

금형 오염(Fouling)과 탈형 마찰의 근본적 해결: 산업용 정밀 성형을 위한 Everflon™ 영구 불소수지 코팅 솔루션

적용 분야: 고무 · 엘라스토머, 탄소섬유(CFRP) 복합소재, 폴리우레탄(PU), 회전성형 | 개발 부서: Everflon 금형 및 이형 시스템 사업부 | 발행일: 2026년 9월

항공우주 복합재 구조물, 정밀 고무 실링, 자동차용 폴리우레탄 폼 및 대형 회전성형 용기 등 첨단 제조 공정에서 금형 표면 잔여물 고착과 불균일한 탈형은 불량률 상승과 라인 중단의 주요 원인입니다. Everflon™ 영구 불소수지 코팅(PTFE, FEP, PFA, ETFE)은 금형강 및 알루미늄 모재 표면에 소결 결합된 초박막 건식 저표면에너지 장벽을 형성하여, 일회성 액상 이형제 스프레이를 배제하고 금형 오염을 방지하며 성형 팩트타임을 단축합니다.

1. 일회성 액상 이형제의 한계와 금형 오염(Fouling) 메커니즘

고무 가류, 폴리우레탄 인테그랄 폼, 에폭시 프리프레그 및 회전성형 폴리에틸렌 공정에서는 전통적으로 실리콘 오일, 왁스, 외부 불소 에멀전 등 액상 스프레이 이형제에 의존해 왔습니다. 그러나 일회성 액상 이형제는 성형품 표면으로 이형제 분자가 전이(Transfer)되어 후공정인 도장, 구조용 접착, 2차 가류 시 표면 텅김 및 접착 불량률 유발합니다.

또한 고온과 고압의 성형 사이클 하에서 액상 잔여물이 열분해되면서 탄화 바니시 층인 금형 오염(Mold Fouling)을 형성합니다. 이는 캐비티 치수를 왜곡하고 가스 배출 벤트를 막아 드라이아이스 블라스팅이나 독성 케미컬 침적 세척을 위한 빈번한 금형 탈거를 초래합니다. 고온 열소결된 Everflon™ 불소수지 피막은 전이 성분 없이 수만 회 이상의 연속 건식 탈형을 제공하여 공정 유지보수 비용을 획기적으로 낮춥니다.

성형품 성분 전이 제로(Zero Transfer) 및 후공정 세척 생략: Everflon™ 코팅은 금형 모재 표면에서 고온 가교 소결되어 영구 결합하므로 성형품으로 실리콘이나 왁스 성분이 전혀 묻어나지 않습니다. 금형에서 탈형된 제품은 표면이 화학적으로 청정하므로 별도의 유기용제 탈지 세척 없이 즉시 도장, 접착, 증착 공정으로 투입할 수 있습니다.

2. Everflon™ 금형 코팅의 4대 엔지니어링 핵심 가치

영구적인 완전 건식 이형 성능: 외부 액상 이형제 도포 공정을 완전 배제하거나 극소화하여 성형 팩트타임 단축 및 소모성 약품 비용 절감.	최고 260 °C 연속 고온 열안정성: 가혹한 고무 가류 열조건, 항공기용 복합재 오토클레이브, 회전성형로 내부에서도 피막 손상 없이 비점착성 유지.
금형 오염 원천 차단 및 벤트 보호: 에폭시 수지, 가황 촉진제, 반응성 이소시아네이트의 열탄화를 방지하여 미세 에칭 패턴 및 가스 벤트를 청정하게 보존.	정밀 박막 프로파일 (10~35 μm): 미크론 단위의 균일한 박막 도포로 정밀 이젝터 핀 공차, 파팅 라인 밀착도, 미세 코어 핀 형상에 영향을 주지 않음.

3. 성형 가공 및 금형용 Everflon™ 불소수지 선정 매트릭스

불소수지 등급	최고 연속 사용 온도	이형성 및 저마찰	주요 기능적 메커니즘	대표적인 금형 및 성형 툴 적용처
Everflon™ PTFE	260 °C (500 °F)	매우 탁월	최저 동마찰계수, 건식 경계 윤활성, 광범위한 내열성	고무 압축 성형 몰드, O링 금형, 탄소섬유 복합재 맨드릴
Everflon™ FEP	205 °C (401 °F)	우수	평활한 무기공 용융 피막, 점착성 열경화 수지의 완벽한 이형	CFRP 에폭시 툴링, 오토클레이브 금형, PU 주형 몰드, 실리콘 몰드
Everflon™ PFA	260 °C (500 °F)	우수	완전 용융 치밀 피막, 극한의 내화학성, 고온 인장 인성	회전성형 금형, 초고온 복합재 성형 툴, 타이어 큐어링 블래더
Everflon™ ETFE	155 °C (311 °F)	양호 (고내마모)	최고 수준의 인장탄성률, 내절창성, 필러 마모 내구성	유리섬유 강화수지 금형, 코어 핀, 슬라이드 코어 기구부

4. 핵심 산업 성형 공정별 응용 분석

- 고무 및 엘라스토머 성형 (O링, 오일 실, 방진고무, 타이어 가류): 황 및 과산화물 가교제(EPDM, FKM, Viton®, NBR)는 금속 모재와 화학 반응하여 끈적한 카본 파울링을 유발합니다. Everflon™ PTFE 및 PFA 코팅은 고무 흡착을 차단하고 복잡한 언더컷부의 깔끔한 탈형을 유도하며 수만 회 사이클 동안 가스 벤트를 개방 상태로 유지합니다.
- 첨단 복합소재 성형 (항공우주용 탄소섬유 및 유리섬유 프리프레그): 오토클레이브 내의 에폭시, BMI, 페놀 수지는 알루미늄과 인바(Invar) 툴에 강력하게 고착됩니다. Everflon™ FEP 및 PFA 피막은 소모성 필플라이 필름과 왁스를 배제하여 탈형 직후 샌딩 없이 즉시 도장이 가능한 Class-A 표면 품질을 구현합니다.
- 폴리우레탄(PU) 성형 (인테그랄 스킨, 연질·경질 발포 폼): 반응성 이소시아네이트(MDI/TDI)는 금형 표면에 격렬하게 결합합니다. 종래 왁스층 누적으로 인한 자동차 스티어링 휠과 암레스트의 가죽 엠보 무늬 뭉개짐을 방지하며, Everflon™은 정밀한 엠보 패턴을 그대로 복제하며 건식 이형을 보장합니다.
- 대형 회전성형 (탱크, 카약, 화학약품 용기 및 대형 하우스): 오븐 내부에서 용융된 PE 및 PP 분말은 금형 내벽에 균일하게 밀착된 후 냉각 시 비틀림 없이 탈형되어야 합니다. 내열 PFA 코팅은 배기 벤트 막힘을 방지하고 균일한 벽 두께를 유지하면서 매끄러운 탈형을 지원합니다.
- 정밀 사출성형 금형 (딥 리브, 코어 핀 및 슬라이드 코어): 깊은 리브와 미세 커넥터 형상은 취출 시 과도한 이젝팅 마찰력으로 인해 백화 및 핀 돌출 마크를 유발합니다. Everflon™ 정밀 박막 PTFE 코팅(10~15 μm)은 탈형 저항을 대폭 낮추어 성형 사이클 속도를 높입니다.
- 액상 실리콘 고무(LSR & HCR) 성형 및 의료용 몰드: LSR은 미세 틈새로 버(Flash)가 침투하기 쉽고 고온 캐비티에 밀착됩니다. 실리콘 오일 침투에 불활성인 Everflon™ 불소수지 코팅은 미세 버의 찢김 잔여물을 방지하고 다열 정밀 금형에서 클린 탈형을 보장합니다.

5. 금형 전처리 공정, 적용 금속 및 기술 FAQ

Everflon™ 코팅의 강력한 기계적 투앵커링(Anchoring) 결합을 위해 용제 탈지, 화이트 알루미나를 사용한 정밀 마이크로 샌드블라스팅, 전용 프라이머 도포 및 최대 400 °C 소결 소성 공정을 엄격히 준수합니다.

Q: Everflon™ 코팅을 적용하면 성형품의 도장 전 세척이 왜 생략되니까?

A: 기존 액상 이형제는 실리콘이나 왁스 분자가 성형품 표면으로 이행하여 도장 시 핀홀(Fish-eye) 및 접착 불량을 야기합니다. Everflon™은 금형 표면에서 완전 가교된 불용성 고체 피막이므로 화학적 성분 전이가 전혀 없어 유기용제 탈지 공정 없이 즉시 후공정 투입이 가능합니다.

Q: 코팅으로 인해 금형 캐비티의 정밀 치수가 영향을 받습니까?

A: 아닙니다. Everflon™ 코팅은 10~25 μm 범위의 정밀 제어된 박막으로 도포됩니다. 초정밀 핀이나 공차가 엄격한 인서트류의 경우 10 μm 미만의 극박막으로 설정하여 마이크로미터 단위의 치수 정밀도를 온전히 보존합니다.

Everflon™ 첨단소재 — 금형 및 이형 시스템 엔지니어링 센터
금형 형상 적용성 평가, 마모 금형 재코팅 리퍼비시 프로그램, 시편 테스트 피스 가공 문의
이메일: tooling@everflon.com | 웹사이트: www.everflon.com/mold-release