

PROCESSING GUIDE



# Injection Molding

사출 성형 가이드

## 목차

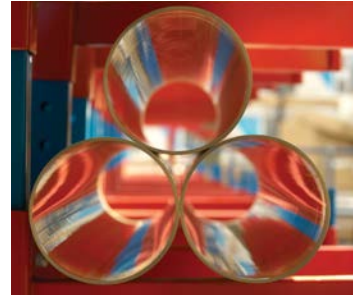
소개	2
일반 공정 준비	2
취급	2
건조	2
재연삭	3
열안정성	3
유동성 및 가공성	3
퍼징	4
기계 설계	5
금형 재질	5
배럴 히팅	5
배럴 용량	5
노즐 및 정지 시스템	6
조임압력	6
스크류	6
금형 설계	7
금형 재질	7
배기	7
히팅	7
스프루	8
게이팅	8
핫 런너	8
기계 환경설정	8
온도 설정	8
스크류 속도	9
배압	9
사출 압력	9
보압	9
수축	9
허용 오차	10
금속 인서트	10
운전시간/냉각시간	10
공정 시뮬레이션	10
첨단 성형 기술	11
문제 해결	12

경쟁이 치열해 지는 오늘날 고객은 첨단원료 공급업체가 단순한 물건 공급 이상의 것을 제공해 주기를 기대합니다. 적절한 제품 선택, 최적의 가공 조건과 함께 제품 설계까지 고려된 고기능성 폴리머의 제공은 가장 저렴한 부품 비용으로 제품의 적용 가치를 극대화하고, 높은 생산성을 이루도록 합니다. 제품의 설계 및 원료 선택과 함께 공정 최적화는 고객의 제품 품질과 생산성을 더욱 증대 시키는데 중요한 요소입니다.

빅트렉스 폴리머 솔루션즈는 30년 이상의 경험을 바탕으로 고객들이 폴리아릴에테르케톤 (Polyaryletherketones, PAEK) 폴리머 제품들을 최대한 활용할 수 있도록 도와줄 수 있는 유일한 업체입니다. 광범위한 온도와 극한 환경에서 우수한 성능을 제공하는 다양한 빅트렉스 PEEK 폴리머 제품을 선보이고 있습니다. 그리고 각 제품은 표준 장비로 쉽게 가공할 수 있습니다.

빅트렉스 폴리머 솔루션즈는 고객들에게 폴리아릴에테르케톤을 위한 설계, 소재 선정, 공정 지원을 아우르는 뛰어난 기술력을 제공합니다. 이러한 노력의 일환으로, 이 가이드를 통해 고객들이 압출 공정 조건을 최적화하는데 도움을 주고자 합니다. 그리고 전 세계 빅트렉스 기술팀은 고객의 시제품 개발과 적용상품 개발, 설계 및 시뮬레이션을 도울 뿐 아니라 빅트렉스 제품으로 금속을 대체해 사용할 수 있도록 지원하고 있습니다.

빅트렉스는 기술 센터를 계속 늘려, 빅트렉스 PEEK 폴리머 전 제품을 시험할 수 있도록 지원하는 가공 장비를 갖추고 실제 가공 훈련과 다양한 소재 분석 및 특성 파악 서비스를 제공하고 있습니다. 그리고 특정 응용 프로그램에 맞춘 데이터를 작성하고, 계속 늘어나는 광범위한 제품 및 응용제품을 토대로 데이터세트를 개발하고 있습니다. 또한 지식을 넓히고 고객들을 위한 더욱 창조적인 솔루션을 개발하는데 도움을 받기 위해 학계와 협력하여 많은 업계 주도의 연구 프로젝트에 참여하고 있습니다.



## 빅트렉스™ PEEK

빅트렉스 HT™ 폴리머, 빅트렉스 ST™ 폴리머 등 빅트렉스™ PEEK 폴리머는 세계 최고의 열가소성 소재 중 하나로 여겨집니다.

제품은 용융 여과된 입상, 가공된 미세분말 또는 다양한 기능성 보강재와 강화재가 포함된 화합물 등 다양한 형태로 제공되고 있습니다. 이러한 소재들은 고기능 제품을 설계, 생산할 때 금속이나 다른 소재를 대체하여 제품의 성능을 개선하고 설계의 유연성을 높이며 시설비를 절감하고 있습니다.

### 우수한 내열성

260°C의 온도에서 지속적으로 사용할 수 있는 우수한 내열성을 갖춰, 수명을 늘리고 신뢰도를 향상시키며 극한 환경에서의 안전마진을 높입니다.

### 기계적 물성 및 치수안정성

빅트렉스 소재의 우수한 강도, 인성, 장기 크리프, 피로 특성 때문에 내구성과 강도가 높은 경량 부품을 설계할 수 있게 합니다.

### 내마모성

습하거나 건조한 환경에서 마찰계수가 낮고 내마모성이 우수해 부품의 수명과 온전성을 유지하는데 도움을 줄 수 있습니다.

### 내화학성

다양한 산성, 염기, 탄화수소, 유기용매에 내구성이 높아, 더 높은 온도에서도 부식되지 않습니다.

### 내가수분해성

빅트렉스 소재는 수분 흡수율과 침투성이 낮아 고온에서도 물, 증기 또는 해수에 가수분해되지 않기 때문에 부품의 신뢰도를 높이는데 유용하게 사용될 수 있습니다.

### 전기적 성능

다양한 주파수와 온도 범위에서 우수한 전기적 특성을 유지해 어려운 전기 및 전자 공학의 요구사항을 충족시킵니다.

## APTIV™ 필름

APTIV™ 필름은 빅트렉스 PEEK 폴리머의 모든 특성을 앗고 유연한 필름 형태로 제공합니다.

열성형 가능성과 우수한 음향 성능을 포함한 다양한 특성은 고기능 다목적성 열가소성 필름을 만들 수 있게 합니다. APTIV 필름은 시설비를 절감하고 제품 성능을 향상시키면서 설계의 유연성을 높이고 가공을 용이하게 하는 기술을 실현시킵니다.

## VICOTE™ 코팅

VICOTE™ 코팅은 빅트렉스 PEEK 폴리머로 만든 다양한 친환경 고기능 코팅 전용제품입니다.

분말 및 액상 분말 방식은 우수한 내열성, 내스크래치성, 내마모성, 고강도, 내구성을 높입니다. 기존의 코팅 기술과 비교할 때, 이 코팅 기술은 성능을 높이고 제품의 수명을 연장시키며 다양한 설계를 가능하게 하고 시스템 비용을 절감시킬 수 있습니다.

## 빅트렉스 파이프™

빅트렉스 파이프™는 빅트렉스 PEEK 폴리머에서 압출성형된 내구성 있는 경량 파이프 및 튜브로, 우수한 내열성과 독특한 물성 조합을 이루고 있습니다.

금속과 다른 폴리머를 대신할 수 있는 빅트렉스 파이프는 폴리머로 만든 파이프와 튜브에 내화학성, 내부식성, 개투과성, 내마모성, 내충격성의 혜택을 제공합니다.

### 연기 및 유독가스 배출 최소화

첨가물을 사용하지 않고 본래 자기소화성(self extinguishing)을 지녀 유해가스를 적게 방출합니다.

### 순도

가스방출과 입자발진이 상당히 적어 보다 깨끗한 환경에서 제품 생산이 가능합니다.

### 환경친화성

100% 재활용 가능하고 할로겐을 포함하지 않으며, RoHS와 REACH 인증 마크를 획득했습니다.

### 품질 보장 및 공급 안정성

모든 생산 공정은 ISO 9001:2008 등록 및 EU 안전 및 환경보호 법률에 따라 진행됩니다. 빅트렉스는 각 폴리머 제품군마다 50회 이상의 시험을 실시하는 등 세부적인 부분까지 꼼꼼하게 신경 써 고객들에게 우수한 품질의 일관된 제품을 제공합니다.

빅트렉스는 수직 통합형 폴리케톤 용액을 공급하는 세계 유일의 업체로서, 폴리머의 품질을 일관되게 유지하는데 필수적인 주요 원자재를 완벽하게 관리하고 있습니다.

수요보다 생산능력을 늘리는 정책으로 고객들에게 제품을 안정적으로 공급해줄 수 있는 탁월한 능력을 갖추고 있습니다. 빅트렉스는 독립적으로 운영되는 2개의 폴리머 공장을 가동하고 있어, 중앙 물류 시스템과 각국 배급창고를 통해 보통 7일 이내에 전 세계 어디라도 신속하게 납품할 수 있습니다.

## 소개

빅트렉스 소재는 선형 방향족 결정성 열가소성 물질로, 일반적인 열가소성 수지의 가공 장비에서 가공될 수 있는 최고의 고기능 소재로 널리 알려져 있습니다. 결정성 폴리머에 적용되는 모든 일반 성형 지침이 빅트렉스 소재의 사출성형에도 적용됩니다. 빅트렉스 소재는 용융점이 더 높아 몇 가지 특별한 주의를 기울여야 합니다. 이 내용은 아래에서 간략하게 설명하고 있습니다.

### 온도:

가스화 장치는 빅트렉스 PEEK 폴리머 가공 시 최대 400°C, HT와 ST 가공 시 최대 430°C로 조절하며 작동할 수 있어야 합니다. 원하는 소재 기능을 갖춘 표준 결정화도의 부품을 생산하려면 금형 표면 온도가 최저 170°C에 도달해야 합니다.

### 함수율:

빅트렉스 소재는 흡습성은 갖고 있지 않지만 성형 전에 건조시켜야 합니다.

### 청결:

오염되지 않아야 합니다. 건조를 위한 전용 트레이드와 망을 추천드립니다.

### 게이트 및 런너:

여기에서는 다른 엔지니어링 폴리머나 고기능 폴리머를 성형하는데 사용되는 것보다 더 큰 게이트와 런너를 사용합니다.

이 내용은 다음 섹션에 자세히 설명되어 있습니다. 부품 설계는 본 문서에서 다루지 않는 사항이지만, 일반적인 플라스틱 설계 지침이 다른 열가소성 소재에 적용되는 것처럼 빅트렉스 소재에도 적용됩니다. 기술팀의 설계 도움을 받으려면 빅트렉스 담당자에게 문의하십시오.

## 일반 공정 준비

### 취급

빅트렉스 소재는 단단한 하드보드 박스 안에 폴리에틸렌 백으로 밀봉하거나 팔레트 팔각박스 상태로 공급됩니다. 이 소재는 운반 및 보관 중에도 원래의 밀봉포장 상태로 유지되어야 합니다. 사용할 때에는 반드시 깨끗한 장소에서 개봉하고 이물질에 오염되지 않도록 주의해야 합니다. 사용 후 남은 소재는 즉각 재밀봉하고 표준 조건 하에 보관해야 합니다. 표준 조건이란 밀봉된 상태로 습기 없는 장소에 직사광선을 피해 쾌적한 온도에서 보관하는 것을 의미합니다. 빅트렉스 소재는 표준 조건에서 10년 이상 보관할 수 있습니다.

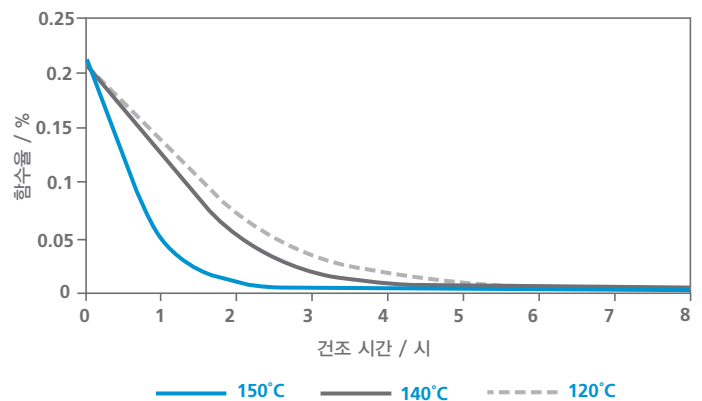
### 건조

빅트렉스 소재는 원래 포장 시 건조된 상태로 공급됩니다. 그러나 대기수분을 흡수할 수 있습니다. 최적의 가공 및 성능을 얻으려면 펠렛을 건조시켜 수분 함유도를 0.02% 이하로 낮추어야 합니다.

빅트렉스 소재는 표준 공기순환 오븐에서 쉽게 건조할 수 있고, 150~160°C에서 2~3시간이면 건조된 것으로 간주할 수 있습니다. 트레이에 건조할 때 펠렛의 깊이는 25mm를 넘지 않아야 합니다. 그림 1처럼 진공 오븐이나 제습 건조기를 사용하면 더 빨리 건조할 수 있습니다. 제습 건조기는 -40°C의 이슬점이나 포화온도를 유지할 수 있어야 합니다.

소재의 교차 오염을 예방하려면 빅트렉스 소재 전용 장비를 사용하는 것이 바람직합니다. 전용 장비를 사용하는 것이 여의치 않거나 여러 소재를 동시에 오븐에 건조해야 하는 경우 잘 관리하고 적절히 격리하는 것이 좋습니다.

그림 1: 몇 가지 온도에서 제습 건조기에(이슬점 -40°C) 빅트렉스 PEEK 450G 건조



## 분쇄

대부분의 열가소성 소재는 사용을 최적화/극대화하는 것이 일반적입니다. 즉 분쇄된 스프루, 런너, 불량부품은 항상 재사용한다는 의미입니다. 빅트렉스 소재는 권고한 가공조건에서 가공할 경우 열안정성이 우수해 이렇게 재사용하기에 적합합니다. 따라서 열적 분해라는 역효과를 야기하지 않고 비보강 제품군에서 연삭된 소재를 회수할 수 있습니다. 섬유로 보강된 제품군의 경우, 재사용하면 섬유 길이가 짧아지고 이에 따라 기계적 성능에 역효과를 야기할 것입니다. 분쇄품 사용의 일반 지침은, 비보강 폴리머의 경우 중량기준 30%로 제한하고 보강 화합물의 경우 중량을 최대 10%로 제한하는 것입니다. 그러나 이는 고객이 검증하는 것이 바람직합니다. 또한 재사용할 때 다른 폴리머와 분쇄 장비에서 외부 및 교차 오염이 발생할 수 있다는 것을 기억해야 합니다. 빅트렉스 소재는 고온에서 가공하기 때문에 오염되면 흑점이 생겨 생산된 부품의 품질에 상당한 영향을 미칠 수 있습니다. 그래서 전용 분쇄된 장비를 사용하는 것이 가장 바람직합니다.

## 열안정성

빅트렉스 소재의 열안정성은 폴리머와 구성 별로 광범위하게 구분될 수 있습니다. PEEK, HT, ST는 용융점과 가공온도가 높아 열안정성이 낮습니다. 그리고 유리섬유로 보강된 제품은 열안정성이 더 낮습니다.

이러한 제품을 고온에 장시간 있게 하지 않는 것이 바람직하지만, 어쩔 수 없는 상황에서는 다음 지침을 따라야 합니다.

- 가공 중 단시간 작업이 중단되는 경우, 원료는 큰 열적 분해 없이 용융점 이상의 낮은 온도에서 유지될 수 있습니다. PEEK와 HT의 경우에는 각각 약 360°C에서 1시간 또는 380°C에서 30분 동안 유지될 수 있고, 유리섬유 보강 제품을 성형하는 경우 시간이 50% 더 줄어야 합니다. ST 제품을 성형할 때는 가동중단이 5~10분을 넘어서는 안 되고, 특히 유리섬유 보강 제품을 가공할 때 더욱 그렇습니다.
- 작업이 최대 1~2시간 동안 지연될 것으로 예상되는 경우, 온도는 소재의 용융점에서 약간 낮춰야 합니다. 즉, PEEK는 340°C, HT는 370°C로 낮춰야 합니다. ST기반의 제품은 더 오랜 시간 동안 배럴 안에서 그 온도에 남아 있어서는 안 됩니다.
- 더 오래 지연되는 경우, 배럴을 완전히 퍼징하고 철저히 세척해야 합니다.

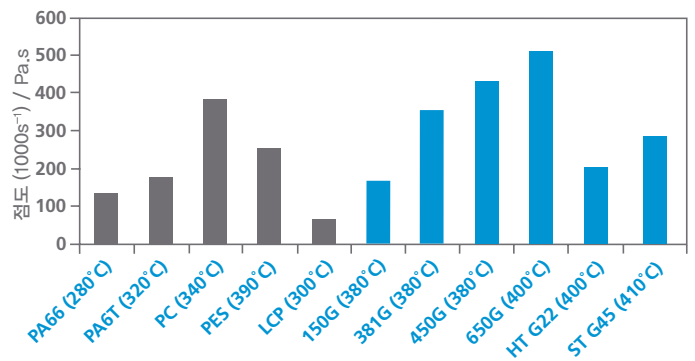
공정 중단상황이 종료되면, 배럴 온도는 권장 온도로 회복되어야 합니다. 배럴은 용융물이 깨끗해질 때까지 새로운 물질로 퍼징해야 합니다. 처음 몇 번의 성형물은 버리는 것이 낫습니다. 제품에 관한 권장사항은 빅트렉스 담당자가 제공하는 제품 데이터 시트에서 확인할 수 있습니다.

## 유동성 및 가공성

대부분의 열가소성 소재처럼, 빅트렉스 소재의 용융점도는 온도에 따라 다르고 전단담화 현상을 보입니다. 빅트렉스 소재와 다른 여러 엔지니어링 플라스틱의 경우 전단속도 1000s<sup>-1</sup>에서 용융점도의 상대적 구성은 그림 2와 같습니다. 빅트렉스 소재는 가장 가공 온도가 높은 소재 중 하나이지만, 이들의 용융점도는 폴리카보네이트(PC) 용융 범위에 있습니다.

또한 빅트렉스는 PA 소재와 유사한 점도의 박막성형을 위한 다양한 고유동 소재를 갖추고 있습니다.

그림 2: 여러 열가소성 소재의 일반 가공 온도에서 전단속도 1000s<sup>-1</sup>에서의 전단점도



최첨단 시험장비를 이용해 전단점도 측정합니다.

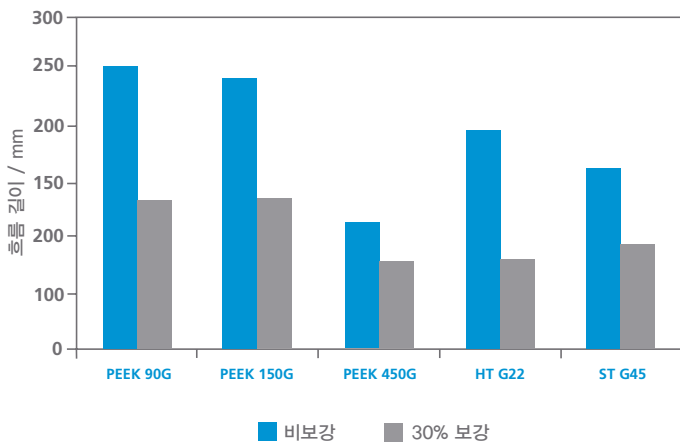




정확한 공정 조정을 통해 고품질 성형물을 얻을 수 있습니다.

PEEK 450을 기반으로 한 소재들은 PEEK 150과 PEEK 90을 기반으로 한 소재보다 점도가 더 높습니다. 빅트렉스 폴리머를 유리섬유 또는 탄소섬유와 혼합하면 보강재 유형과 함량에 따라 점도가 높아집니다. 그 결과 1mm 두께의 스파이럴 금형에 비보강 소재와 30% 보강된 혼합물의 흐름 길이는 그림 3과 같습니다.

**그림 3: 권장 가공 조건에서 다양한 빅트렉스 소재의 스파이럴 흐름 길이 (단면 1mm x 6mm)**



## 퍼징

빅트렉스 소재와 혼합물은 완전히 깨끗한 장비에서 가공하는 것이 이상적입니다. 사출 성형기의 경우, 기계적 세척을 위해 배럴의 스크류를 제거해야 할 것입니다. 스크류 제거가 불가능한 경우, 퍼징 작업이 중요합니다. 적절한 퍼징 소재는 최대 380°C에도 안정성을 유지하는 소재입니다(적절히 주의하여 PES와 PET를 사용할 수 있음). 그렇지 않으면, 빅트렉스 소재의 가공 온도에서 사용하도록 고안된 퍼징 재료를 구매해 사용할 수 있습니다.

### 작업 전 퍼징 요령

빅트렉스 소재를 가공하기 전에 다른 폴리머의 잔류물을 장비에서 제거해야 합니다. 빅트렉스 소재는 고온에서 가공하므로, 다른 폴리머에서 발생하는 교차 오염은 변성을 일으키고 흑점을 생성시킬 것입니다.

- 퍼징은 제거할 소재의 가공 온도에서 해야 합니다.
- 제거하는 소재의 흔적이 보이지 않을 때까지 퍼징 원료를 주입합니다.
- 퍼징 원료 주입을 중단하고 스크류를 비웁니다.
- 배럴 히터를 빅트렉스 소재 가공 온도에 맞게 설정합니다.
- 가공 온도에 도달하면, 빅트렉스 소재를 스크류에 넣고 깨끗한 용융물이 나올 때까지 압출합니다.

### 작업 후 퍼징 요령

다른 원료를 가공하기 전에 빅트렉스 소재를 가공 장비에서 제거해야 합니다. 질화물 층이 있는 장비를 사용하는 경우 이 작업은 중요합니다. 빅트렉스 소재가 금속 위에서 굳으면 질화물 층이 벗겨질 수 있습니다.

- 빅트렉스 소재의 호퍼와 배럴을 비웁니다.
- 제거하는 소재의 흔적이 보이지 않을 때까지 퍼지를 주입합니다.
- 모든 배럴부의 설정을 퍼징 원료에 적합한 안정적 온도로 낮춥니다.
- 실제 배럴 온도가 300°C 이하가 될 때까지 퍼징 원료를 계속 주입합니다.
- 퍼징 원료 주입을 중단하고 스크류를 비웁니다.

## 기계 설계

배럴 히터 밴드가 고온 가공이 가능하다면, 빅트렉스 소재는 다목적 사출 성형기에서 쉽게 가공될 수 있습니다. 가장 바람직한 방법은 세라믹 히터 밴드와 배럴 덮개를 사용하는 것입니다. 공차가 엄격한 부품을 성형할 때, 전기 사출장치가 있는 기계는 전통적인 유압기계보다 더 세심하게 제어해 가공할 수 있습니다.

## 금형 재질

모든 열가소성 소재에 있어 기계장비의 마모 문제는 흔히 발생하며 특히 섬유가 보강된 원료를 사출 또는 압출할 때 그 마모는 더욱 심각합니다. 이러한 작업에서 기계의 마모를 최소화하기 위해서는 스크류, 다이 그리고 배럴을 반드시 경화시켜야 합니다. 금형 공구강을 경화시키는 가장 일반적인 방법은 질화물로 코팅하는 것입니다. 이 기술은 금형 표면을 경화하여 고온에서 과도한 마모를 막아줍니다. 질화물 코팅과 접촉해 빅트렉스 소재가 식거나 굳지 않도록 주의를 기울여야 합니다. 폴리머와 질화물 코팅 사이의 접촉은 종종 철재질에서 질화물 층을 뜯어낼 정도로 강합니다. 다음은 빅트렉스 소재에 적합한 가공 장비에 쓰이는 금형 재질입니다.

- D2 공구강 (마르텐사이트계 크롬 공구강)
- WEXCO 777
- CPM-10V
- CPM-9V
- S32 219 (스테인리스 스틸)

일반적으로 요구되지는 않지만, 내부식성을 가진 2개 금속의 합금으로 된 스크류와 배럴을 사용하는 것이 더 효율적입니다. 구리와 구리 합금은 빅트렉스 소재 가공 온도에서 변성이 생길 수 있으므로 사용하지 않는 것이 좋습니다. 용융물과 접촉하는 금속 부품의 표면 마감은 매끄럽고 광택이 있어야 합니다. 부품의 표면이 거칠면 부분적으로 달라붙어 체류시간이 증가되고 흑점이 발생할 수 있으며 폴리머 흐름을 방해하게 됩니다.

## 배럴 히팅

실린더 히터는 PEEK 폴리머와 그 혼합물을 성형할 때 400°C 또는 HT와 ST 및 그 혼합물을 성형할 때 430°C에 도달해 그 온도를 유지할 수 있어야 합니다. 대부분의 사출 성형기는 수정하지 않고도 이러한 온도에 도달할 수 있습니다. 수정이 필요한 경우에는 보통 히터 밴드와 제어기 또는 둘 중 하나를 업그레이드합니다. 바람직한 세라믹 히터 밴드는 운모 히터 밴드와 비교해 가장 일관된 가공과 균일한 사출(shot) 반복을 가능하게 합니다. 뿐만 아니라 배럴 덮개는 가공 및 비용 절감 효과가 있어 사용을 권장합니다.

스크류와 배럴에서 호퍼까지 열전도는 원료주입 효율성을 낮출 수 있습니다. 올바르게 호퍼에 원료를 주입하려면, 주입구 온도를 70~100°C로 유지시켜야 합니다. 수냉각법으로 열을 식힐 수 있지만, 후부 온도를 유지하려면 주의를 기울여야 합니다.

## 배럴 용량

모든 폴리머 가공과 마찬가지로, 체류시간을 가능한 짧게 유지하는 것이 좋습니다. 이상적인 배럴 용량은 스프루와 런너를 포함한 총 사출 중량의 2~5배여야 합니다. 배럴의 사출용량이 큰 기계에서 빅트렉스 소재를 성형해야 하는 경우, 온도는 권고한 온도보다 10~20°C 낮게 해야 합니다(문제해결 섹션 참조). HT와 ST 소재는 노즐에서 더 쉽게 냉각될 수 있으므로 성형 시 온도를 낮출 때 더 세심한 주의를 기울여야 합니다.

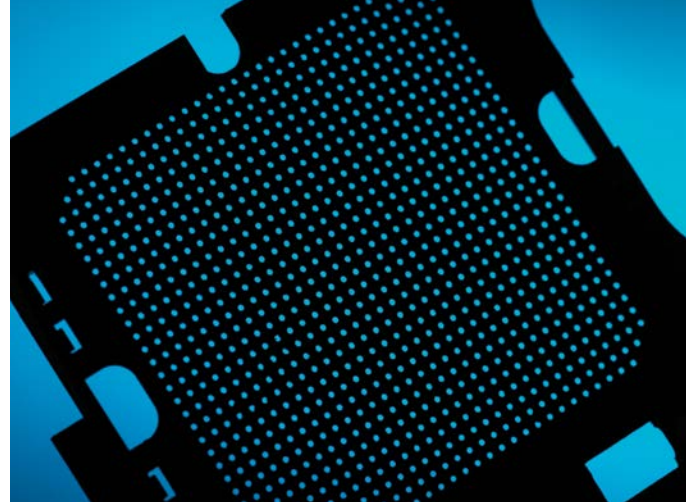


성형기계는 생산할 부품에 맞는 적절한 크기여야 합니다.

## 노즐 및 정지 시스템

정상 작업 시 노즐은 사출 시간의 상당 부분 동안 스프루-부싱과 접촉하고, 스프루-부싱의 온도는 용융물과 노즐 온도보다 훨씬 낮습니다. 빅트렉스 소재는 응고점  $T_c$ 이 높고, 용융온도가  $T_c$  이하로 떨어지면 빨리 굳어집니다. 따라서 대부분의 노즐에 열을 가해 줄 많은 히터를 설치해 냉각과 냉각 슬러깅을 방지하는 것이 중요합니다. 빅트렉스 소재는 노즐에서 응고되거나 변성될 위험이 높기 때문에 연장된 노즐에는 사용하지 않는 것이 좋습니다.

빅트렉스 소재는 권장 작업 온도에서 보통 개방형 노즐 시스템에서 사용할 수 있을 정도로 점도가 높습니다. 차단형 노즐은 자주 용융 사각지대가 빈번하게 발생하고 사출 압력을 제한하기 때문에 권장하지 않습니다. 다이에서 원료가 과도하게 흐를 경우, 가벼운 용융감압을 수행할 수 있지만 캐비티 내외 적절한 배기가 필요합니다.



빅트렉스 폴리머는 반결정성 특징과 높은 가공온도에도 불구하고 복잡한 기하학적 구조로 된 평면 부품을 만들 수 있습니다.

## 형체력

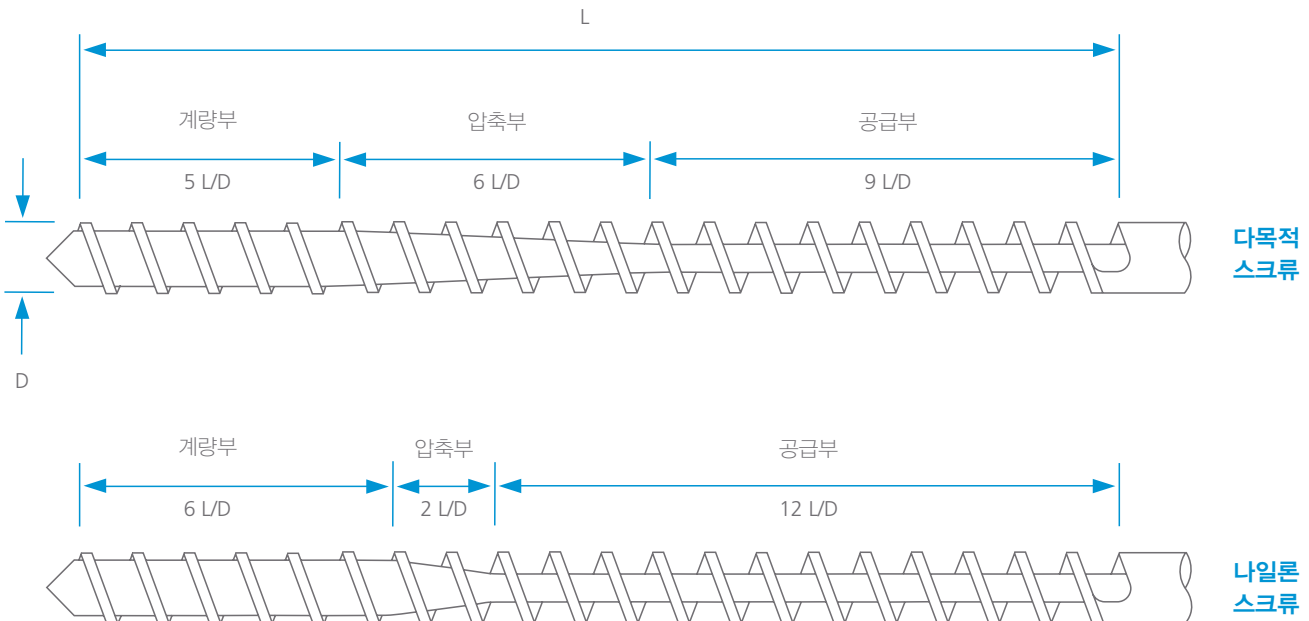
성형품과 런너의 투영면적은 금형이 사출 압력으로 열리지 않도록 하는데 필요한 형체력을 결정합니다. 사출 압력은 박막 부품, 특히 강화된 빅트렉스 소재는 2000바를 초과할 수 있습니다.

## 스크류

대부분 다목적 스크류와 나일론 스크류는 빅트렉스 소재를 가공하는데 적합합니다. 길이 대비 직경 비율(L/D 비)은 그림 4와 같습니다.

최저 권고 L/D비 스크류는 16:1이고, 18:1과 24:1 사이의 L/D 비가 가장 이상적입니다. 압축부에 용융되지 않은 펠렛의 밀집을 방지하려면 공급부가 길어야 합니다. 압축비는 2:1과 3:1 사이여야 합니다. 체크 링은 항상 스크류 팁과 맞춰 사출 압력이 충분히 지속적으로 공급되도록 해야 합니다. 링 유격은 중형 사출기의 경우 스크류 팁 직경에서 유격이 보통 3mm인 스크류가 전진하면서 원료가 잘 흐르게 해야 합니다.

그림 4: 권장 스크류 종류





## 금형 설계

빅트렉스 소재는 표준 금형 기술로 쉽게 사출 성형될 수 있습니다. 그러나 높은 용융 온도(≈400℃)와 높은 금형 온도(≈200℃) 때문에 다음과 같은 설계 기준을 고려해야 합니다.

### 금형 재질

일반적으로 금형의 경도는 52~56HRc 이어야 합니다. 대부분의 빅트렉스 소재 가공에 보통 사용되는 내열강은 우수한 내열성, 인성, 연성, 절삭성을 갖춘 BS BH13입니다. 이 재질은 54~56HRc까지 경화될 수 있습니다. 소물유의 유리 또는 탄소 섬유로 보강된 제품군을 가공하는데 사용되는 금형은 BH13으로 만든 게이트 인서트 사용될 수 있습니다.

섬유 또는 탄소섬유 보강된 제품군을 장시간 가공할 때 사용하는 금형의 경우, 경도가 56~60HRc인 BS BD3이나 BD6 와 같은 금형 공구강 사용을 고려할 수 있습니다.



대형 금형은 히팅에 더욱 결정적인 제어가 필요할 것입니다.

소형 금형 또는 운전시간이 짧은 금형의 경우, BP20이 유용한 것으로 증명되었습니다. 또한 BH13의 캐비티 공동부 및 코어가 있는 BP20의 형판을 사용하는 것이 일반적입니다.

표 1: 자주 사용된 금형 공구강

BS	AISI	W.-No.	DIN	JIS	HRc
BD2	D2	1.2379	X155CrVMo121	SKD11	55-62
BH13	H13	1.2344	X40CrMoV5-1	SKD61	54-56
BD3/BD6	D3 ~ D6	1.2436	X210CrW12	SKD1	56-60
BP20	P20	1.2311	40CrMnMo		50-53

### 배기

충진성을 높이고 버닝을 방지하려면 충분히 배기시키는 것이 중요합니다. 쉽게 흐르는 PEEK 90G는 8μm 깊이의 슬롯 또는 표준 제품군은 10~15μm 깊이의 슬롯이 버가 생기지 않고 배기시킬 수 있습니다. 배기 위치는 부품 설계에 따라 크게 달라집니다. 가장 간단하게는 금형 파티면이나 이젝터 핀을 따라 배기할 것입니다. 여전히 충분히 배기되지 않으면, 슬롯 크기는 단계적으로 더 커질 수 있고, 희생탭(sacrificial tabs)을 이용하는 방법도 있습니다.

### 히팅

빅트렉스 소재 성형기에는 전기히터나 온유기가 장착되어 있을 수 있습니다. 고압 급탕법은 선택사항이지만 고압 요건과 이와 관련한 안전문제 때문에 빅트렉스 제품에는 흔하게 사용되지 않습니다.

- 전기히터는 경제적이고 상대적으로 통합하고 작업하기 쉽습니다. 전력 소요량에 따라 승온 시간 (heat up time) 이 비교적 짧을 수 있습니다. 냉각이 어려운 부분이 자주 관찰되고, 이러한 히팅 방법은 작은 부품에 적용하기 가장 적합합니다.
- 온유기는 설계와 실행이 더 어렵습니다. 석유히터만의 장점은 더 큰 사출량을 성형하거나 코어가 크고 깊은 금형을 사용하기 위해 요구되는 열방출 능력이 있다는 점입니다.
- 시간이 지남에 따라 제어한 온도분포를 유지시키면서 빠른 가열을 위해 전기히터와 온유기를 조합하여 사용하는 것을 고려할 수 있습니다.

금형과 기계의 형판 사이에 절연판을 사용하는 것이 좋습니다. 또한 일정한 온도분포를 유지하고 비용 절감을 위해 금형을 단열재로 싸는 것이 일반적입니다. 온유기의 경우 직경이 큰 단열 라인을 가능한 짧게 사용하는 것이 바람직하고, 냉각은 보통 40℃로 높을 때 나타납니다.

항상 금형 표면 온도는 기계와 공정의 환경을 설정을 할 때 최소 170℃인지 확인해야 합니다. 온유기에서 냉각라인을 통해 열 손실이 있다는 것은 히터의 설정온도가 금형 표면에 실제 온도보다 훨씬 높을 수 있다는 의미입니다.

## 스프루

스프루는 두께가 최소 4mm이고 구배각이 최소 2°로 가능한 짧아야 합니다. 넉넉한 크기의 콜드 슬러그 웰을 사용할 것을 권고합니다. 직경이 큰 스프루는 복잡한 금형을 충전하는데 도움을 주는 것으로 나타났습니다. 더 큰 부품의 다이렉트 게이팅을 위해 스프루는 부품 두께의 1~1.5배 이어야 합니다.

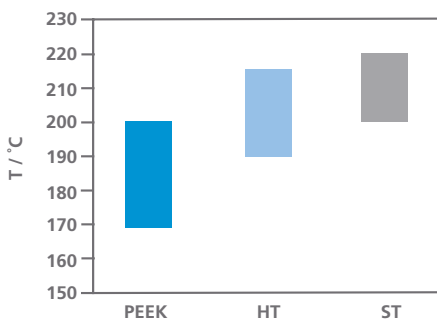
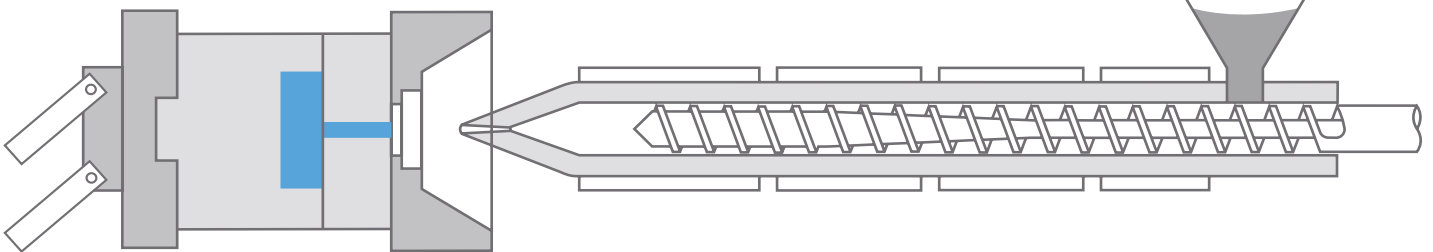
## 게이팅

금형에 적합한 게이트의 크기와 스타일은 부품 용적, 캐비티 수, 부품의 기하학적 구조에 따라 다를 것입니다. 빅트렉스 소재는 결정성 열가소성 소재로, 무정형 폴리머보다 수축이 더 심합니다. 수축과 과도한 응력 증강을 줄이기 위해, 게이트는 가능한 크게 만들어야 합니다. 게이트 크기는 부품 두께와 함수 관계에 있고, 비보강 소재는 최소 1mm, 혼합물은 2mm, 두꺼운 부품은 부품 벽 두께의 2/3두께여야 합니다. 스프루 게이트는 금형 두께의 1~1.5배여야 합니다. 대부분의 게이트 설계는 빅트렉스 소재를 성형하는데 적합합니다. 탭, 사이드, 또는 팬 게이트가 가장 일반적입니다. 서브마린 또는 터널 게이트는 벽이 얇거나 크기가 작은 부품에만 사용됩니다.

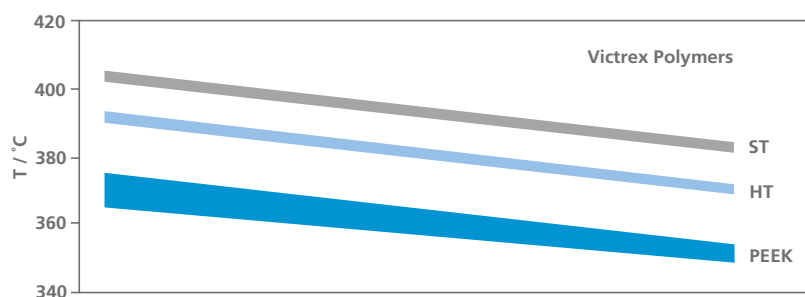
싱크마크/기포를 최소화 하기 위해 빅트렉스 소재의 게이트 설계 시 지켜야 할 주요원칙은 게이트가 가능한 오랫동안 원료 흐름을 유지시킬 만큼 크기가 커야 한다는 것입니다(최대 부분 두께의 2/3를 권고).

## 핫 런너

빅트렉스 소재는 핫 런너 시스템으로 가공할 수 있습니다. 대부분의 경우, 스프루 스타일의 노즐 팁으로 공급되는 외부 가열 매니폴드를 사용하면 가장 넓고 유연한 가공 범위를 만들어 내므로 최상의 가공물을 얻게 됩니다. 어퍼 스타일 팁은 주변 금형 캐비티로 열이 흐르기 때문에 문제가 되곤 합니다. 게다가 한 가지 일반적인 방법은 재료 절약 및 가공의 용이성을 위해 작은 콜드 러너 시스템에 주입하고 가공이 용이한 핫 런너 시스템을 활용하는 것입니다. 또한 핫 스프루 부싱은 벽이 두꺼운 부품에 2차 보압을 높이는 측면에서 가공 범위를 넓게 하는 경향이 있어, 이 방법이 이용될 수 있습니다.



금형



배럴

호퍼

## 기계 환경설정

### 온도 설정

각 사출성형 기계와 금형의 운전조건은 여러 변수에 따라 달라질 것입니다. 그림 5는 빅트렉스 소재를 성형할 때 온도 설정에 대해 개략적으로 보여줍니다.

- 호퍼를 상대적으로 낮은 온도로 유지시켜 펠렛이 스크류로 적절히 공급되게 해야 합니다.
- 호퍼 다음으로, 펠렛이 압축부에 도달하기 전에 용융되도록 열을 가해야 합니다.
- 그림 5에서는 비보강 PEEK, HT, ST 성형을 위한 일반적인 배럴 온도를 보여줍니다. 이들 소재의 높은 용융점 때문에 이 온도는 높아집니다.
- 이러한 폴리머의 고점도 혼합물은 높은 배럴 온도가 필요합니다(보통 충전재 유형과 충전재 수준에 따라 10~20°C 사이)
- PEEK, HT, ST로 성형된 결정성 부품을 만들기 위해 권고된 금형 온도는 각각 170°C, 190°C, 200°C 입니다. 더 높은 금형 온도는 특히 보강된 제품군의 캐비티 충진을 돕거나 고온에 노출된 부품의 치수 안정성을 높이는데 유용할 수 있습니다. 이로 인해 운전시간은 길어지지만 폴리머를 손상시키지는 않을 것입니다.

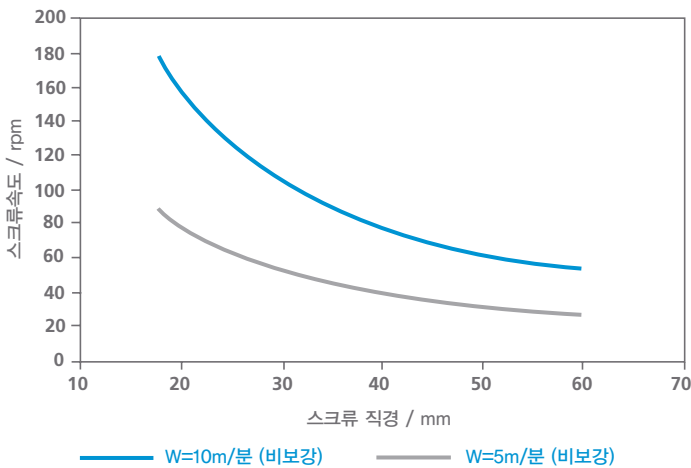
관련 소재의 물성과 권장 기계 환경설정을 명시한 각 제품의 데이터시트는 빅트렉스 담당자에게 요청하거나 [www.victrex.com](http://www.victrex.com)에서 다운받을 수 있습니다.

그림 5: 비보강 빅트렉스 소재 가공을 위한 일반적인 온도 설정

## 스크류 속도

빅트렉스 폴리머의 우수한 열안정성은 폴리머를 손상시키지 않고 다양한 스크류 속도를 가능하게 합니다. 비보강 빅트렉스 소재 가공에는 분당 5~10m의 스크류 팁 속도가 바람직하고, rpm의 스크류 속도와 상관관계는 그림 6과 같습니다. 빅트렉스 혼합물의 경우, 분당 5m 초반으로 유지하는 것이 바람직합니다. 그리고 전단 효과는 더 빠른 스크류 속도에서 과도한 섬유 절단을 야기할 수 있어 기계적 성능을 악화시킬 수 있습니다.

그림 6: 스크류 직경과 비례한 스크류 속도 (회전수/분, rpm)



소재 특성과 성형 조건 모두 금형 수축에 상당한 영향을 미칩니다.

## 배압

빅트렉스 소재에 균일한 가소성을 부여하려면 약 20~50바의 배압이 적합합니다. 섬유보강 혼합물은 섬유 파손을 줄이기 위해 더 낮은 배압에서 가공되어야 합니다.

## 사출 압력

사출 압력은 시스템에 따라 다르고, 가공 시뮬레이션 소프트웨어를 사용해 추정할 수 있습니다. 설계, 용융온도, 사출 속도, 금형 온도에 따라 최대 2000바의 압력을 낼 수 있습니다. 어떤 경우에는 온도를 높이고(게이트 고화 시간을 늘림) 사출 속도를 낮추며/거나 섹션에 걸친 흐름경로(스프루, 런너, 게이트)를 늘려 관리할 수 있습니다.

## 보압 (holding pressure)

보압은 보통 사출 압력보다 낮고 게이트 고화 시간 전체에 유지되어 싱크 마크와 기포 발생을 피해야 합니다.

## 수축

열가소성 소재는 금형에서 냉각되는 동안 수축합니다. 빅트렉스 소재의 경우, 열수축과 결정화 과정에서 수축이 발생합니다. 금형 수축은 성형조건에 따라 큰 영향을 받으므로 단순한 소재의 특성이라기 보다 기술상의 특성으로 여겨집니다. 사출 압력과 보압이 높아지고 유지 시간이 길어지면 보통 수축이 줄어드는 한편, 배럴과 금형 온도가 높아지면 일반적으로 금형 수축이 늘어납니다. 더 나아가 부품의 기하학적 구조와 치수뿐 아니라 유동적 특징(게이팅)은 수축률에 영향을 미칠 것입니다.

수축은 권고한 성형조건을 이용해 만든 팬 게이트 시편(fan gated plaques)에서 더 심하게 나타납니다. 그 결과는 표 2에서처럼 2mm 두께와 6mm 두께의 성형으로 분류될 수 있습니다. 강화 충전재를 높은 비율로 추가하면 보통 수축이 줄어들어, 상당한 비등방성 거동이 생깁니다. 항상 금형 가공시 이러한 점을 세심히 살펴보아야 합니다.

표 2: 권고한 가공 조건에 따라 성형된 팬 게이트 시편의 일반 수축률

제품군	수축 2mm 두께		수축 6mm 두께	
	흐름방향 (%)	직각방향 (%)	흐름방향 (%)	직각방향 (%)
비보강 제품군	1.0	1.3	1.7	1.8
GL30 보강 제품군	0.3	0.9	0.5	0.9
CA30 보강 제품군	0.0	0.6	0.1	0.6
FC30 마모 제품군	0.2	0.6	0.4	0.7

## 허용공차

일반 허용공차는 표준 성형 조건에서 약 0.05%입니다. 치수 허용공차는 부품 및 금형 설계와 구체적인 가공 조건 등 많은 요인에 따라 결정됩니다. 표 3은 충분한 치수에 팬 게이트로 성형된 2mm 두께와 6mm 두께의 시편에 결정된 오차 값을 보여줍니다.

표 3: 빅트렉스 소재의 치수 허용오차

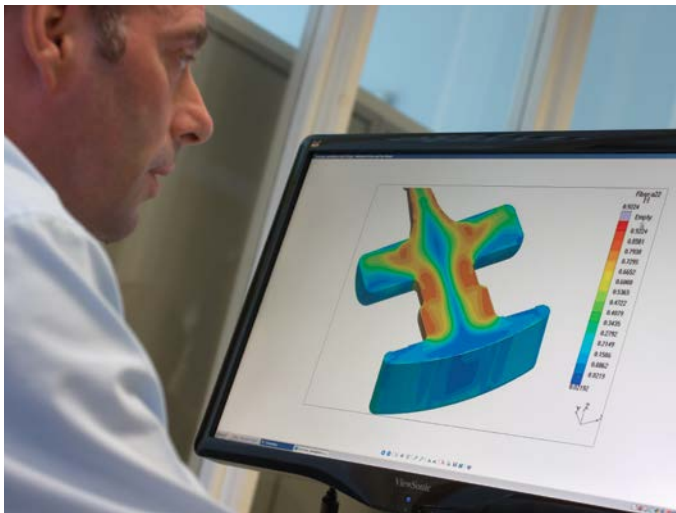
제품군	허용오차 2mm 두께		허용오차 6mm 두께	
	흐름방향 (%)	직각방향 (%)	흐름방향 (%)	직각방향 (%)
비보강 제품군	0.02	0.03	0.05	0.07
GL30 보강 제품군	0.02	0.02	0.07	0.08
CA30 보강 제품군	0.02	0.04	0.05	0.09
FC30 마모 제품군	0.02	0.03	0.04	0.04

## 금속 인서트

차가운 금속 인서트를 중첩성형하면 금속과 접촉하는 소재 층 내에 결정화도가 낮아집니다. 따라서 금속 인서트를 금형 온도로 사전 예열하는 것이 좋습니다. 이렇게 하면 웰드라인 강도가 향상되고 수축차 때문에 응력 균열 가능성을 낮추며 표준 결정화도를 얻게 합니다.

## 운전시간 / 냉각시간

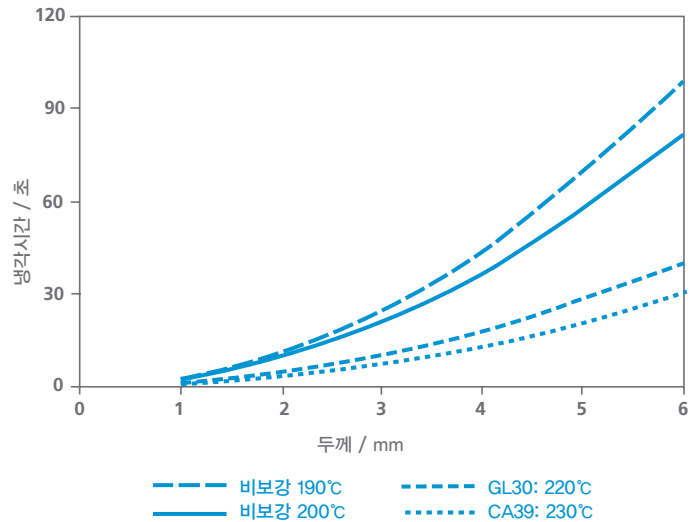
많은 경우에 있어 빅트렉스 소재는 공차가 엄격한 적용제품이나 구조적 부품에 사용됩니다. 따라서 싱크마크나 기포 없는 치수 안정적 부품을 생산하는 것이 중요합니다. 그러므로 부품의 품질은 전반적인 운전시간 동안 중요하고 냉각시간에 큰 영향을 받습니다.



공정 시뮬레이션으로 최적의 게이트 위치를 확인할 수 있습니다.

다양한 빅트렉스 소재의 제품 두께 대비 예상 냉각시간은 그림 7과 같습니다. 냉각시간은 기계의 환경설정과 소재 특성뿐 아니라 금형 설계에 따라 차이가 있습니다. 이젝터 핀의 수, 그 크기 및 위치 등 취출 시스템을 향상시킴으로써, 그림 7에 표시된 것보다 냉각시간이 비보강 소재의 경우 약 15% 줄어들고 10°C 더 높은 온도에서 취출 할 수 있습니다.

그림 7: 금형 온도 180°C에서 벽 두께 대비 예상 냉각시간



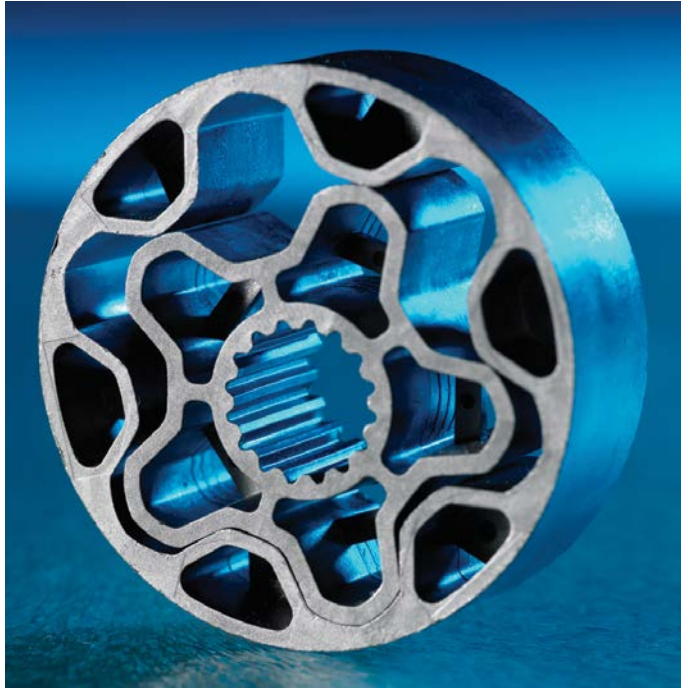
## 공정 시뮬레이션

금형을 가공하기 전에 CAE를 이용한 공정 시뮬레이션을 권고합니다. 시뮬레이션은 제품이 사출기에서 충분히 가능한 압력을 채우도록 게이트 위치를 결정하는데 사용되어야 합니다. 시뮬레이션은 게이트를 위치시켜 성형물이 균형 있게 흐르고 닷트라인을 최소화하며 배기가 필요한 곳을 결정하도록 하는데 이용되어야 합니다. 또한 공정 시뮬레이션은 성형 문제와 부품 성능 문제를 해결하는데 매우 유용한 도구입니다.



## 첨단 성형 기술

빅트렉스 소재는 결정성 열가소성 소재입니다. 따라서 다른 결정성 열가소성 소재에 적합한 모든 기술로 가공될 수 있습니다. 가스의 도움을 받는 사출성형, 포밍, 블로우몰딩, 마이크로 사출성형뿐 아니라 금형 표면에 유도가열 등 PEEK 폴리머에 많은 기술을 연구했습니다. 구체적인 내용은 현지 빅트렉스 담당자에게 문의하여 확인할 수 있습니다.



공차가 매우 엄격한 부품은 사출 성형으로 얻을 수 있습니다.

## 기술 지원

빅트렉스 폴리머 솔루션즈는 폴리아릴에테르케톤(Polyaryletherketones) 제품을 생산하고 다양한 품질과 기술로 안정적인 서비스를 제공하고 있습니다. 오늘날과 같은 경쟁적 환경에서는 첨단 기술과 가장 심층적이고 대응적인 기술 서비스를 제공하는 최고의 공급업체와 협력하는 것이 성공의 열쇠입니다.

**더 많은 정보나 지원을 원하는 경우 빅트렉스 폴리머 솔루션즈 담당자에게 문의하거나 [www.victrex.com/kr](http://www.victrex.com/kr)을 방문하십시오.**

## 문제해결

그 동안 가장 일반적인 공정상 문제는 부족한 금형 온도, 생산할 부품에 비해 너무 작게 설계된 게이트, 불충분한 퍼징으로 인한 오염과 관련되어 있습니다. 아래 표에서는 자주 발생하는 결함, 그 원인, 교정 권장사항에 대해 간략히 설명하고 있습니다.

### 흑갈색/투명 에지 또는 어두운 색의 모든 부품 (자연색 제품군에서만 보임):

가능한 원인	해결책
낮은 금형 온도 (비정형 부위)	금형 온도를 높입니다. 고르지 않은 부품의 경우, 공동부에 냉점을 확인합니다.
열분해	배럴 온도를 낮춥니다.

### 흑점 (자연색 제품군에서만 보임):

가능한 원인	해결책
교차 오염	취급 및 펠릿 건조를 위한 장비는 티끌 하나 없이 깨끗해야 합니다. 분쇄기 확인 / (분쇄한 경우)
빅트렉스 소재 성형 전 불충분한 퍼징	빅트렉스 권고사항에 따라 철저히 장비를 퍼징합니다. 스크류를 빼내고 브러시를 사용해 스크류와 배럴을 세척합니다. 사각지대나 손상된 표면에 용융 흐름 영역을 살펴봅니다.
너무 높은 배럴 및 노즐 온도	배럴 및 노즐 온도를 낮춥니다.
너무 긴 체류시간	샷 크기와 장비 크기를 더 잘 맞춥니다.

### 미성형:

가능한 원인	해결책
불충분한 사출 소재	샷 크기를 높입니다. 용융물의 부적절한 흐름 사출 압력을 높입니다. 배럴 온도를 높입니다. 금형 온도를 높입니다. 사출 속도를 높입니다. 게이트, 스프루 또는 런너 크기를 높입니다.

### 미성형: (계속)

가능한 원인	해결책
부정확한 설계	게이트, 스프루 또는 런너 크기를 높입니다. 게이트 위치를 변경합니다.
배기 차단 또는 부재	가스 빼기 증가
부정확한 소재 선택	용융 점도가 더 낮은 제품군을 선택합니다.
가스화장치에 누출	스크류, 배럴, 제한 링의 마모를 확인합니다.

### 부서지기 쉬운 성형물:

가능한 원인	해결책
배럴에 과열	배럴 온도를 낮춥니다. 운전 시간을 줄입니다. 스크류 속도를 줄입니다.
성형된 응력	배럴 온도를 높입니다. 사출 압력을 낮춥니다. 운전 시간을 줄입니다. 금형 온도를 높입니다. 게이트, 스프루 또는 런너 크기를 늘립니다.
웰드라인	사출 속도를 높입니다. 금형 온도를 높입니다. 게이트 설계나 위치를 바꿉니다. 가스빼기를 향상시킵니다.
젯팅	사출 속도를 줄입니다. 게이트 위치와/나 유형을 바꿉니다.

### 폴리머에 콜드 슬러그:

가능한 원인	해결책
노즐에서 고화된 소재	콜드 슬러그를 잘 추가합니다. 노즐 히터가 노즐을 완전히 커버하는지 확인합니다. 감압합니다. 스프루 브레이크를 사용합니다.

### 기포 및 표면 함몰:

가능한 원인	해결책
보유 단계에 불충분한 시간 또는 압력	사출 압력을 높입니다. 보유 시간/보압을 높입니다. 배럴 온도를 낮춥니다.
부정확한 금형 설계	게이트, 스프루 또는 런너 크기를 늘립니다.

### 표면마감 불량:

가능한 원인	해결책
<b>출무니 생성:</b> 과열된 소재	배럴 및 노즐 온도를 낮춥니다. 체류 시간을 줄입니다. 사출 속도를 줄입니다. 스크류 속도를 줄입니다.
축축한 소재	소재를 건조시킵니다.
배럴 내 사각지대	배럴 및 노즐을 유선화합니다. 스크류, 배럴, 노즐을 세척합니다. 손상, 피팅 등을 확인합니다.
<b>표면 결빙 (강화된 제품군):</b>	
불충분한 사출 속도	사출 속도를 높입니다. 배럴 온도를 높입니다.
너무 낮은 금형 온도	금형 온도를 높입니다.
용융물의 과전단	스크류 속도를 낮춥니다.

### 탄 자국:

가능한 원인	해결책
공동부에 갇힌 공기	사출 압력을 줄입니다. 사출 속도를 줄입니다. 가스빠기가 차단되어 있지 않은지 확인합니다. 가스빠기를 향상시킵니다. 게이트 위치, 크기 또는 형태를 바꿉니다.

### 플래시 또는 금형 열림:

가능한 원인	해결책
부적절한 형체력	사출 압력을 줄입니다. 사출 속도를 줄입니다. 배럴 온도를 낮춥니다. (균형이 필요: 점도와 압력 모두 높임) 금형 온도를 낮춥니다. 속도 설정을 낮춥니다. 형체력을 높입니다.
부정확한 금형의 조합 또는 구부러짐	조합면을 재연삭하고 재정렬시킵니다. 무거운 받침대를 설치합니다. 플레이트 사이에 이물질 확인합니다.
기동 지지 불충분	지지 기둥을 추가합니다.

### 휨 또는 뒤틀림:

가능한 원인	해결책
금형 내 온도 차이	금형의 양쪽 온도가 같아지도록 온도를 조절합니다.
섹션 대칭 불량	캐비티, 런너, 게이트 재설계를 고려합니다. 대칭을 맞추기 위해 금형 온도를 반반씩 다르게 사용합니다.
조기 방출	고정 냉각장치나 냉각지그를 사용합니다. 냉각 시간을 늘립니다. 금형 온도를 낮춥니다.
원료 내 섬유의 편향	게이트 위치를 바꿉니다. 사출 속도를 줄입니다.
불충분한 견고성	부품 설계를 바꿉니다. (예, 리브(ribs) 추가) 섹션 두께를 증가시킵니다. 섬유로 강화된 제품군 사용 고려합니다. 취출 시스템을 점검합니다. (더 큰/많은 이젝터 핀)

### 과대 수축:

가능한 원인	해결책
가공 조건	금형 온도를 높입니다. 사출 압력을 높입니다. 보유 시간/보압을 증가시킵니다.
작은 게이트	게이트 크기를 증가시킵니다.

### 생산된 부품 불량:

가능한 원인	해결책
불충분한 부품 견고성	냉각시간을 늘립니다. 금형 온도를 낮춥니다.
불충분한 구배각	구배각을 늘립니다.
부적절한 취출 시스템	더 많은 핀을 사용하거나 치수를 늘려 이젝터 핀의 교차 부분을 늘립니다.
부적절한 금형 표면 마감	취출 방향으로 라인 광택이 생깁니다. 넓은 표면을 가진 부품은 진공 형성을 피하기 위해 가스빠기가 필요할 수 있습니다.

빅트렉스는 항공 우주, 자동차, 전자전기, 에너지, 의료 등 주요 시장에 차별화된 고성능 폴리머 솔루션을 제공하는 혁신적인 글로벌 선도 기업입니다.

빅트렉스의 폴리머 솔루션은 매일 수백만 명의 사람들이 사용하는 스마트폰을 비롯하여 항공기, 자동차, 석유 및 가스 운송, 의료기기에 이르기까지 다양한 영역과 제품에 사용되고 있습니다.

빅트렉스는 40년 이상의 전문성과 노하우에 기반한 PEEK 및 PAEK 기반 폴리머, 반제품, 부품 등을 통해 고객과 시장에 최첨단 소재를 제공하고, 이해관계자들에 보다 높은 가치를 창출하기 위해 노력하고 있습니다.

[www.victrex.com](http://www.victrex.com)

## 빅트렉스 코리아

서울특별시 강남구 테헤란로  
528 슈퍼리어타워 14층

전화: (02) 2182-1200  
팩스: (02) 2182-1212

메일: [krsales@victrex.com](mailto:krsales@victrex.com)

©Victrex plc 2016

Victrex plc believes that the information contained in this document is an accurate description of the typical characteristics and/or uses of the product or products, but it is the customer's responsibility to thoroughly test the product in each specific application to determine its performance, efficacy, and safety for each end-use product, device or other application. Suggestions of uses should not be taken as inducements to infringe any particular patent. The information and data contained here in are based on information we believe reliable. Mention of a product in

this document is not a guarantee of availability. Victrex plc reserves the right to modify products, specifications and/or packaging as part of a continuous program of product development. Victrex plc makes no warranties, express or implied, including, without limitation, a warranty of fitness for a particular purpose or of intellectual property non-fringement, including, but not limited to patent non-infringement, which are expressly disclaimed, whether express or implied, in factor by law. Further, Victrex plc makes no warranty to your customers or agents, and has not authorized anyone to make any representation or warranty other than as provided above. Victrex plc shall in no event be liable for any general, indirect, special, consequential, punitive, incidental or similar damages, including without limitation, damages for harm to business, lost profits or lost savings, even if Victrex has been advised of the possibility of such damages regardless of the form of action.

VICTREX™, APTIV™, VICOTE™, VICTREX PIPES™, VICTREX HT™, VICTREX ST™, VICTREX WG™, PEEK-ESD™ and the Triangle (Device), are trademarks of Victrex plc or its group companies.

