

EVERFLON^{ACADEMIC}



— 압출 가이드 —

EVERFLON

FEP
PFA

ETFE

용융성 불소수지

서론

용융 가공성 불소수지 제품군은 사출 성형 및 압출과 같은 기존 열가소성 기술로 가공할 수 있는 제품에 Everflon™ PTFE의 바람직한 특성을 제공함으로써 제품 라인을 확장합니다.

적용 분야는 설계자와 최종 사용자가 극한의 고온 및 저온 환경에서 사용하기 위해 우수한 화학적 안정성, 유전 특성, 점착 방지 특성 및 기계적 강도를 갖춘 열가소성 수지를 필요로 하는 모든 분야를 포함합니다.

Everflon™은 특정 최종 사용 요구 사항 및 가공 요구 사항을 충족하기 위해 다양한 용융 가공성 불소수지 제품군을 제공합니다.

- Everflon™ FEP는 200°C까지 사용 가능하며 Everflon™ PTFE 불소수지와 동일한 내화학성 및 유전 강도를 유지합니다.
- Everflon™ PFA는 우수한 용융 가공 특성과 탁월한 열 안정성을 갖춘 프리미엄 성능 수지입니다. 고온 강도 및 강성, 우수한 응력 균열 저항성, 긴 굴곡 수명 및 우수한 전기적 특성을 제공합니다. 260°C의 고온 사용 등급을 가지며 거의 모든 화학 물질에 대한 내성을 갖습니다.
- Everflon™ ETFE는 내화학성, 전기적 특성 및 내노화성이 다른 Everflon™ 불소수지와 유사한 강하고 질긴 소재입니다. 150°C까지 사용 가능한 Everflon™ ETFE는 기존 열가소성 기술을 사용하여 탁월한 가공성을 제공합니다.

Everflon™ 불소수지(Fluoropolymer resins)는 대부분의 열가소성 수지보다 용점과 용융 점도가 높습니다. 이 가이드에 설명된 기술을 사용하여 가공하면 탁월한 수율과 생산 속도를 얻을 수 있습니다.

압출 성형용 Everflon™ 불소수지의 특성

Property	Unit	ASTM standard	FEP	PFA	ETFE
용점	°C	DSC	260	310	260
용융유율(MFR)	g/10min		6-12	6-14	6-12
비중	--	D792	2.15	2.15	1.7
인장강도(23°C)	MPa	D2116	24	26	45
신장률(23°C)	%	D2116	330	350	400
충격강도(아이조드 경도계)	kg-cm	D256A		No Break	
경도(도롬계)	--	D2240	D56	D60	D70
굽힘탄성률	Mpa	D790	550	580	1200
체적저항률	Ω-cm	D257		>10 ¹⁷	
유전 상수	1 MHz	D150	< 2.1	< 2.1	< 2.6
유전율	1 MHz	D150	0.0007	0.0001	0.0007
유전강도	kV/mm	D149	78	78	70
난연성	--	UL94		V-0	
산소지수	--	D2863		>95	
내화학적성	-	-		- Excellent	
흡수율	%	D570		< 0.03	

색상 농축액

Everflon™ FEP 및 PFA, 그리고 ETFE는 Everflon+™에서 구입 가능한 시판 색상 농축액을 사용하여 착색할 수 있습니다. 첨가량은 다양하지만 일반적으로 불소수지의 최종 기계적 특성에 거의 영향을 미치지 않을 정도로 소량입니다. 그러나 색상 농축액은 희석 과정에서 사용할 기본 수지와 동일한 수지에 혼합해야 합니다.

대부분의 최신 연속 압출 공정에서는 시판되는 색상 계량기 첨가 시스템을 사용합니다. 이러한 시스템을 사용하는 경우 계량기 제조업체의 작동 지침을 따르십시오. 제조업체의 지침을 구할 수 없는 경우 아래 절차를 사용할 수 있습니다.

아래 절차는 Everflon™ 불소수지 펠릿에 색상 농축액 펠릿을 건식 혼합 또는 "희석"하는 방법입니다.

1. 통풍 오븐 또는 진공 오븐에서 색상 농축액을 95°C에서 몇 시간 동안 건조합니다. 벌크 수지는 건조할 필요가 없습니다. 단, 겨울철 난방이 되지 않는 보관 장소에서 가져온 수지는 따뜻한 압출 구역으로 옮겨지면 결로 현상이 발생할 수 있으므로 사용 전에 수지가 평형 상태에 도달하도록 해야 합니다.
2. 수지 가공에 필요한 비율(예: 1%)로 농축액을 계량합니다.
3. 깨끗하고 건조한 용기에 벌크 수지에 색소 농축액을 넣습니다.
4. 수지와 색소 농축액을 최소 15분 동안 또는 완전히 혼합될 때까지 혼합하거나 회전시킵니다. 혼합물을 압출기 호퍼에 넣습니다. 사용 중에는 뚜껑이나 알루미늄 호일로 덮어 보관합니다.
5. 사용하지 않은 색소 농축액 펠릿은 밀폐 용기에 보관해야 합니다. 그렇지 않으면 재사용하기 전에 다시 건조해야 합니다.

장비

압출기

압출기의 기능은 열가소성 펠릿을 용융 수지로 변환하고, 용융물을 균일한 속도와 온도로 토출하는 것입니다.

일반적으로 단일 스크류 압출기는 불소수지 가공에 사용됩니다. 길이 대 직경(L/D) 비율은 20:1에서 30:1까지 다양합니다. 그러나 길이 대 직경 비율이 28:1 이상인 더 긴 압출기가 가장 효과적인 것으로 나타났습니다. 이러한 긴 기계는 높은 생산 속도에서도 더 안정적인 출력을 제공할 수 있습니다.

수지를 가소화하는 데 필요한 에너지는 회전하는 스크류의 기계적 작용으로 발생하는 점성 저항과 배럴 히터에서 전달되는 외부 열에서 발생합니다. 회전하는 스크류는 용융물을 혼합하고, 계량부의 크기와 함께 압출기의 용융물 토출량을 결정합니다. 잘 혼합된 용융물을 원하는 출력으로 얻을 수 있도록 압출기의 크기를 조정하는 것이 성공에 매우 중요합니다.

직경이 작은 기계는 회전 속도가 느리고 직경이 큰 압출기와 동일한 출력을 얻기 위해 더 빠른 스크류 회전 속도(RPM)가 필요합니다. 하지만 20~50 RPM 범위의 적절한 회전 속도(RPM)가 가장 효과적입니다.

소형 압출기는 원하는 생산량을 얻기 위해 고온 및 고RPM으로 작동해야 하므로 용융 강도 손실과 같은 가공 문제가 발생할 수 있습니다. 마찬가지로 대형 기계도 저속으로 작동할 경우 문제가 발생합니다. 불량한 혼합과 긴 체류 시간은 불안정한 용융을 초래하여 연신 성능 저하로 이어질 수 있습니다.

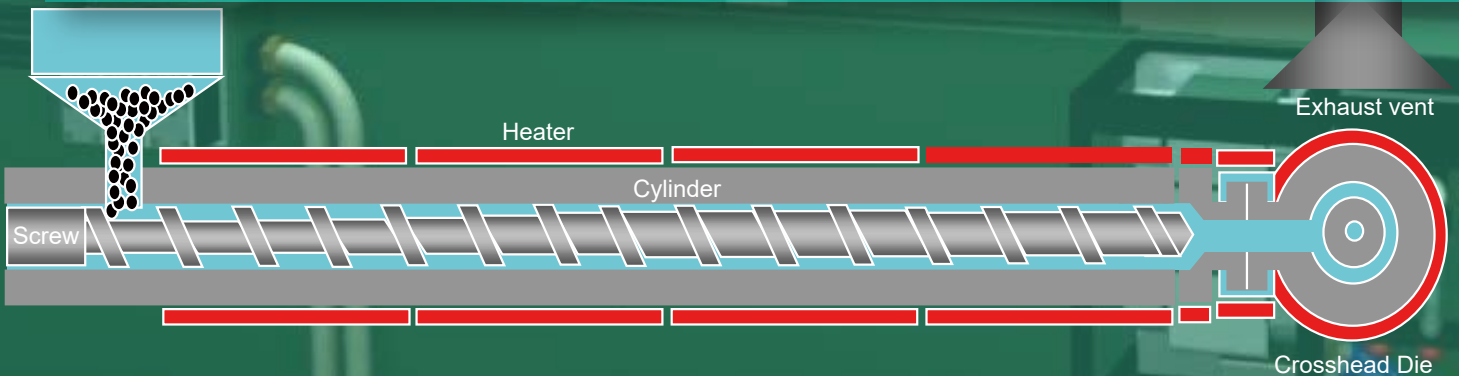
구조 재료

열가소성 폴리머의 용융 가공 과정에서 일부 수지 분해 및 부산물 생성이 발생합니다. 용융된 불소수지에서 생성되는 부산물은 대부분의 금속을 부식시킵니다. 부식은 수지 분해에 의해 가속화되며,

과도하게 높은 작동 온도를 피하고 유선형 수지 흐름 채널을 사용하면 최소화할 수 있습니다. 체류 지점, 사각지대 등은 수지가 갇혀 장시간 고온에 노출되면 분해될 수 있는 지점입니다.

따라서 내식성이 뛰어난 고니켈, 저철 합금으로 제작된 압출 장비를 사용해야 합니다.

배럴 라이너, 스크린, 브레이크 플레이트, 어댑터, 크로스헤드 및 공구와 같은 모든 접촉 장비는 이러한 합금으로 제작되어야 합니다. 클램프와 같은 노출된 장비는 고품질 니켈 도금으로 보호해야 합니다. 이러한 장비는 시중에서 다양하게 판매되고 있으며, 판매업체는 불소수지와 의 적절한 사용에 대해 조언해 줄 수 있습니다.



스크류 설계

대부분의 일반적인 단일 스크류 설계는 불소수지 압출에 만족스러운 성능을 보입니다. 성능은 스크류 설계에 따라 달라집니다.

긴 공급부, 약 3:1의 압축비, 코어 프로그레시브 프로파일, 그리고 낮은 전단 용융 혼합 요소를 갖춘 스크류 설계가 널리 사용되어 왔으며 선호되는 선택입니다. 제한적인 경험에 따르면 가변 피치 및 배리어형 스크류도 불소수지 압출에 사용할 수 있습니다. 그러나 압출기 작업자는 이러한 설계를 사용할 때 주의해야 합니다.

"정사각형 피치 스크류"에서 플라이트 1회전은 스크류를 따라 배럴 직경만큼 이동합니다. 17.7도의 일정한 각도 피치를 가진 정사각형 피치 스크류가 일반적입니다.

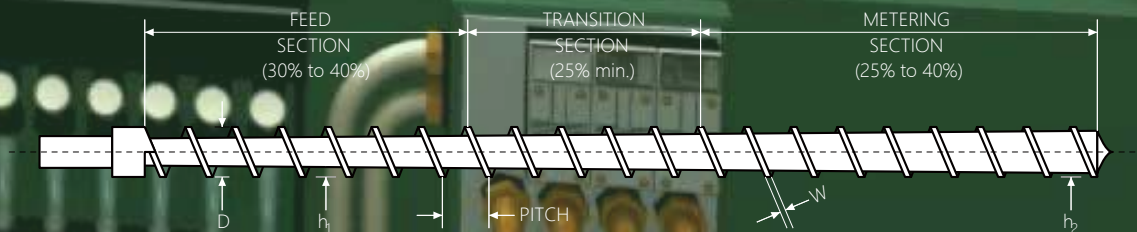
이는 L/D 비율이 스크류 섹션, 공급부, 전환부, 계량부 및 혼합부에 할당될 회전 수와 같다는 것을 의미합니다. 예를 들어, 길이 대 직경 비율이 28/1인 정사각형 피치 스크류는 28회전을 할당합니다.

수지 큐브의 이송, 용융 및 혼합은 공급부에서 이루어집니다. 최소 8회전 이상의 긴 공급부는 필요한 체류 시간을 제공합니다. 기계적으로 유도되는 점성 저항과 배럴 히터로부터 공급되는 에너지의 균형을 잘 맞추는 것이 중요합니다. 이는 스크류 회전 속도(RPM)로 조절됩니다. 플라이트 깊이는 수지 펠릿이 압축될 수 있도록 충분해야 하지만, 기계적 강도를 위해 충분한 코어 직경을 유지해야 합니다.

코어 점진적 전환부는 공급부와 계량부를 연결합니다. 전환 또는 압축은 3~4회전 구간에서 발생합니다. 플라이트 깊이가 점차 얇아짐에 따라 용융이 완료되고 공기 또는 가스가 배럴 위로 다시 밀려 올라가 공급부를 통해 배출됩니다. 이로써 계량부로 이어지는 플라이트 채널이 부피적으로 채워지게 됩니다. 이는 일정한 용융물 출력을 달성하는 데 매우 중요합니다.

용융물은 스크류의 계량부를 따라 표면 마찰에 의해 이송됩니다. 출력은 스크류 회전 속도(RPM)에 정비례합니다. 일반적으로 5~7회전의 계량부는 용융물을 스크린, 헤드 및 톨링을 통해 이송하기에 충분한 압력을 생성합니다. 계량부의 플라이트 깊이는 표면적 대 부피 비율을 최대화하기 위해 얇게 설계됩니다. 이는 압력 상승으로 인한 용융물의 역류를 최소화합니다. 중요한 것은 이것이 체적 공정이라는 점입니다. 생산량은 계량부 단면 치수와 스크류 회전 속도(RPM)에 의해 결정됩니다.

직경이 크고 깊이가 깊은 계량 채널 설계는 직경이 작고 깊이가 얇은 기계보다 훨씬 낮은 RPM을 필요로 합니다. 새 기계를 주문하거나 기존 기계에 새 스크류를 장착할 때는 먼저 필요한 생산량을 제공하는 중간 RPM 범위에서 계량부 치수를 계산하십시오. 이를 기준으로 일반적인 압축비(예: 3:1)를 사용하면 다른 스크류 치수를 쉽게 결정할 수 있습니다.



호퍼 건조기

불소수지는 수분을 흡수하지 않습니다. 그러나 특히 냉장 보관에서 따뜻한 가공실로 이동할 때 표면 수분을 흡수합니다. 색소 농축액은 흡습성이 있을 수 있으므로, 수지와 농축액을 건조하면 수분 관련 결함을 제거하는 데 효과적입니다. 압출 전에 일괄 건조하는 것도 효과적이지만, 대량의 수지를 처리할 때는 번거로울 수 있습니다. 불소수지는 제습된 공기가 필요하지 않습니다. 뜨거운 공기를 한 번 통과시키면 표면 수분을 제거할 수 있습니다. 일반적으로 120~160° C의 온도에서 1~2시간 동안 유지하는 것이 효과적입니다. 호퍼의 배기 가스는 안전하게 배출되어야 합니다. 불소수지용 호퍼 히터 장치는 시중에서 구입할 수 있습니다.

스크린 팩 및 브레이커 플레이트

불소수지 압출에는 브레이커 플레이트와 스크린 팩을 사용할 수 있습니다. 이들은 추가적인 배압을 발생시켜 용융물에 안료 또는 충전제가 더 잘 분산되도록 합니다. 공정은 스크리닝을 통해 오염 물질이나 색소 응집체를 제거할 필요가 없을 정도로 깨끗해야 합니다. 브레이커 플레이트 구멍은 수지 잔류 및 날카로운 모서리로 인한 전단 손상을 방지하기 위해 양쪽 면을 모따기 처리해야 합니다. 80메쉬(0.177mm) 스크린 두 개 사이에 120 메쉬(0.125mm) 스크린을 끼워 넣는 것이 일반적인 구성입니다. 스크린은 불소수지 등급의 내식성 합금으로 제작해야 합니다.

어댑터

크로스헤드와 압출기 배럴을 연결하는 어댑터는 용융물의 원활한 흐름을 위해 내부가 유선형이어야 합니다. 원뿔형 단면 감소는 최대 30°의 각도로 이루어져야 합니다. 또한 온도 조절기가 있는 히터 밴드가 있어야 합니다. 어댑터 온도가 부족할 때 배럴 온도를 높여 보상하는 것은 성능 저하 및 시동 시 안전 문제로 이어질 수 있습니다. 어댑터 내부에 고형화된 수지는 압출기에서 용융물의 흐름을 제한합니다.

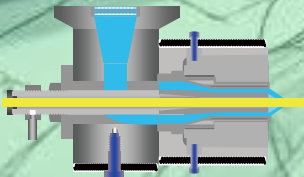
크로스헤드

일반적인 압출기 크로스헤드 설계가 일반적으로 사용됩니다. 다른 설계도 있습니다. 튜브와 같은 연속 프로파일을 압출할 때는 인라인 또는 직선형 크로스헤드가 사용됩니다. 다양한 상용 제품이 시판되고 있습니다.

압출 헤드는 정체 지점 없이 단순하고 유선형의 유동 패턴을 갖는 것이 중요합니다. 크기는 원하는 압출 최종 제품에 따라 달라집니다. 그러나 최종 제품 요구 사항을 충족하는 가장 작은 부피와 가장 짧은 체류 시간을 갖는 것이 최적의 선택입니다. 이 문서 뒷부분에서는 논의되는 용융 과단은 생산 속도를 제한할 수 있습니다.

하지만 Everflon™ 불소수지는 용융 강도가 우수하여 용융 과단의 영향을 최소화하기 위해 높은 인출비를 사용할 수 있습니다.

또한 불소수지 등급과 내식성 재질을 지정하는 것도 중요합니다. 공급업체는 불소수지와 함께 내식성, 가공 용이성 및 사용 후 외관의 균형을 맞추기 위해 다양한 합금을 사용합니다.



히터 밴드

히터 밴드는 작동 중 최대 425° C의 온도를 견딜 수 있는 충분한 용량을 가져야 합니다. 4.65W/cm² 이상의 전력 밀도를 사용할 수 있습니다. 안정적인 용융 압출 출력을 위해서는 비례, 적분, 미분(PID) 온도 컨트롤러 또는 이와 동등한 장치가 필요합니다.

꼭소 배기 환기

열가소성 불소수지를 포함한 모든 열가소성 폴리머의 용융 가공 과정에서 일부 분해가 일어나 유해하거나 불쾌한 냄새를 유발하는 가스, 증기 또는 연기가 방출될 수 있습니다. 이러한 배출물을 제어하는 가장 효과적인 방법은 발생원에서 "포집"하여 작업장 대기로 확산되기 전에 배기 환기를 통해 제거하는 것입니다.

LEV는 작업장 전체 또는 공장의 공기를 교체하는 데 필요한 매우 많은 양의 공기에 비해 플라스틱에서 방출되는 공기 중 화학 물질을 "포집"하고 제거하는 데 상대적으로 적은 양의 공기만 필요하기 때문에 효과적입니다.

또한, 발생원에서 오염 물질을 "포집"함으로써 작업자의 화학 물질 노출을 사실상 제거할 수 있습니다.

압출기 작동

성공적인 압출 작업을 위해서는 공급 원료의 품질 및 유동성, 폴리머 변질이나 장비 및 작업자의 안전을 위협하지 않는 시동 및 정지 절차, 원하는 용융 온도와 생산 속도를 유지하고 제어할 수 있는 압출기 온도 프로파일, 적절한 국소 배기 환기 시스템, 그리고 수지 취급 등 여러 세부 사항에 세심한 주의를 기울여야 합니다.

수지 취급

수지 표면에 결로가 생기지 않도록 주의해야 합니다. 안료나 핵형성 농축액과 같은 일부 첨가제는 수분을 흡수할 수 있습니다. 사용하기 전에 작업장에서 최대 24시간 동안 수지를 실온에 두어 습도를 조절하십시오.

수지를 오염되지 않도록 깨끗하게 유지하는 것이 매우 중요합니다. 수지 백이나 기타 용기는 사용 전까지 밀봉해야 합니다. 덮개가 있는 호퍼와 저장 용기를 사용하여 오염을 방지하십시오. 오염 물질은 압출 제품의 결함(예: 전선 절연체의 스파크 발생)을 유발할 수 있습니다.

용융 유동성

불소수지는 권장 가공 온도에서 다른 대부분의 열가소성 수지보다 점도가 상당히 높습니다. 용융 점도와 용융 유량(MFR, 일정한 압력과 온도에서 10분 동안 특정 오리피스를 통과하는 용융물의 양(그램))은 폴리머 용융물의 흐름을 설명하는 용어입니다. 이러한 특성은 표준으로 지정된 전단 및 온도 조건에서 측정됩니다.

ASTM 표준은 이러한 값과 측정 방법을 정의합니다. 이러한 불소수지의 점도(일정한 전단 응력에서)는 온도에 반비례합니다. Everflon™ FEP 및 PFA 불소수지는 작은 다이 오리피스 또는 유사한 프로파일 툴링을 통한 용융 유동성이 폴리머의 높은 용융 점도와 낮은 "임계 전단 속도"로 인해 제한됩니다. 그러나 이들은 더 큰 툴링을 통해 압출하고 필요한 크기로 인발할 수 있을 만큼 충분한 용융 강도를 가지고 있습니다. Everflon™ ETFE 불소수지는 Everflon™ FEP 및 PFA보다 용융 강도가 낮으므로 인발량이 적습니다. 하지만 Everflon™ ETFE 불소수지 용융물의 높은 "임계 전단율" 덕분에 유사한 압출 속도를 유지할 수 있습니다.

용융 파단

열가소성 수지가 다이 또는 프로파일 오리피스를 통과할 때, 용융된 수지는 매끄러운 표면을 갖습니다. 처리량이 증가함에 따라 유속이 일정 수준에 도달하면 표면 거칠기가 나타납니다. "용융 파단"이라고 불리는 이 거칠기는 용융물과 툴링 벽면 사이의 마찰로 인해 발생합니다. 처리량이 낮을 때는 마찰로 인해 툴링 벽면에서 유속이 느려집니다. 처리량이 높을 때는 마찰이 유속을 "멈추게" 하려 하지만, 공정 압력이 용융물을 앞으로 밀어내면서 이를 극복합니다. 결과적으로 불규칙하거나 "표면 난류"가 발생하여 표면이 거칠어집니다. 용융물의 점도, 툴링 크기 및 설정 온도에 비해 너무 높은 속도로 압출하는 것이 용융 파단의 가장 흔한 원인입니다.

용융 파단은 폴리머 용융물의 "임계 전단율" 이상의 유속에서 발생합니다. 이 압출 속도는 온도에 따라 달라지므로 용융 온도를 높이면 생산량을 어느 정도 증가시킬 수 있습니다. 그러나 용융 온도는 항상 고분자 분해를 일으키는 온도보다 낮아야 합니다.

안료나 핵형성제를 사용하는 경우 콘이 불투명해지므로 용융 파단은 외부 표면에서만 확인할 수 있습니다. 용융 파단이 발생하지 않는 조건에서 압출을 진행하는 것이 중요합니다.

무안료 수지를 사용한 실험을 통해 이러한 조건을 초기에 결정하는 것이 유용할 수 있습니다. 압출된 제품의 내부와 외부로 검사하는 것도 용융 파단의 존재를 확인하는 데 도움이 됩니다.

수분, 오염 물질 또는 충전제로 인한 표면 거칠기는 용융 파단으로 오인될 수 있습니다. 표면 거칠기의 원인이 용융 파단인 경우, 처리량을 일시적으로 줄이면 용융 파단이 감소하거나 제거될 수 있습니다. 반대로, 낮은 처리량에서도 거칠기가 지속되면 수분이나 오염 물질에 대한 적절한 보정을 해야 합니다.



진공 사이저로 빨려 들어가는 일반적인 튜브 압출 모습입니다. 튜브는 광택이 나고 표면이 매끄러우며 투명합니다. 용융 균열은 보이지 않습니다.

하지만 처리 속도를 높인 동일한 압출물의 경우, 콘 부분에 용융 균열이 확연히 나타납니다.

전단 응력 및 전단 속도

그림은 용융 온도와 다이 온도가 일정할 때 Everflon™ FEP 및 PFA 불소수지 수지의 가능한 유동 조건을 나타낸 지도입니다. Everflon™ ETFE 불소수지는 이러한 영역 패턴을 나타내지 않습니다. 이 지도는 전단 응력 대 전단 속도의 그래프이며, 전단 속도가 증가함에 따라 전단 응력이 어떻게 증가하는지 보여줍니다.

이 지도는 압출 거동의 네 가지 가능한 영역을 정의합니다. 매우 낮은 생산 속도에서는 열에 의한 수지 열화가 발생할 수 있습니다.

영역 I은 거의 모든 압출이 이루어지는 정상 작동의 넓은 영역입니다.

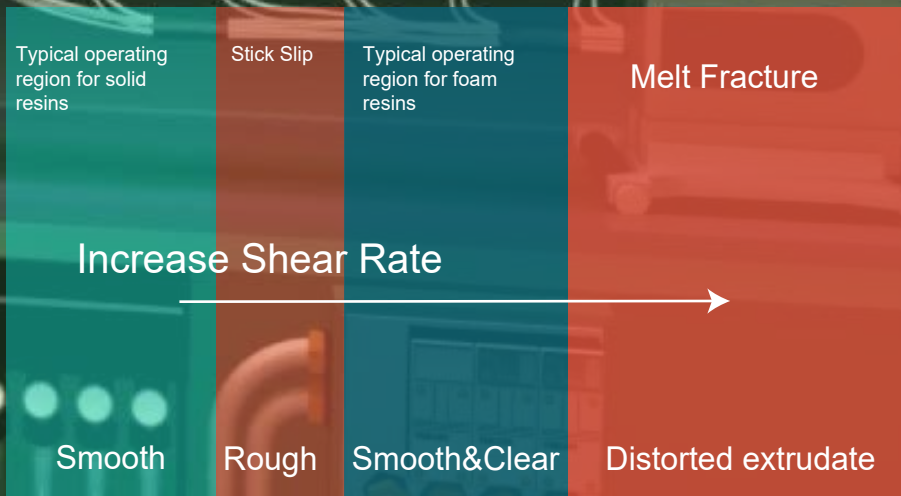
영역 II는 툴링을 통한 수지 흐름을 증가시켜 매끄러운 압출물에서 거친 "용융 파단" 압출물로 변하는 것을 나타냅니다. 이 전환 과정에서 고분자 용융물은 "임계 전단 속도"를 통과합니다. 이 임계 전단 속도는 특정 압출 조건에 적용됩니다.

영역 III에서는 다시 매끄러운 압출물이 얻어지며, 일반적으로 "초고속 전단" 영역이라고 합니다. 초전단은 용융된 폴리머가 툴링 표면에 대한 접착력을 잃었을 때 발생합니다. 이 현상은 압출 헤드 압력의 상당한 감소를 동반하여 용융 흐름에 대한 저항을 줄입니다. 이러한 방식으로 더 높은 생산 속도를 달성할 수 있지만, 일반적으로 최종 제품의 측정된 기계적 특성이 변화합니다.

영역 IV에서는 압출물이 다시 과도하게 거칠어집니다.

주어진 프로파일 툴링 형상에서 전단 속도는 용융 출력량이 증가함에 따라 정비례하여 증가합니다. 전단 응력은 압력이 증가함에 따라 증가합니다.

많은 비불소수지 열가소성 용융물과 마찬가지로 Everflon™ ETFE 불소수지 수지의 전단 응력은 전단 속도가 증가함에 따라 거의 정비례하여 증가합니다. 분자량 및 가공 온도에 따라 이러한 Everflon™ 불소수지 수지는 10~100 억초의 낮은 전단 속도에서도 용융 파괴가 시작될 수 있습니다. MFR 22의 Everflon™ FEP 4622를 400° C의 용융 온도에서 압출하면 약 500초의 왕복 운동 주기에서 용융 파괴가 발생합니다. 마찬가지로, 다양한 등급의 Everflon™ ETFE 불소수지는 200초에서 3,000초 사이의 왕복 운동 주기에서 용융 파괴가 발생합니다.



Extrudate Appearance in Flow Regions I, II, III, IV

인장 파괴

폴리머 용융물이 틀링을 통과할 때, 임계 전단 속도를 초과하면 용융물 파괴를 일으키는 전단력이 발생합니다. 용융물은 틀링을 빠져나오자마자 콘 내부로 빨려 들어갑니다. 이 빨려 들어가는 작용으로 인해 추가적인 전단력이 발생합니다.

전단 한계를 초과하면 (안료를 사용하지 않는 경우) 콘이 흐릿해 보이고 용융 흐름에 미세한 구멍이나 찢어짐이 발생합니다. 극단적인 경우에는 콘이 파손됩니다.

인장 속도 또한 중요합니다. 너무 빠르게 빨려 들어가면 구멍, 찢어짐, 콘 파손이 발생할 수 있습니다.

이 공정에서 폴리머가 견딜 수 있는 총 전단량은 "전단 예산"으로 나타낼 수 있습니다. 이 예산은 전단에 영향을 미치는 세 가지 공정 단계, 즉 틀링 전단, 인장 전단, 인장 전단 속도 각각에서 부분적으로 소모됩니다. 이 세 단계 중 하나 또는 세 단계 모두의 조합이 폴리머 용융물의 전단 저항 능력을 초과하면 공정이 불안정해집니다. 하지만 용융 상태에서 틀링 전단에서 연신 전단으로 작업 균형을 이동시킬 수 있는 유연성이 있습니다. 연신 전단과 연신 속도 전단을 추가하면 "공정 임계 전단 속도"가 효과적으로 감소합니다.

MFR 22의 Everflon™ FEP 4622를 400° C에서 용융 압출하면 틀링에서 배출될 때 (즉, 틀링 전단만 적용 시) 약 550회 왕복초에서 용융 파단이 발생합니다. 와이어로 연신될 때 (즉, 틀링 전단, 연신 전단 및 연신 속도 전단 적용 시) 공정 처리량은 350회 왕복초에 해당하는 값으로 제한됩니다. 이것이 바로 불소수지 가공업체가 해당 폴리머의 임계 전단 속도로 설명되는 잠재적 압출 처리량을 거의 달성하지 못하는 이유입니다.

연신율

연신율(DDR)은 틀링 갭의 단면적과 완성된 프로파일의 단면적의 비율로 정의됩니다.

전선 및 케이블 절연체 또는 외피는 대부분 인발 튜브 압출 방식으로 만들어집니다. 튜브형 프로파일링은 가장 일반적인 불소수지 압출 방식이며, 튜브와 호스 제조는 인발 튜브 공정입니다. 이러한 튜브형 프로파일링에서 원형 팁(또는 맨드릴)은 원형 다이 내부에 설치되어 공통 중심을 갖는 환형 틈을 형성합니다. 따라서 단면적은 다이 둘레에서 팁 둘레를 뺀 값입니다. 마찬가지로 제품 프로파일(전선 절연 튜브 또는 튜브형 외피)의 단면적은 외측 둘레에서 내측 둘레를 뺀 값입니다. 이 네 가지 면적은 기본적인 기하학 공식을 사용하여 쉽게 계산할 수 있습니다. 그러나 공통 향이 상쇄되므로 DDR(인발률)은 직경 제곱 향을 사용하여 매우 쉽게 계산할 수 있습니다.

인발률을 높이면 틀링의 전단력이 감소합니다. 용융 파단은 처리량이 증가할 때까지 발생하지 않습니다. 따라서 생산 라인 속도를 높일 수 있는 잠재력이 있습니다. 높은 DDR은 또한

팁 드루잉 위험을 줄여줍니다. 일부 제한적인 실험에서, 높은 DDR은 폴리머가 와이어에 더 단단하게 밀착되어 전기적 성능이 향상되는 것으로 나타났습니다.

낮은 드로다운 비율은 틀링의 전단력을 증가시켜 용융 파단이 더 빨리 발생하게 합니다. 그러나 낮은 DDR은 더 안정적인 드로다운 콘을 제공합니다. 이는 콘 파손 경향을 줄이고 직경 제어의 일관성을 향상시킵니다.

실제 생산 속도는 라인 속도와 최종 제품 품질 요구 사항 사이의 적절한 균형을 이루는 속도입니다. 일반적으로 작은 와이어 구조물은 큰 구조물보다 빠르게 생산되며, 직경 제어 및 벽 두께 동심도가 매우 중요한 튜브 제조는 항상 낮은 DDR과 낮은 라인 속도로 진행됩니다.

연신비 균형

연신비 균형(DRB)은 연신 콘의 바깥쪽이 내려오는 속도를 콘 안쪽이 내려오는 속도로 나눈 값입니다. 이상적인 균형은 1.00입니다. 잘못된 DRB는 Everflon™ 불소수지 용융 압출에서 툴링 문제의 가장 흔한 원인입니다. DRB가 1.0보다 훨씬 크면 프로파일 바깥쪽에 과도한 폴리머가 쌓여 찢어짐이 발생합니다. DRB가 1.0보다 훨씬 작으면 프로파일 안쪽에 과도한 폴리머가 쌓여 접힘 현상이 발생합니다. 따라서 툴링 크기를 정확하게 조정하는 것이 우수한 압출에 필수적입니다.

콘 길이 제어

와이어 코팅에서 콘 길이는 크로스헤드 코어 튜브에 뚫린 구멍을 통해 콘 안쪽에 진공을 가하여 단축 및 제어합니다.

이 구멍은 도체 와이어가 통과하는 구멍입니다. 진공 펌프를 사용하여 쉽게 진공을 얻을 수 있으며 니들 밸브로 제어할 수 있습니다.

콘 길이를 줄이면 용융물을 연신하는 데 걸리는 시간이 단축됩니다. 이는 연신율을 증가시켜 콘이 점점 짧아짐에 따라 구멍, 찢어짐, 콘 파손으로 이어집니다. 콘 길이가 너무 길면

콘의 진동이나 흔들림이 눈에 띄게 나타나 최종 제품의 직경 변동을 초래합니다. 진공은 일반적으로 작업자가 조절할 수 있어 콘 길이가 너무 길거나 짧을 때 발생하는 결함 사이에서 안정적인 공정을 유지할 수 있습니다.

튜브 제조에서 콘 길이는 툴링 면에서 진공 탱크 내의 사이징 다이까지의 거리로 결정됩니다. 진공 탱크는 일반적으로 조절 가능합니다. 때때로 드로다운을 돕기 위해 콘 내부에 진공을 적용합니다. 드로다운 비율이 작거나 콘이 더 큰 직경 프로파일로 늘어나는 경우에는 사이징 다이를 완전히 채우기 위해 콘 내부에 공기를 주입하기도 합니다.

용융 온도

용융 온도가 폴리머 점도 및 연신 특성에 미치는 영향은 Everflon™ FEP, PFA 및 ETFE의 용융 압출에서 중요한 요소입니다.

작업자는 공정을 진행할 용융 온도를 선택해야 합니다. 체계적인 실험을 통해 용융 온도와 인출 비율이 생산량과 품질을 좌우하는 가장 영향력 있는 두 가지 공정 설정 요소임이 밝혀졌습니다.

불소수지는 계량부에 들어가기 직전에 완전히 용융되어야 합니다. 계량부에 용융물이 충분히 채워지지 않으면 생산량이 변동될 수 있습니다.

따라서 공정 접촉식 용융 온도 프로브가 필수적입니다. 처리량이 변경되면 용융 온도가 상당히 달라지지만, "열 프로파일"은 동일하게 유지되어야 합니다.

와이어 예열

와이어 코팅 공정 제어 및 후속 케이블 성능은 폴리머 용융물이 와이어에 도포될 때 와이어 도체의 온도에 크게 영향을 받습니다. 도체가 차가우면 끝부분에서 열을 빼앗아 콘 내부에서 용융물 과단이 발생할 가능성이 높아집니다.

따라서 와이어를 예열하는 것이 좋습니다. 일반적으로 인라인 유도 예열기를 사용하여 예열합니다.

하지만 경험적으로 약 150° C를 중심으로 하는 작동 범위가 있는 것으로 나타났습니다. 폴리머와 도체의 접착력은 진공 및 예열 제어를 통해 어느 정도 조절할 수 있습니다.

냉각 거리

튜브 프로파일은 진공 탱크에서 냉각되며, 일반적으로 제어된 온도의 물을 순환시켜 냉각합니다. 와이어 코팅은 공기 중에서 냉각한 후 냉각수를 사용하여 냉각합니다. Everflon™ FEP, PFA 및 ETFE는 다시 고체 형태로 냉각될 때 수축합니다.

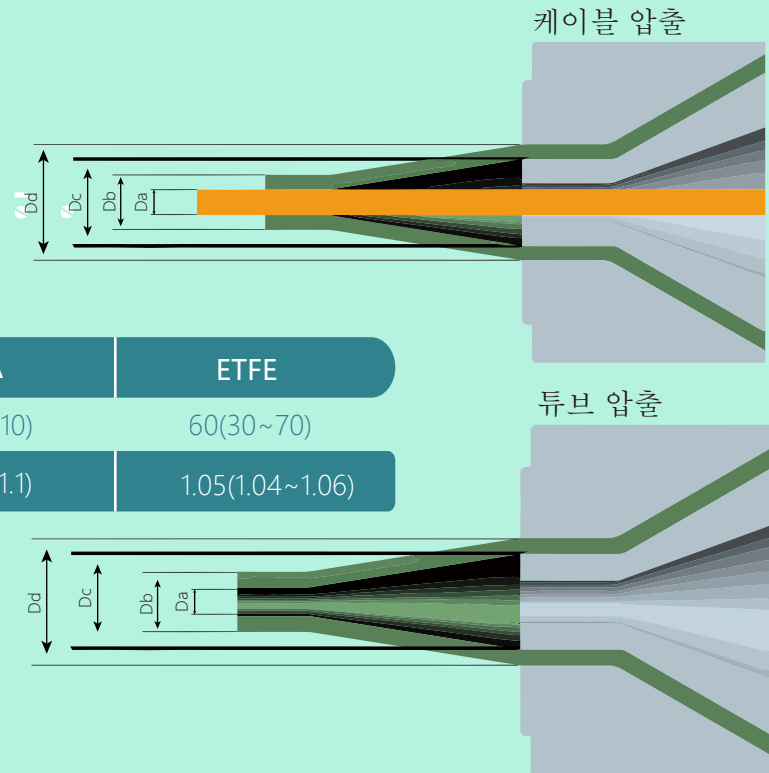
대부분의 폴리머와 마찬가지로 Everflon™ FEP, PFA 및 ETFE는 우수한 절연체입니다. 전선 코팅의 외부 표면을 냉각하여 폴리머 표면을 경화시키면, 내부는 열을 더 천천히 방출하면서 수축하여 전선에서 떨어져 나갑니다. 이로 인해 도체를 따라 발생하는 가변적인 공극은 케이블 성능에 악영향을 미칩니다. 이러한 가변적인 냉각을 방지하는 가장 좋은 방법은 코팅된 전선을 수냉 전에 가능한 한 오랫동안 공기 중에서 냉각시키는 것입니다. 생산 속도가 증가함에 따라 대부분의 공정에서 "공극"의 효과가 떨어집니다. 수냉 효과는 공극 전에 짧은 구간의 온수 냉각을 통해 제어되는 경우가 있습니다. 공간 제약으로 인해 긴 공극을 확보할 수 없는 생산 라인에서는 도체를 따라 공극이 형성되는 것을 방지하는 가장 효과적인 냉각 시스템을 결정하기 위해 실험이 필요합니다.

$$DDR = (D^2d - D^2c) / (D^2b - D^2a)$$

$$DRB = (D^2d - D^2b) / (D^2c - D^2a)$$

Everflon™ 불소수지에 권장되는 **DDR** 및 **DRB**

Materials	FEP	PFA	ETFE
DDR	100(90~110)	100(90~110)	60(30~70)
DRB	1.05(0.9~1.1)	1.05(0.9~1.1)	1.05(1.04~1.06)



시동

시동 전

1. 이전 공정에서 동일한 수지가 기계에 남아 있지 않은 경우, 공급 호퍼, 배럴, 스크류, 브레이크 플레이트, 크로스헤드, 다이 및 팁을 포함한 전체 압출기를 세척해야 합니다. 스크린 팩을 사용하는 경우 세척 시 교체하십시오. 참고: 모든 부품에 내식성 불소수지 합금이 사용되었는지 확인하십시오.
2. 모든 히터 밴드와 전기 연결부의 상태 및 적합성을 점검하십시오.
3. 열전대가 제대로 장착되었고 연결부가 단단히 고정되었는지 확인하십시오.
4. 압력 변환기를 검사하고 고압 연동 차단 장치가 설정되어 있는지 확인하십시오.
5. 헤드를 통과하는 용융 흐름 경로가 막히지 않았는지 확인하십시오.
6. 국소 배기 환기(LEV) 시스템의 공기 흐름이 충분한지 확인하십시오.
7. 압출물 배출을 위해 깨끗한 물을 부분적으로 채운 쉘링 포트를 준비하십시오.

시동 절차

1. 모든 온도 컨트롤러를 177° C로 설정하고 모든 가열 장치가 평형 상태에 도달하도록 하십시오.
2. 모든 온도가 정상적인 속도로 상승하는지 확인하십시오. 히터의 소손 또는 과열을 나타낼 수 있는 편차를 확인하십시오. 스트립 차트 기록기는 온도 컨트롤러와 사이클링을 모니터링하는 데 유용한 방법입니다.
3. 모든 온도 조절기를 288° C로 설정하고, 다시 모든 열이 평형 상태에 도달하도록 합니다.
4. 모든 온도가 정상적으로 상승했는지 확인합니다.
5. 각 온도를 원하는 온도 프로파일로 설정하고 평형 상태에 도달하도록 합니다. 참고: 이 프로파일은 원하는 용융 온도를 얻기 위해 작동 속도에 맞춰 미세 조정된 것입니다. 이 프로파일을 "제어" 용도로 사용하지 마십시오. 특정 프로파일에서 용융 온도는 처리량(RP-M)에 따라 달라집니다.
6. 모든 온도가 설정값에 도달한 후 최소 15분 동안 "열 유지" 시간을 갖습니다. 이는 존재하는 모든 폴리머가 녹도록 하여 스크류 회전 시 불필요한 압력 증가를 최소화하기 위함입니다.
7. 스크류 시동 중에는 압출기 앞에서 있지 마십시오. 역류 현상이 발생할 수 있으므로 공급 호퍼를 직접 들여다보지 마십시오.
8. 스크류를 가동하고 약 10RPM으로 조정합니다. 약 10분 동안 퍼지합니다. 압력이나 전류 급증에 주의하고, 급증이 발생하면 즉시 가동을 중단하십시오.
9. RPM을 약 25로 높이고, 다이가 팁을 중심으로 중앙에 오도록 조정하십시오. 참고: 자동 센터링 헤드의 경우 이 단계는 필요하지 않습니다.
10. 제품 생산을 시작하고, 계획된 생산 속도에서 원하는 용융 온도가 되도록 온도 프로파일을 조정하십시오.

가동 중지 절차

기계를 가동 중지하는 절차는 새로운 생산 공정을 위해 기계를 완전히 종료하고 다시 가동할 것인지, 아니면 동일한 생산을 재개하기 전에 일정 시간 동안 가동을 중단할 것인지에 따라 약간씩 다릅니다.

목적은 고온에 수지가 노출되는 것을 최소화하여 폴리머 변질을 방지하고 다음 생산 공정을 오염시키는 것을 막는 것입니다. 그러나 동일한 수지를 사용하여 장시간 생산하는 기계는 주기적으로 분해하여 청소해야 합니다.

동일한 등급의 수지를 다음 공정에서 사용할 예정이고 장비 내 수지 노출 온도를 최소화하는 경우, 일반적으로 청소는 필요하지 않습니다. 수지 등급을 변경하는 경우에는 분해하여 철저히 청소해야 합니다. 한 등급의 수지를 다른 등급으로 퍼징하여 "시간을 절약"하려는 시도는 삼가야 합니다. 분해 및 청소는 장비가 고온 상태일 때 하는 것이 가장 좋습니다.

압출기 청소 없이 가동 중지

다음 단계를 따라 올바르게 가동 중지하십시오.

1. 공급 호퍼의 배출 슈트를 통해 공급 호퍼를 비우고 남아있는 수지 펠릿을 진공 청소기로 제거합니다.
2. 코팅 와이어를 사용하는 경우, 와이어를 절단하고 크로스헤드에서 제거합니다. 튜브를 제작하는 경우, 용융액 흐름을 사이징 다이에서 분리합니다.
3. 모든 온도 설정을 마지막으로 처리한 수지의 용점으로 낮춥니다.
4. 스크류 회전 속도를 적당히 낮은 속도(10~20RPM)로 줄이고 용융액이 냉각수 버킷이나 용융액에서 발생하는 증기를 제거하거나 포집할 수 있도록 준비된 다른 용기로 배출되도록 합니다.
5. 배럴 압력이 크게 떨어지거나 압출기가 완전히 퍼지되면 온도 설정을 177°C로 낮추고 스크류를 정지합니다.

참고: 4단계와 5단계는 온도가 크게 떨어지기 전에 완료해야 합니다.

6. 브레이크 플레이트와 스크린 팩을 사용하는 경우, 헤드를 분리하고 제거하여 청소합니다.

압출기 청소를 포함한 종료

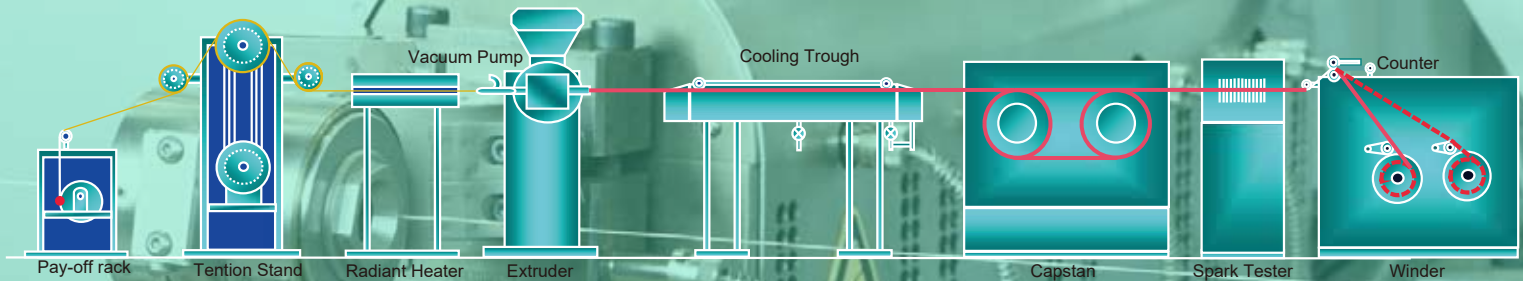
다음 단계를 따라 올바르게 종료하십시오.

1. 위에서 설명한 대로 공급 호퍼를 비웁니다.
2. 와이어 코팅을 하는 경우, 와이어를 멈추고 크로스헤드에서 분리하십시오. 튜브를 만드는 경우, 용융물을 사이징 다이에서 분리하십시오.
3. 모든 온도 설정을 낮추십시오. Everflon™ FEP 및 PFA의 경우 약 288°C로 조정하십시오. Everflon™ ETFE의 경우 온도를 약 177°C로 조정하십시오. 스크류 속도를 적당히 낮은 속도(10~20RPM)로 줄이고 용융물이 웬칭 포트에 배출되도록 하십시오.
4. 압출기가 비어 있는 것처럼 보이면 스크류를 멈추십시오.
5. 헤드 히터를 끄고 분리하십시오.
6. 헤드를 분해하고 아직 뜨거운 때 배기 후드 작업대에서 청소하십시오. 툴링과 코어 튜브를 제거하고 구리 또는 황동 스패들라와 브러시로 청소하십시오. 모든 히터와 열전대를 제거하십시오. 작은 부품은 적절한 머플로에서 조각할 수 있습니다. 프로판 토치로 "태워 없애지" 마십시오. 불균일한 가열로 인해 부품이 변형될 수 있습니다.
7. 와이어 브러시와 구리 수세미를 사용하여 청소하면서 나사를 천천히 밀어냅니다. 프로판 토치를 사용하여 레진을 "태워 없애지" 마십시오. 합금의 경도가 저하되거나 변형될 수 있습니다. 나사가 완전히 제거되고 청소될 때까지 반복합니다.
8. 구리 수세미로 배럴을 청소한 다음, 리밍 브러시 헤드에 면 거즈를 감아 광택을 냅니다.
9. 히터를 끄고 공정 전원을 차단합니다.

앞서 언급했듯이, 540°C로 설정된 환기식 머플로를 사용하여 작은 부품을 세척할 수 있습니다.

전선 코팅

그림은 일반적인 전선 코팅 라인을 보여줍니다. 이 라인은 원하는 생산 속도에서 변동이나 편차 없이 균일한 장력으로 전선을 공급할 수 있어야 합니다. 전선 공급 장치, 장력 제어 장치, 예열기 및 권취 장치는 일반적으로 다양한 전선 크기에 맞춰 설계됩니다. 장시간 연속 전선 절연 작업은 낫짓줄을 릴에서 풀어내는 것처럼 전선을 풀어주는 "플라이" 방식의 공급 장치를 통해 용이하게 수행됩니다. 최근에는 많은 설비에 인라인 전선 인발기가 포함되어 있습니다. 이는 동일한 크기의 전선을 매우 긴 길이로 절연할 때 효과적인 방법입니다. 크고 단단한 케이블 구조에는 일반적으로 특수 대형 곡선 장비가 필요합니다.



대구경 케이블(다중 도체)의 피복

대구경 케이블의 피복은 다음과 같은 이유로 특별한 기술이 필요합니다.

- 유한한 길이와 다중 도체 코어의 높은 값 때문에 수율이 매우 중요합니다.
- 케이블의 직경이 크기 때문에 높은 인발비를 사용할 수 없습니다.
- 케이블이 너무 뻣뻣해서 일반적인 캡스틴이나 장력 제어 장치로 다루기 어려운 경우가 많습니다.
- 1차 도체는 저온용 내부 테이프로 고정할 수 있습니다.
- 두꺼운 벽 두께가 필요한 경우가 많습니다.

일반적인 전선 코팅 라인에서 대부분의 소구경 도체는 풀리를 잘 통과합니다. 대구경 케이블의 경우 압출기 앞쪽과 쉐딩 트로프 뒤쪽, 권취 장치 바로 전에 각각 장력 제어 장치 하나씩을 배치하는 것이 가장 좋습니다. 용융 압출물을 "잘라내고" 크로스헤드 다이 너트를 조정하여 압출물이 새로 잘라낸 후 직선으로 흘러나오도록 하면 적절한 센터링을 얻을 수 있습니다. 실제 피복할 케이블과 직경이 유사한 기관 케이블이나 로드를 사용하여 센터링 및 라인 속도를 설정하면 초기 손실을 더욱 최소화할 수 있습니다.

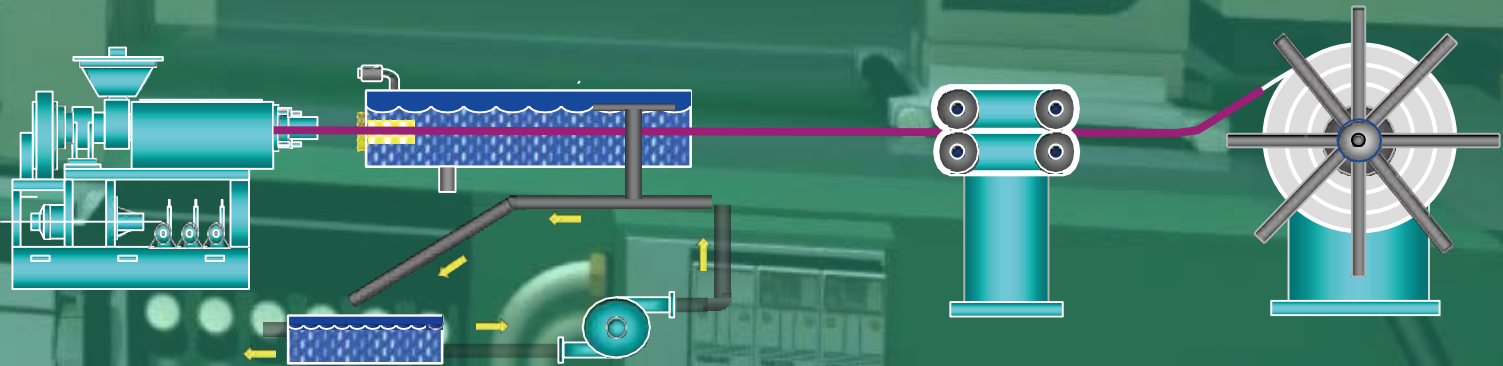
틀링 크기는 케이블 크기와 크로스헤드의 치수에 따라 결정됩니다. DDR은 일반적으로 매우 작기 때문에 생산 속도 또한 제한적입니다. 틀링의 랜드 길이는 피복에 용접선이 생기지 않도록 충분한 배압을 생성할 수 있어야 합니다. 피복의 조임 정도는 헤드 코어 튜브 후면에 진공 또는 공기압을 가하여 조절합니다. 케이블 기관이 수분을 흡수하는 내부 테이프(예: 아라미드 섬유)로 감싸져 있는 경우, 피복 압출 중 기포 발생을 방지하기 위해 전체 케이블을 130~150° C에서 최소 10~12시간 동안 건조해야 합니다.

파이프 및 튜브

튜브 압출 공정은 전선 코팅 공정과 유사합니다. 그러나 세부적인 기술은 다르며 제조되는 튜브의 크기와 종류에 따라 달라집니다. 크로스헤드형 다이가 사용될 수도 있지만, 인라인 헤드가 더 일반적으로 사용됩니다.

튜브와 파이프는 Everflon™ 불소수지로 압출할 수 있습니다. 이러한 압출 제품은 주로 부식성 화학 물질 운송에 사용되며, 드물게는 라이닝 용도로도 사용됩니다.

튜브 압출은 전선 절연 공정과 매우 유사합니다. 공정 세부 사항은 튜브의 크기와 종류에 따라 달라집니다. 튜브는 인라인 다이와 크로스헤드 다이 모두를 사용하여 제조할 수 있습니다. Everflon™ FEP 튜브는 외경이 1mm에서 20mm 이상까지 생산할 수 있습니다. 이 범위는 외경 크기에 따라 소형, 중형, 대형의 세 가지 공정 영역으로 나뉩니다. 사이징 다이는 압출 제품의 외경을 결정하고, 라인 속도는 내경을 결정합니다. 권취 속도, 다이 간격, 그리고 다이의 내경과 팁의 외경 차이가 케이블 벽 두께를 결정합니다.



소형 튜브(스파게티 튜브)

소형 튜브(외경 5mm 미만, 벽 두께 1mm 미만)는 일반적으로 자유 압출 방식으로 생산됩니다. 이는 와이어 코팅과 유사하지만 와이어가 없다는 점이 다릅니다. 크기와 벽 두께는 툴링 치수와 압출기 출력과 튜브 권취량 사이의 균형에 따라 달라집니다. 툴링 선택은 와이어 코팅에 사용되는 것과 유사할 수 있지만, 훨씬 낮은 드로우다운 비율(DDR)이 사용됩니다. 일반적으로 7:1~10:1 범위의 DDR이 사용됩니다.

담금질조 입구에 위치한 사이징 다이를 사용하여 외경을 제어할 수 있습니다. 사이징 다이가 "채워지도록" 테이블 내부에 약간의 공기압을 가하는 것이 도움이 될 수 있습니다.

중형 튜브

직경 10mm 이상의 튜브는 진공 사이징 방식으로 제작되는 경우가 많습니다.

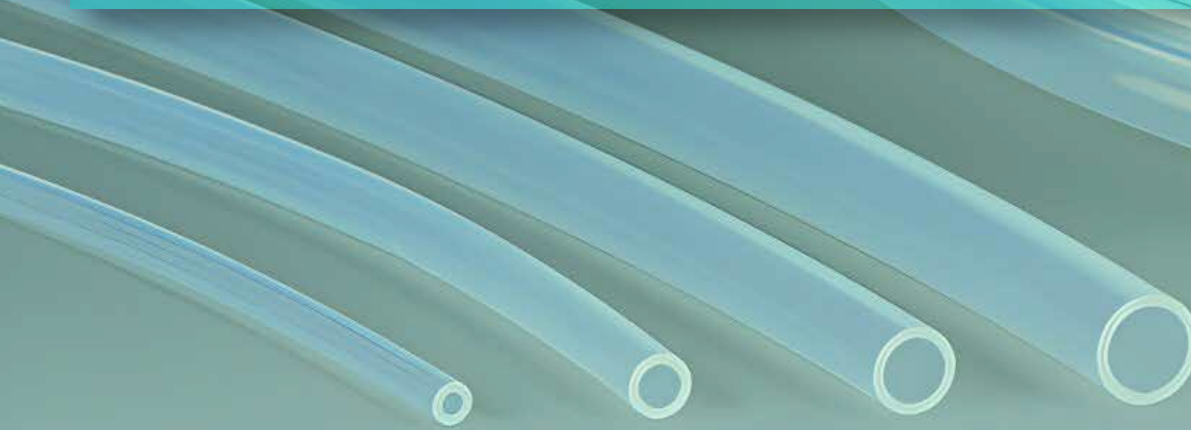
이 공정은 튜브 내부에 추가적인 압력을 가하여 다이를 "채우는" 것이 아니라, 다이 주변의 진공이 그 역할을 합니다. 따라서 제작된 튜브는 양쪽 끝이 열려 있어 공정에 영향을 주지 않고 원하는 길이로 절단할 수 있습니다. 소형 튜브 제작에 사용되는 것과 유사한 크기의 툴링을 사용할 수 있습니다. 특히 후속 공정에서 튜브의 사이징을 해야 하는 경우, 낮은 DDR(용융 배향률)이 중요합니다. 이는 콘에서의 배향을 감소시킵니다.

높은 용융 배향률과 후성형 공정은 폴리머의 연신 한계에 근접하여 파손이나 균열을 초래할 수 있습니다.

대형 박벽 튜브

직경 12~30mm, 벽 두께 0.3~0.8mm의 박벽 튜브는 연장 맨드릴 방식으로 제작되는 경우도 있습니다.

테이퍼형 황동 맨드릴 연장부가 가이드 또는 팁에 부착됩니다. 가이드는 일반적으로 용융물의 파손을 방지하기 위해 전기 가열 방식으로 가열되며, 맨드릴은 불소수지 용융물을 응고시키고 점착을 방지하기 위해 냉각되거나 오일로 아주 약간 가열됩니다.



필름 및 시트

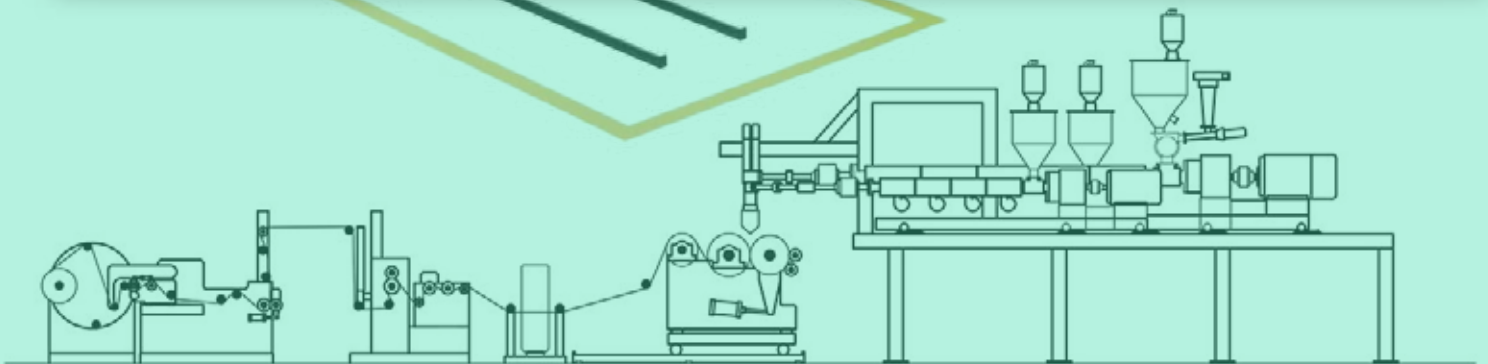
에버플론™ 불소수지 필름은 극한의 고온 및 저온 환경과 부식성 화학 물질에 사용되는 다양한 응용 분야에 활용됩니다. 예를 들어, 에폭시 및 페놀 수지를 사용하여 고온 부품을 압축 성형할 때 이형 시트로 사용됩니다. 또한 일반적으로 라이너로도 사용됩니다. 한 예로, 제지 산업과 같은 화학 공정 산업에서 금속 롤의 부식을 방지하기 위한 롤 커버로 사용됩니다. 그 외에도 태양열 집열기용 유리, 가스 및 액체 샘플 백, 의약품 및 식품 포장재 등에 사용됩니다. 부분적으로 불소화된 에버플론™ 불소수지는 특히 우수한 인장 강도와 탄성률을 제공하여 기계적 강도가 요구되는 응용 분야에 적합합니다.

에버플론™ 불소수지 단축 및 이축 배향 필름은 수지를 용융 압출하여 평판 또는 튜브 형태로 제조됩니다. 배향의 주요 기능은 인장 파괴 강도 및 인열 저항과 같은 필름의 기계적 특성을 향상시키는 것입니다. 배향 여부는 일반적으로 최종 용도의 기계적 특성 요구 사항에 따라 결정됩니다.

평평한 불소수지 필름을 압출하는 데 가장 일반적으로 사용되는 다이는 코트 행거형 다이입니다. 그림은 코트 행거형 다이의 개략도를 보여줍니다. 에버플론™ 불소수지 용융물은 다이의 측면 중앙 부근에서 유입되어 다이의 양쪽 끝으로 향하게 됩니다. 용융물은 다이의 출구 쪽으로 각도가 기울어진 채널을 통과하면서 다이의 폭 전체에 걸쳐 분포됩니다. 에버플론™ 용융 수지는 다이 갭을 통해 출구 슬롯(다이 립이라고도 함)으로 흐릅니다. 이 갭은 두 개의 평평한 금속판으로 형성되며, 다른 유형의 다이에서와 마찬가지로 랜드 영역이라고 합니다. 두 금속판은 일반적으로 여러 부분으로 구성되며, 각 부분은 독립적으로 조정하여 압출 필름/시트의 두께를 더욱 정밀하게 제어할 수 있습니다.

다이는 채널이 용융물의 흐름을 제한하여 모든 용융물이 동일한 전단력을 받도록 설계되었습니다. 이동 거리는 유동 채널에 설계된 제한 요소에 의해 균등화됩니다.

결과적으로 다이의 중앙과 양 끝단에서 유량이 동일해지므로 균일한 웹 두께를 얻을 수 있습니다. 이는 다이 중앙부의 유동이 가장 제한적임을 의미합니다. 이러한 방식의 장점 중 하나는 다이 내 체류 시간이 균일하다는 것입니다. 이러한 유동 방식을 플러그 유동이라고 하는데, 용융물이 다이를 통과하는 동안 내부 전단력이 발생하지 않기 때문입니다.



문제 해결 가이드

가공 편차

용융 파손

압출 속도 너무 느림

스파크 불량

기포 발생

두께 편차

중심 불량 또는 원형 불량

핀홀, 찢어짐

큰 파손

가능한 원인

문제

가능한 원인	용융 파손	압출 속도 너무 느림	스파크 불량	기포 발생	두께 편차	중심 불량 또는 원형 불량	핀홀, 찢어짐	큰 파손
오염			●				●	●
레진 온도 과소	●	●					●	●
다이 온도 과소	●	●					●	●
압출 속도 과다	●		●				●	●
큰 길이 과소							●	●
용융액 내 기포			●				●	●
기관이 더럽거나 젖었거나 거칠음			●				●	●
과도한 드로우다운			●				●	●
냉각수 튀김			●					●
가이드 팁 중심 불일치			●			●		
가이드 팁 중앙 구멍 과다						●		
불충분한 수냉						●		
용융 장력 부족						●		
부적절한 드로우 비율 균형						●	●	●
레진 공급 급증					●	●		
부적절한 스크류 설계		●			●			
와이어 속도 변화					●			
진공 변화					●			
큰 길이 과다					●			
와이어 직경 변화					●			
후면 배럴 온도 과소		●						
드로우다운 과소	●	●						
에어 잭 과다				●				
기관 가스 방출			●	●				
레진 체류 시간 과다				●				
레진 온도 과다				●				
부적절한 다이 또는 팁 설계								●
습윤한 레진 또는 안료			●	●			●	●

문제 해결 가이드

압출물 외관

가능한 원인 Problem

	색 변	표면 거칠기	불량 침착 색소	균열 절연	기포	오염
부식 생성물						●
국부적인 수지 잔류	●				●	●
수지 온도 과다	●		●	●	●	●
압출기 호퍼 오염						●
부적절한 취급 또는 보관				●		●
지연 시간 과다	●			●	●	
과도한 장력				●		
끊어진 가닥 또는 날카로운 기관					●	
공기 혼입					●	
과도한 와이어 예열					●	
습윤 수지					●	
오염된 기관					●	
부적절한 담금질로 인한 수축 기포						
다이 온도 과다		●		●		
다이 압력 과다		●				
수지 온도 과다		●		●		
오염		●				
불량한 다이 표면		●				
부적절한 가이드 팁 위치		●				
불량 용융물 드로잉		●		●		
수지에 흡수된 수분		●				
베이스 와이어 또는 케이블 표면 거칠기		●				
용접선 (부적절한 다이 및 팁)		●		●		
부적절한 색상 농축액 희석 비율			●			
안료 분산 불량			●			
압출 속도 과다		●				
부적절한 색상 농축액			●			

문제 해결 가이드

성형 불량 문제

양 끝 불량

전단성 불량

부은 파단력

넉은 파단력

넉은 절연 강도

넉은 인장 강도 또는 연신율

가능한 원인

문제

불충분한 와이어 가열

기포 또는 공극

동심도 불량

오염

콘 길이 너무 짧음

콘 길이 너무 김

라인 속도에 비해 에어 갭이 너무 짧음

라인 속도에 비해 에어 갭이 너무 김

과도한 열화

코팅이 너무 얇거나 불균일함

불충분한 와이어 가열					●
기포 또는 공극	●			●	●
동심도 불량	●	●			
오염				●	●
콘 길이 너무 짧음			●		
콘 길이 너무 김				●	
라인 속도에 비해 에어 갭이 너무 짧음				●	
라인 속도에 비해 에어 갭이 너무 김			●		
과도한 열화	●				●
코팅이 너무 얇거나 불균일함	●	●		●	●



Everflon Academic Center

Tel: +86-185-7168-9228

info@everflon.com

www.everflon.com

당사, 제품 및 서비스에 대한
자세한 정보는

www.everflon.com 또는

www.everflon-korea.com

웹사이트를 방문하십시오.