

イソシアネートの固着・金型ファウリングおよび溶剤洗浄の根絶：ポリウレタン製造におけるEverflon™高機能フッ素樹脂コーティングの応用

対象分野：反応射出成形（RIM）、軟質・硬質フォーム、キャストエラストマー、インテグラルスキン、ディスペンスヘッド |
開発部門：Everflon ポリウレタン＆高分子加工ソリューション事業部 | 発行日：2026年9月

自動車用RIMフェイス、シートフォームから、鋳業用キャストエラストマー、靴底、硬質断熱パネルに至るまで、現代のポリウレタン（PU）製造において、強烈な化学的接着性は絶え間ない運用上の障壁となっています。高反応性イソシアネート（MDI、TDI、脂肪族プレポリマー）は、金属製金型表面と強力な共有結合を形成します。従来の外部ワックスおよび溶剤系離型剤は、プロセスの変動、表面仕上げの低下、真空微小ベントの目詰まりを引き起こし、多大な労力を要する金型スクラブ洗浄を必要とします。Everflon™フッ素樹脂コーティングシステム（PTFE、FEP、PFA、ETFE）は、半永久的かつ化学的に不活性なドライフィルムフッカーボン界面を提供します。高発熱硬化反応や摩耗性フィラーに耐えるよう設計されたEverflon™は、溶剤洗浄を不要にし、複雑な表面シボを維持し、無移行での確実な脱型を実現します。

1. ポリウレタンの課題：イソシアネートの反応性、金型ファウリング、化学的接着

ポリウレタンの形成は、ポリオールとポリイソシアネートの急速な重付加反応に依存しています。イソシアネート（-NCO）官能基は極めて求電子性が高いため、金属酸化物や水酸基に富む金型表面の活性水素原子と瞬時に化学結合を形成します。むき出しの工具鋼、アルミニウム鋳物、電鍍ニッケルシェルがMDIやTDIの高圧衝突流にさらされると、ポリウレタンが金型の結晶格子上で直接重合し、製品の破れや金型の早期劣化を引き起こします。

歴史的に、製造現場ではワックス、シリコン、揮発性有機化合物（VOC）を含む消耗性の液体離型剤で金型キャビティを満たすことでこれに対処してきました。しかし、継続的な発熱サイクル（通常120 ~ 180 ）の下で、これらの犠牲型スプレーは熱劣化を起こします。ワックスやポリオールが重合して硬いニス層を形成し、一般に「金型ファウリング」または「ウレタン蓄積」と呼ばれます。この蓄積により、ステアリングホイールやアームレストの皮革調テクスチャーが徐々に鈍くなり、重要な空気抜きベントが目詰まりし、ドライアイス洗浄などのコストのかかる停止が発生します。Everflon™の焼成フッ素樹脂コーティングは、これらの消耗液体を表面エネルギーの低い永久マトリックスに置き換え、イソシアネートの親和性を中和して、数万サイクルにわたり金型キャビティを清潔に保ちます。

下流工程の塗装と接着を完璧にする無移行性：Everflon™コーティングは380 を超える温度で金属基材上に直接架橋・焼結されているため、遊離シリコン、ワックス、移行性ステアレートがポリウレタン製品に移行することは一切ありません。製品は化学的にクリーンな状態で脱型されるため、溶剤脱脂が不要になり、インモールドコーティング（IMC）、構造用PU接着剤、自動車用クラスAトップコート

2. ポリウレタン加工におけるEverflon™の4大エンジニアリング優位性

完全なイソシアネート非粘性（化学吸着防止）： MDI、TDI、HDI、アミン触媒に対して完全に不活性であり、化学的グラフト化と金型への致命的な固着を防止。	高精度なシボ・テクスチャーの再現性： 極薄で均一なプロファイル（15 ~ 35 μm）により、微細なマイクロテクスチャー、マットな皮革調シボ、シャープなデザインラインを忠実に再現。
金型ファウリングとベント目詰まりの解消： キャビティ細部でのニスやウレタン皮膜の形成を防ぎ、真空マイクロベントをオープンに保ち、清掃間隔を劇的に延長。	ポリオールフィラーに対する耐摩耗性： 強化ETFEおよびPFAフッ素樹脂グレードは、研磨性のミネラル難燃剤、ガラス繊維、重顔料による侵食に抵抗。

3. ポリウレタン金型・設備向けEverflon™フッ素樹脂選定マトリックス

フッ素樹脂グレード	最高連続使用温度	PU離型効率	主要材料メカニズム	対象となるポリウレタン用途
Everflon™ PTFE	260 (500 °F)	極めて優秀	最低動摩擦係数、乾式境界潤滑、汎用耐熱性	■ ■
Everflon™ FEP	205 (401 °F)	優秀	ピンホールフリーの無気孔溶融皮膜、粘着性キャストブレポリマーの優れた離型	■ ■ ■PU■■■■■■■
Everflon™ PFA	260 (500 °F)	優秀	溶融加工可能な高純度バリア、究極の化学的不活性、高引裂強度	■■■■■■■RIM■■■■■■■■■ PU■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ ■■
Everflon™ ETFE	155 (311 °F)	非常に良好（高耐摩耗）	最高レベルの機械的靱性、耐切削性、スラリー摩耗に対する耐久性	■■■■■■/■■■■■■■■■■■■■RI M■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ ■■

4. 重要なポリウレタンサブシステムと産業応用

・ 反応射出成形（RIM）＆構造用PUフォーム：高圧衝突混合と高速サイクルタイムには、瞬時に完璧な離型が求められます。RIM金型キャピティに施されたEverflon™ PFAおよびETFEコーティングは、ショット数の80%～100%で液体離型剤の塗布を不要にし、表面の腐れを防ぎ、ダイレクトな自動車塗装を可能にします。

・自動車用シート、ヘッドレスト&音響用軟質フォーム：大容量のデュアルハードネスシート生産ラインにおける犠牲ワックスの蓄積は、真空ポートを目詰まりさせ、クッション密度を変化させます。Everflon™ PTFEおよびFEP連続金型コーティングは、フォーム表皮の固着を防ぎ、真空マイクロポアをクリアに保ち、高価なオフラインドライアイス洗浄を排除します。

- ・インテグラルスキンフォーム（ステアリングホイール、アームレスト、キャブ内装）：ステアリングホイールやダッシュボードの微細シボ金型は、ワックス層が蓄積すると皮革シボの忠実度を急速に失います。Everflon™の極薄フッ素樹脂コーティングは、マイクロメートルレベルのテクスチャー定義を維持し、一貫した均一なマット表面光沢を保証します。

・キャストエラストマー（ホイール、鋳業用ハイドロサイクロン、スクレーパーブレード）：高温で長サイクル硬化する高粘度TDI/MDIプレポリマーは、スチール製やエポキシ製の金型に強力に接着します。Everflon™ FEPおよびPFAライニングは、深いアンダーカットやエラストマーリップを破ることなく、スムーズな剥離を可能にする滑らかなノンスティック表面を提供します。

・連続スラブストックフォーム製造用コンベア：連続コンベアに注がれる液体ポリオール/イソシアネート混合物は、側面や下部のペーパーライナーに接着してはなりません。高耐久性のEverflon™

PTFEを浸漬したベルトとガイドプレートにより、エッジの破れなくフォームブロックを安定して連続送りできます。

・高圧ディス Pens ヘッド、インジェクター & ミキシングチャンバー：生産停止時に、反応チャンバーやノズルオリフィスは架橋ウレタンの蓄積により頻繁に詰まります。Everflon™ PTFEで内部のピストンボア、バルブ、ミキシングチャンバーをコーティングすることで、イソシアネートの結晶化を防ぎ、均一なショット計量を保証します。

5. 基材冶金、表面前处理、品質管理

Everflon™ポリウレタン用コーティングの金型基材への冶金学的結合には、厳密な製造工程が必要です：工具鋼（P20、H13）、航空宇宙グレードのアルミニウム合金（A7075、A6061、AlSi10Mg）、キャストエポキシツール、電鍍ニッケルシエルへの適用に対応します。

Q: Everflon™はポリウレタンフォーム成形における外部離型剤を完全に排除できますか？

A: 多くの軟質フォームやキャストエラストマーのジオメトリにおいて、外部離型剤を完全に排除することが可能です。抜き勾配のない複雑な自動車用インテグラルスキンや高密度構造RIM部品の場合でも、Everflon™を導入することで、重いペーストワックスから、10～30サイクルに1回適用の超軽量ドライミスト離型剤へと移行でき、化学薬品の使用量を90%以上削減できます。

Q: Everflon™コーティングは、高温の発熱を伴うPU硬化反応によって軟化・劣化しますか？

A: いいえ。完全に硬化したEverflon™フッ素樹脂（PTFE、PFA、FEP）は、205 ～ 260 （401 °F～500 °F）の連続使用に耐える定格となっており、ポリウレタンの反応発熱ピーク（通常120 ～ 170 ）を遥かに超過するため、化学的分解や離型性能の低下は発生しません。

Everflon™ 先進材料 — ポリウレタン表面エンジニアリング技術センター
金型実現性評価、RIM & フォーム金型テストコーティング、および摩耗した金型の剥離・再生サービス
Eメール：polyurethane@everflon.com | ウェブサイト：www.everflon.com/polyurethane-coatings