氟涂层使微细飞边自动随制品整体脱模而不发生断裂残留，助力多腔精密医疗模具实现无人化全自动脱模。

5. 模具基材前处理、金属适配性与工程问答（FAQ）

恒氟隆™ 涂层与模具金属实现强固结合，必须严格执行规范化前处理规程：基体彻底除油脱脂、精密白刚玉微喷砂构建微观物理锚固 Ra 粗糙度、喷涂耐高温专用底漆，并在程控热风循环炉中进行高达 380 °C 至 400 °C 的热熔融烧结固化。

问：采用恒氟隆™ 涂层模具后，为什么成型制品可以直接进行喷漆或电镀而无需清洗？

答：传统液体脱模剂会发生低分子硅油或蜡质转移，粘附在制品表面造成脱脂不良、漆膜鱼眼或脱胶。恒氟隆™ 是在模具表面完全交联烧结的高分子固态膜层，成分零化学转移，脱模制品表面保持绝对洁净，免去清洗环节即可直接进入涂装或胶粘线。

问：涂层施工是否会影响模具精密型腔的尺寸公差？

答：不会。恒氟隆™ 涂层采用精密薄膜喷涂工艺，常规施工膜厚精确控制在 10 至 25 μm 之间。针对精密镶针或有严格配合公差的工件，可选用膜厚低于 10 μm 的特薄型产品，完全符合微米级精密配合要求。

问：长期使用磨损后的老旧模具能否翻新重新涂装？

答：可以。磨损旧模具经高温热解碳化剥除旧涂层，并在不损伤金属母材的前提下进行精密微喷砂，随后重新喷涂烧结恒氟隆™ 涂层，以远低于新制模具的成本，使模具脱模效能恢复如初。

恒氟隆™ 先进材料 — 模具工程与成型脱模技术研发支持中心
提供模具型腔涂覆可行性评估、旧模翻新重涂修复服务与测试试片打样评测
技术支持邮箱：tooling@everflon.com | 官方网址：www.everflon.com/mold-release