



3D 프린팅 사출 몰드(3DPIM)를 위한 효과적인 설계 검증 도구 데모

—

플라스틱 재료를 몰드 캐비티 안에 주입하면 캐비티의 구성에 따라 재료가 냉각되어 고형화되는 프로세스인 사출 성형은 전 세계에서 가장 대중적인 생산 프로세스입니다. 이 생산 방식은 정밀도가 매우 높고, 복잡한 최종 사용자 부품을 대량 생산하는 경우에 매우 적합합니다.

3D 프린팅 사출 몰드(3DPIM)를 위한 효과적인 설계 검증 도구 데모

부품의 기능과 관련된 성능을 포괄적이고 정확히 평가하거나 전기나 기계 구성품에 대해 안전성 테스트를 수행하기 위해서는 실제 재료와 최종 제작 부품의 사출 성형 프로세스를 이용해 사출 성형 부품을 제작해야 합니다. 따라서 3D프린팅 사출 몰드(3DPIM)로 프로토타입 부품을 제작하여 부품 모양, 적합도, 기능 및 검증(인증)과 관련된 문제를 알아내는 사례가 증가하고 있습니다.

이러한 몰드는 강(하드)으로 된 경우에 비해 훨씬 저렴하고 리드타임을 최대 90%까지 단축하지만, 제대로 된 3DPIM 전용 분석 툴은 찾아볼 수 없었습니다. 그래서 Stratasys와 Moldex3D는 사전 시뮬레이션 예측 기능을 갖춘 완벽한 3DPIM 솔루션을 만들기 위해 힘을 합쳤습니다. 두 가지 솔루션을 모두 이용하면 제작 툴을 훨씬 더 효율적으로 개발할 수 있으며 결과물의 품질도 향상됩니다. 또한, 고객은 프린팅된 툴의 수명을 연장하고 설계를 개선하며 프로세스를 더 잘 이해할 수 있습니다.

STRATASYS의 도움

3DPIM을 이용하면 과거 툴링 프로세스에서 프로토타입 개발에 몇 주나 걸렸던 긴 리드타임을 훨씬 더 저렴한 비용으로 단 며칠 만에 끝낼 수 있습니다. 예를 들어, 소형 스트레이트-폴 몰드를 개발하는 데 드는 비용은 2,500 달러에서 15,000달러 사이이며 제작 기간은 일반적으로 10일에서 4주가 소요됩니다. 많은 기업에게 이러한 투자는 수십 개의 부품 테스트를 위해 감당하기에는 너무 부담스러운 수준입니다. 3DPIM은 실제 부품과 같은 열가소성 수지로 5개에서 100개의 부품을 제작할 수 있고, 연질의 금속이나 강철 툴링에 비해 극히 적은 비용으로 하루나 이틀 만에 부품을 제작할 수 있습니다. 현재 대부분의 3DPIM은 최대 300°C로 사출되는 열가소성 수지에 사용되며 부품 모양 및 크기와 관련해 기존 금속 툴과 비교해 일부 제한이 있습니다. 그러나, 3DPIM이 적용 가능한 분야에서는 고객에게 커다란 이점을 제공합니다.[1]



“Moldex3D는 3D 프린트된 사출 몰드의 성형 가능성을 평가할 수 있는 강력한 툴입니다. Stratasys와 Moldex3D를 결합하면, 고객은 성공적인 생산에 필수적인 부품과 몰드에 대한 검증 및 테스트 측면에서 더 나은 솔루션을 확보하게 되는 것입니다.

나다브 셀라(Nadav Sella), Stratasys 툴 제작 디렉터

3D 프린팅 사출 몰드(3DPIM)를 위한 효과적인 설계 검증 도구 데모

3DPIM 프린팅 이용 시 누릴 수 있는 혜택:

- 리드 개발 시간 평균 50~90% 단축
- 평균 비용 절감률 50~70%
- 플라스틱 부품 제작을 통한 기능 평가
- 간단한 자동화 툴 제작 및 효율성 증대
- 부품 성능, 몰드 설계 및 열가소성 수지 선택에 대한 조기 평가

프린팅된 몰드는 고온과 고압에서 사출되는 수지에 대한 내구성을 지녀야 합니다. 또한, 부품을 배출할 때 전단응력이 증가하여 몰드가 손상될 수 있습니다. 성공적인 샷의 양은 사출되는 재료(유동성, 점도 및 용융 온도) 및 몰드 형태에 의해 결정됩니다. 특정한 모양의 몰드 성능을 최적화하기 위해 사용자는 Stratasys 설계 가이드라인 (TAG - 기술 응용 가이드 [1])을 준수해야 합니다. 이 문서에 담긴 정보는 다음과 같은 측면에서 3DPIM 사용자에게 도움이 됩니다.

- 프린팅된 교체물을 포함한 몰드 평가
- 게이트 위치나 게이트 수 등 프린팅된 몰드 설계 수정
- 핵심 기능을 위해 금속 인서트 사용

MOLDEX3D의 기능

Moldex3D는 재료 특성, 프로세스 상태 및 부품/몰드 설계가 프로세스 역학 및 부품 품질에 미치는 영향을 평가하는 프로세스 CAE(컴퓨터 이용 엔지니어링) 시뮬레이터입니다. 몰드 충전, 패킹, 냉각 및 성형 후 뒤틀림 분석을 통해 설계 단계뿐 아니라 기존 프로세스/설계의 문제점 해결에 관한 중요한 정보를 얻을 수 있습니다. 또한 Moldex3D는 선택된 재료 및 프로세스 상태에 따라 사출 성형 주기 동안의 프로세스의 특성과 성형된 부품의 수축 현상을 예측합니다. 이를 통해 설계 파라미터를 신속하게 평가 및 검증하고 더욱 최적화할 수 있습니다(그림 1).

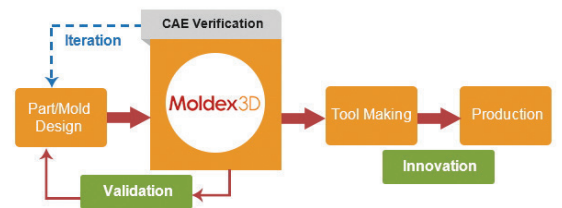


그림 1 - 실제 3D 수치 시뮬레이션 기술

Moldex3D는 실제 3D 솔버를 이용해 사출 성형 프로세스 전체를 시뮬레이션합니다. 따라서, 시뮬레이션을 위해 복잡한 모델을 직접 단순화할 필요가 없습니다. “Moldex3D 전문가 패키지(Professional Package)”나 “Moldex3D 고급 패키지(Advanced Package)”는

3D 프린팅 사출 몰드(3DPIM)를 위한 효과적인 설계 검증 도구 데모

3DPIM 사용자의 3DPIM 결합 예측 및 설계 최적화를 위한 최상의 패키지입니다(그림 2).

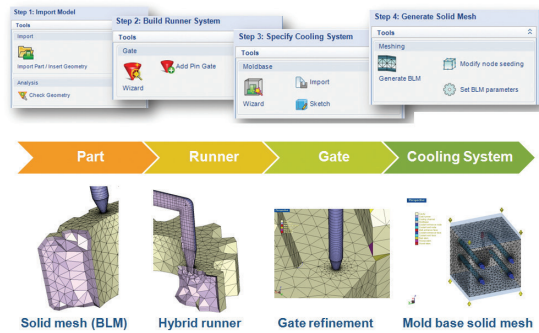


그림 2 - Moldex3D의 시뮬레이션 프로세스

Moldex3D는 충분한 경계층이 포함된 완전한 3D 솔리드 메시를 생성할 수 있으며 이를 통해 예측의 정확도를 직관적으로 파악할 수 있습니다. 솔리드 메시가 생성되고 나면 사용자는 손쉽게 프로세스 상태를 정의하고 기본 작동 절차를 따라 분석할 수 있습니다. 분석 결과에 따라 유동학(流動學)적, 열역학적 및 기계적 특성을 고려하여 부품/몰드 치수 및 레이아웃을 최적화할 수 있습니다.

MOLDEX3D를 통한 3DPIM의 잠재적 결합 감지

이 쇼케이스 제품은 프린팅된 몰드(예: 3DPIM 프로세스)를 사용할 때 사출 성형 부품에서 나타나는 일반적인 설계상의 특징을 테스트하기 위해 Stratasys®가 설계한

테스트 부품입니다. 과거 경험을 돌이켜 보면 주요 균열은 제품 품질과 프로토타입 몰드의 유효 수명을 확보하기 위해 반드시 해소되어야 할 중요한 문제라는 점을 알 수 있습니다. Stratasys는 Moldex3D를 적용해 사출로 인한 잠재적 결합 및 균열을 예측했습니다. 이 쇼케이스는 3DPIM 성능 향상을 위해 조기 결합 진단이 얼마나 중요한지를 보여주었습니다(그림 3).

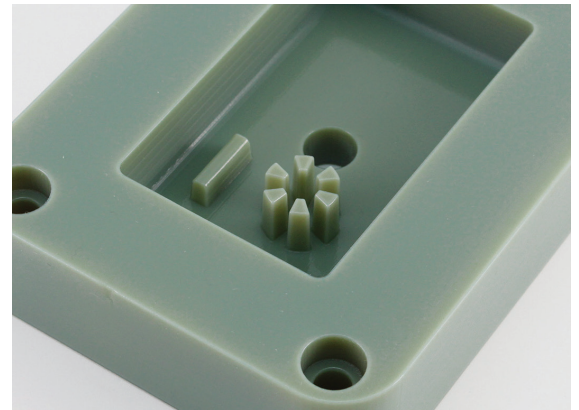


그림 3 - 타워가 설치된 3DPIM

과제

- 타워는 열 저항성이 낮아 열을 받으면 강도가 낮아지고 사출이나 배출 과정에서 파손되는 경향이 있습니다(그림 4).
- 몰드의 특정 부분의 표면 온도는 부품 사출 이후 상당히 높아집니다.

3D 프린팅 사출 몰드(3DPIM)를 위한 효과적인 설계 검증 도구 데모

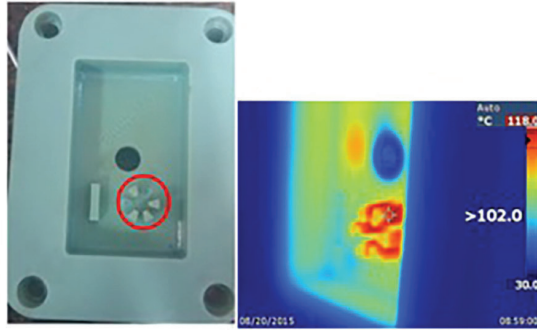


그림 4 - 2에서 6번의 샷 이후 부러지는 타워

해결책

Moldex3D Designer BLM(경계층 메시)와 MCM(다중 구성품 성형) 분석 기술은 3DPIM의 플로우 양상(flow behavior)과 변형을 관찰하는 데 사용됩니다. 이 사례에서 코어 및 캐비티 몰드의 3DPIM은 Moldex3D 분석에서 플라스틱 몰드의 두 가지 “인서트”로 설정됩니다(그림 5). 그리고 Moldex3D Core Shift 분석을 적용해 충전 단계에서 균일하지 않은 압력으로 인해 발생하는 인서트 변형 및 응력 결과를 예측할 수 있습니다(그림 6).

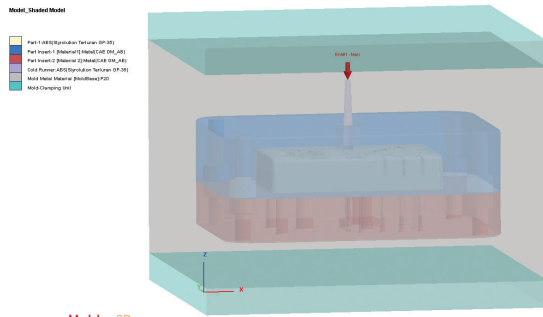


그림 5. Moldex3D에서 제작된 BLM 모델

성형 상태 데이터는 다음과 같습니다.

부품 재료	ABS Terluran GP-35	
3DPIM 재료	디지털 ABS	
맞춤형 3DPIM 재료 특성		
최대 기계 압력	80MPa	패킹 압력: 20MPa
충전 시간	2.4초	냉각 시간: 70초
패킹 시간	2.5초	몰드 개방 시간: 100초
VP 스위치	98%	

결과

시뮬레이션된 용융 면과 1.24초에서의 실제 성형에서 추출한 쇼트 샷 샘플을 비교해보면 Moldex3D를 이용해 3DPIM 내부의 플로우 양상(flow behavior)을 평가할 수 있다는 점을 확인할 수 있습니다(그림 7). 타워 루트는 주변의 불균형한 흐름 때문에 높은 von Mises 응력을 받게 되고 응력은 더욱 커져 결국엔 균열을 일으키는 문제가 발생하는 것을 보여줍니다. 실제 성형에서도 같은 지점에서 타워가 부러지는 것을 명확히 확인할 수 있습니다(그림 8).

시뮬레이션된 몰드 온도 분포와 실제 성형에서 얻은 열 이미지를 비교하면 Moldex3D 열분석의 정확도가 더욱 명확히 입증됩니다. 적색은 효율적인 냉각을 방해하고 과도한 열응력을 야기할 수 있는 3DPIM 표면 온도의 상승을 나타냅니다(그림 9).

3D 프린팅 사출 몰드(3DPIM)를 위한 효과적인 설계 검증 도구 데모

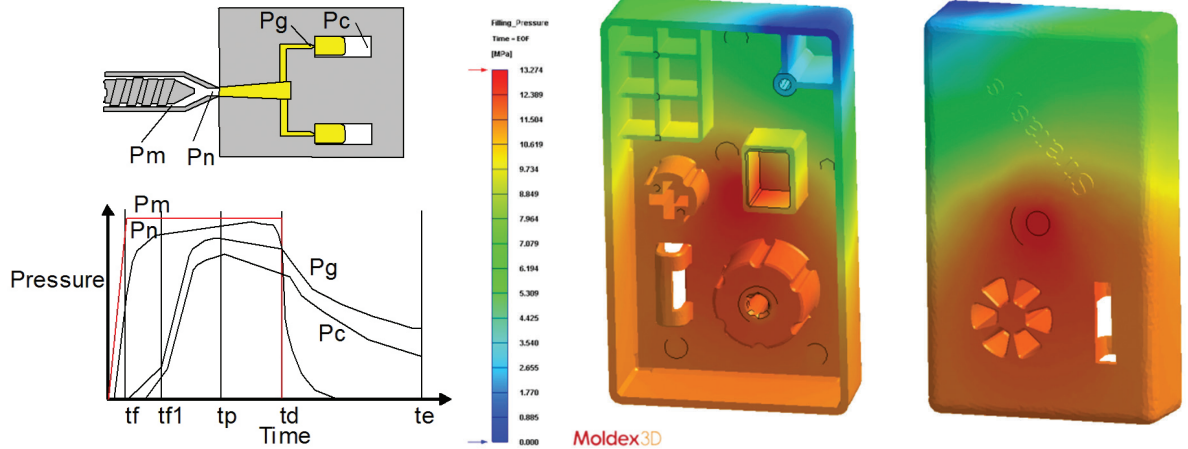


그림 6 - 다른 지점에서 측정된 사출 성형 프로세스의 압력

일반적으로 3DPIM에는 냉각 시스템이 없기 때문에 여러 번의 샷 이후에는 몰드 온도가 상승하게 됩니다. Moldex3D Transient Cool 분석 기능을 통해 사용자는

여러 차례 분석하고 샷이 여러 번 진행된 이후의 열의 값을 시뮬레이션할 수 있습니다. 이전 샷의 온도 값을 참조함으로써 현재 분석에서도 이전 샷의 잔존 열 상태를 살펴볼 수 있습니다. 사용자는 몰드의 온도 분포와 샷이 진행됨에 따라 몰드의 온도가 상승하는 과정을 시각화할 수 있습니다(그림 10).

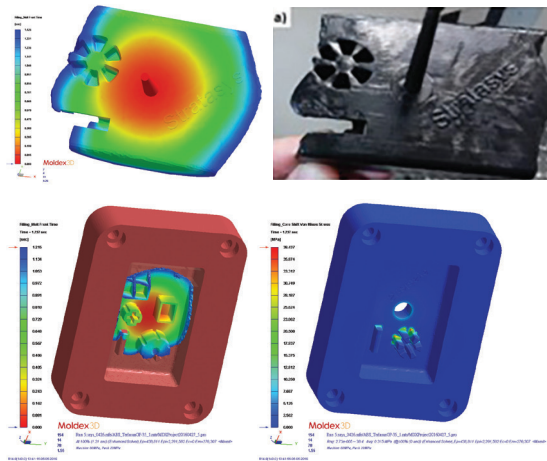


그림 7 - 플로우 양상(flow behavior)은 타워 주변의 불균형 흐름을 말하며 이에 따른 von Mises 응력 값을 나타냅니다.

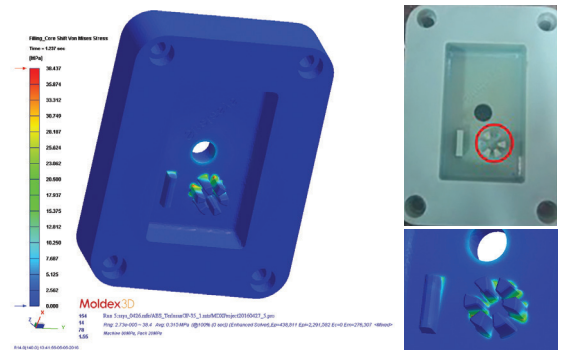


그림 8 - 타워를 통해 두 루트의 응력이 높다는 것을 확인할 수 있고 이는 실제 부품의 파손을 초래할 수 있습니다.

3D 프린팅 사출 몰드(3DPIM)를 위한 효과적인 설계 검증 도구 데모

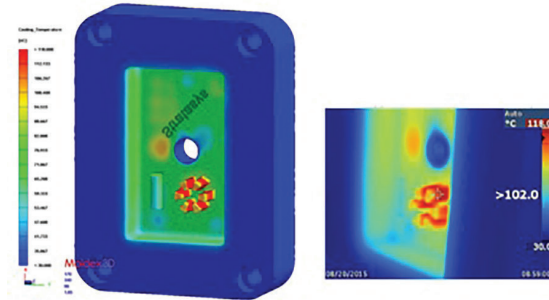


그림 9 - 냉각이 끝난 후 온도 비교(몰드 개방 직후)

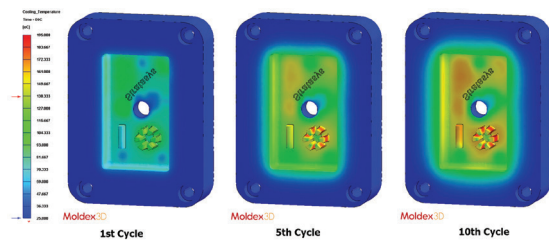


그림 10 - 1번, 5번 및 10번 샷의 온도 및 비교

사용자가 시뮬레이션 값을 바탕으로 설계를 변경/ 개선할 수 있는 방법

Moldex3D는 유동면의 움직임, 몰드 온도 변화 및 분포, 3DPIM의 응력 농도에 대한 신뢰할 수 있는 시뮬레이션 값을 제공합니다. 사용자는 3DPIM을 통해 초기 시뮬레이션 값을 기반으로 제품 프로세스 상태와 재료 (가능한 경우)를 재설계 및 최적화하고 몰드와 부품 설계를 수정함으로써 프로토타입 부품을 효과적으로 제작할 수 있습니다. 예를 들어, 게이트 숫자와 위치를 수정하여 타워에 작용하는 응력을 줄일 수 있습니다.

아래의 표는 프로세스, 재료 및 재설계라는 3개의 주요 섹션으로 구성되어 있습니다. 이를 통해 3DPIM 사용자는 제품 평가 및 개발을 개선하고 최적화할 수 있습니다.

프로세스 조건	목표
충전 비율	<ul style="list-style-type: none"> 유동을 프로필을 결정해 원활한 충전 보장 손쉬운 충전 및 잔여 응력 감소를 위해 용융 온도 변경
온도	<ul style="list-style-type: none"> 최적화된 유동을 프로필 확보 충전 압력 완화 조임력 감소
재료 편차	목표
용융 재료	<ul style="list-style-type: none"> 재료의 플로우 길이에 기반한 게이트 수 및 위치 재료에 따라 변하는 충전 시간, 패킹 시간, 냉각 시간, 용융 온도 및 몰드 온도 부품의 기계적 물성을 강화하기 위한 섬유 강화 재료
금속/프린팅 몰드 인서트	<ul style="list-style-type: none"> 열 전도성 및 열 변형이 방사 속도에 미치는 영향 약한 부분의 견고성을 강화하기 위해 금속 몰드 인서트 사용 가능
금속 스프루 부싱	
모델 재설계	목표
게이트 크기	<ul style="list-style-type: none"> 균형 충전 및 패킹 보장 충전 및 패킹으로 인한 문제 예방
게이트 위치	<ul style="list-style-type: none"> 높은 배압에 대응할 수 있는 충분한 압력 확보 수축을 보상하기 위해 더 많은 용융 충전 보장
게이트 유형	
중형비	<ul style="list-style-type: none"> 중형비가 변화하는 부분에 맞춘 코어 핀 (이 경우, 전단 및 von Mises 응력 분포가 다를 수 있음.)

3DPIM 재설계

3DPIM을 재설계는 여러 방법이 있습니다. 가장 신속하게 3DPIM을 개선하는 방법은 몰드에 조립되는 개별 인서트로서 타워 기능을 통합하는 것입니다(그림 11).

3D 프린팅 사출 몰드(3DPIM)를 위한 효과적인 설계 검증 도구 데모

타워 인서트 재료는 경도가 높은 플라스틱이나 강이 될 수 있습니다. 그러나 재료의 가격이나 툴링 시간은 단일 피스 프로세스보다 증가할 것입니다.

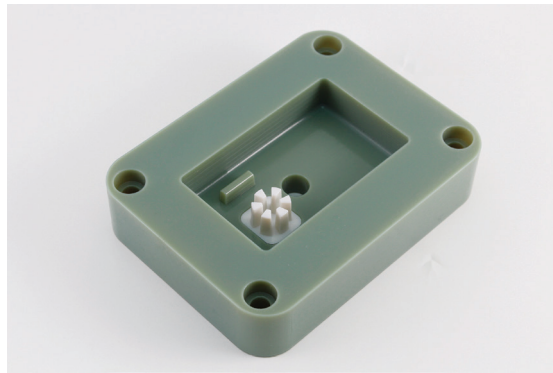


그림 11 - 타워 인서트 어셈블리

프로세스 조건 변경

타워 인서트 어셈블리의 단점을 고려하면, 프로세스 조건 변경은 파손 문제를 해결할 수 있는 훌륭한 해결책이 될 수 있습니다.

이 경우 용융 온도가 변화합니다. 초기 용융 온도는 220°C이지만 ABS Terluran GP-35의 작업 범위를 고려해, 2개의 추가 용융 온도인 180°C와 260°C에서 충전단계에서의 von Mises 응력을 평가합니다.

이 3가지 온도의 같은 충전 단계를 바탕으로, 더 높은 용융 온도가 기능 루트에 미치는 von Mises 응력을 감소시킨다는 것을 알 수 있습니다. 260°C를 이용하면 von Mises 응력은 당초 응력의 절반보다도 17.66MPa가 낮습니다(그림 12). 따라서, 용융 온도 상승은 파손된 타워 문제를 해결하는 데 도움이 되며 3DPIM를 더 많은 사출에 사용할 수 있습니다. 그러나 더 높은 용융 온도는, 부품과 몰드를 생각시키는데 더 많은 시간을 투입해야 합니다.

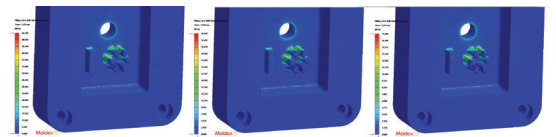


그림 12. 3가지 용융 온도의 von Mises 응력 비교

용융 온도(°C)	VON MISES 응력(MPa)
180	89.71
220	36.95
260	17.66

출처

1. http://usglobalimages.stratasys.com/Main/Files/Technical%20Application%20Guides_TAG/TAG_PJ_InjectionMolding.pdf?v=635923370695739650

STRATASYS.CO.KR

HEADQUARTERS

7665 Commerce Way, Eden Prairie,
MN 55344

+1 800-801-6491 (US Toll Free)

+1 952-937-3000 (Intl)

+1 952-937-0070 (Fax)

2 Holtzman St., Science Park,
PO Box 2496 Rehovot 76124, Israel

+972 74-745-4000

+972 74-745-5000 (Fax)

스트라타시스 코리아

경기도 성남시 분당구 성남대로 349, 601호
(정자동, 시그마타워빌딩)

+82 2-2046-2200

Moldex3D
MOLDING INNOVATION

CoreTech System Co., Ltd.

mail@moldex3d.com

자세한 내용을 확인하려면 www.moldex3d.com을 방문해 주세요.

stratasys

THE 3D PRINTING SOLUTIONS COMPANY™

ISO 9001:2008 인증

©2017 Stratasys Inc. All rights reserved. Stratasys, Stratasys 로고, FDM 및 PolyJet은 미국 및 기타 지역에서 등록된 Stratasys Inc.의 상표 또는 등록 상표입니다. 기타 모든 상표는 해당 소유주의 자산입니다.
제품 사양은 예고 없이 변경될 수 있습니다. WP_PJ_EffectiveDesignValidation_0217a

Stratasys 시스템, 재료 및 활용 분야에 대한 자세한 정보는 888-480-3548로 연락하거나 www.stratasys.co.kr을 방문해 주세요.