

Tough 1000 Resin

내충격성 연질 소재이며 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)에 필적할 만한 인성을 겸비

고밀도 폴리에틸렌의 강도와 강성을 요하는 파트

반복되는 굽힘을 견디는 컴플라이언트 메커니즘

작업 현장에서 오래 두고 사용할 수 있도록
내충격성이 있는 지그와 고정구

저마찰 조립체와 비마모성 표면(볼 조인트 같은 파트)



FLT01001

작성일 09/23/2025

개정판 01 09/23/2025

작성일 기준, 본 문서의 내용은 본사에 알려진 공식 정보와 일치합니다. 다만, Formlabs, Inc는 본 문서에 포함된 내용을 토대로 얻은 결과에 관해 어떠한 보증이나 책임을 지지 않습니다.

Tough 1000 Resin은 내충격성이 있는 연질 소재로 강도, 강성, 인성이 고밀도 폴리프로필렌(HDPE)에 필적합니다. 내마모성과 피로 저항성이 뛰어나 장기 사용 시 인성과 유용성이 뛰어납니다.

파단 시 연신율(EAB)이 180%이며 가트너 충격 강도는 128 in-lb로 HDPE보다 우수하여, 굽힘, 압축, 변형 시 균열이 생기지 않는 파트를 제작하기에 이상적인 소재입니다. Hinges and functional parts can handle repeated stress and wear with a 파괴 에너지가 3,200 J/m²이며 로스 플렉스 피로 시험에서 100,000 사이클(23 °C)이 넘는 굽힘을 견뎌 반복되는 응력과 마모를 처리할 수 있는 힌지와 기능성 파트를 제작할 수 있습니다. 무광택이며 진한 회색인 Tough 1000 Resin은 매끄러운 표면과 마찰이 적은 마감 상태를 요하는 응용 분야를 겨냥해 엔지니어링 되었습니다.

Tough 1000 Resin은 Form 4 시리즈 프린터의 기술의 잠재력을 극대화하도록 새롭게 배합된 소재입니다. Durable Resin과 비교했을 때 파괴인성은 5배이며 EAB는 2배, 내열성, 크립내성, 노화 저항성이 개선되었습니다.

소재 물성 ¹			방법
	그린 ²	후경화 ³	
인장 특성¹			방법
극한 인장 강도	23.7 MPa	26.3 MPa	ASTM D638-14
인장 탄성계수	844 MPa	932 MPa	ASTM D638-14
항복점 인장 강도	18.6 MPa	21.4 MPa	ASTM D638-14
항복점 연신율	4.8%	5.0%	ASTM D638-14
파단 시 연신율	217%	180%	ASTM D638-14
굽힘 특성¹			방법
굽힘 강도	22.6 MPa	29.0 MPa	ASTM D790-17
굽힘 탄성계수	595 MPa	761 MPa	ASTM D790-17
인성 특성¹			방법
노치드 아이조드 충격강도	69 J/m	72 J/m	ASTM D256-10
언노치드 아이조드 충격강도	파단 없음	파단 없음	ASTM D4812-11
노치드 샤르피 충격 강도	7.6 kJ/m ²	9.0 kJ/m ²	ISO 179-1
언노치드 샤르피 충격 강도	파단 없음	180 kJ/m ²	ISO 179-1
1/32"(0.79 mm) 두께에서가드너 충격 강도	13.1 J	13.1 J	ASTM D5420-21
1/16"(1.6 mm) 두께에서가드너 충격 강도	14.0 J	14.5 J	ASTM D5420-21
로스 플렉스 피로 시험	>100,000 사이클	>100,000 사이클	내부(23°C, 1 Hz에서 30도 변형)
파괴 특성¹			방법
최대 응력 세기 계수(Kmax)	테스트 하지 않음	1.94 MPa-m ^{1/2}	ASTM D5045-14
파괴 에너지(W _f)	테스트 하지 않음	3200 J/m ²	ASTM D5045-14

¹ 소재 특성은 파트 형상, 프린트 방향, 프린트 설정, 온도 등에 따라 달라질 수 있습니다.

² 데이터는 Form 4 프린터에서 100 µm Tough 1000 Resin 설정으로 프린팅한 후 Form Wash V2에서 농도가 99% 이상인 이소프로필 알코올로 10~15분간 세척한 파트를 측정하여 얻었습니다.

³ 데이터는 Form 4 프린터에서 100 µm Tough 1000 Resin 설정으로 프린팅한 후 Form Wash에서 농도가 99% 이상인 이소프로필 알코올로 5분간 세척하고, Form Cure에서 60°C로 15분간 후경화한 파트를 측정하여 얻었습니다.

소재 물성 ¹			방법
	그린 ²	후경화 ³	
열특성¹			방법
1.8 MPa 하중 시열변형 온도	40.4 °C	44.6 °C	ASTM D648-16
0.45MPa 하중 시열변형 온도	49.7 °C	55.3 °C	ASTM D648-16
열팽창 (0~150 °C)	161.6 μm/m/°C	168.2 μm/m/°C	ASTM E831-19
연소성	테스트 하지 않음	HB	UL 94
전기적 특성¹			방법
	후경화³		
유전체 강도	15.1 kV/mm		ASTM D149-20
유전 상수(50 Hz)	0.014		ASTM D150 (50 Hz)
유전 상수(1 kHz)	0.013		ASTM D150 (1 kHz)
소산 계수(50 Hz)	3.70		ASTM D150 (50 Hz)
소산 계수(1 kHz)	3.59		ASTM D150 (1 kHz)
체적 저항	4 * 10 ¹⁵ Ω-cm		ASTM D257-14
그 외의 특성¹			방법
쇼어 D 경도	56D		ASTM D2240
융적 밀도	1.07 g/mL		ASTM D792-20
25 °C에서 점도	4030 cP		ASTM D792-20
액체 밀도	1.01 g/mL		ASTM D792-20

화학적 호환성

프린팅된 1x1x1cm 정육면체를 각 용매에 24시간 이상 담근 후 측정한 무게 증가율입니다.

용매	24시간 무게 증가율, %	용매	24시간 무게 증가율, %
아세트산(5%)	0.2	아이소옥탄(일명 휘발유)	39.8
아세톤	30.4	미네랄 오일(경광유)	0.0
이소프로필 알코올	6.9	미네랄 오일(중광유)	0.1
표백제 ~5% NaOCl	0.0	소금물(3.5% NaCl)	0.2
부틸 아세테이트	38.9	수산화나트륨 용액(0.025% pH = 10)	0.2
디젤 연료	0.7	물	0.0
디에틸글리콜 모노메틸 에테르	6.9	자일렌	62.7
유압 오일	0.1	강산(농축 HCl)	7.3
스카이드롤 5	5.0	TPM	7.0
과산화수소(3%)	0.2		

¹ 소재 특성은 파트 형상, 프린트 방향, 프린트 설정, 온도에 따라 달라질수 있습니다.

² 데이터는 Form 4 프린터에서 100 μm Tough 1000 Resin 설정으로 프린팅한 후 Form Wash V2에서 농도가 99% 이상인 이소프로필 알코올로 10~10분 간 세척한 피트를 측정하여 얻었습니다.

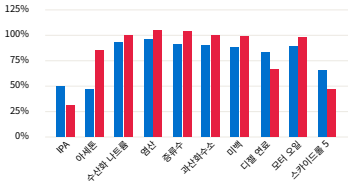
³ 데이터는 Form 4 프린터에서 100 μm Tough 1000 Resin V1 설정으로 프린팅한 후 Form Wash에서 농도가 99% 이상인 이소프로필 알코올로 5분간 세척하고, Form Cure에서 60°C로 15분간 후경화한 피트를 측정하여 얻었습니다.

화학적 호환성(ASTM D543)

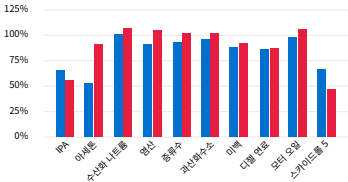
ASTM D543에 따라 화학적 호환성 테스트를 거쳤습니다. 다양한 화학 물질에 시간을 다르게 노출시킨 뒤 인장 탄성계수와 강도를 측정하는 방법으로 화학 물질의 영향을 테스트했습니다. 시험에 사용된 샘플은 용기에 보관했다가 테스트 화학 물질에 꼭 잠긴 상태로 하루와 1주 동안 노출시켰습니다. 화학 물질에서 꺼낸 샘플은 세척 후 기계적 테스트를 실시하기 전에 22°C에서 24시간 동안 안정화했습니다. 기계적 테스트는 ASTM D638에 따라 표준 실험실 환경 조건(22°C)에서 실시했습니다. 결과는 노출되지 않은 샘플의 측정값과의 차이(%)로 보고합니다.

용매	IPA	아세톤	수산화나트륨 (0.025% pH=10)	염산 (10%)	중류수	과산화수소 (3%)	표백제 (~5% 차아염소산나트륨)	디젤 연료	모터 오일	스카이드롤 5
상대 탄성 계수										
1일	52%	47%	94%	97%	91%	91%	88%	83%	91%	65%
1주	34%	87%	101%	105%	105%	100%	100%	68%	99%	46%
상대 강도										
1일	66%	53 %	102%	92%	94%	95%	89%	86%	98%	68%
1주	56%	92%	108%	106%	102%	102%	93%	88%	107%	47%
상대 연신율										
1일	109%	99%	87%	94%	94%	96%	87%	95%	103%	91%
1주	140%	138%	117%	111%	118%	117%	80%	141%	133%	97%
상대 질량										
1일	111%	144%	100%	100%	100%	100%	100%	103%	100%	107%
1주	130%	142%	100%	100%	100%	101%	100%	108%	100%	116%

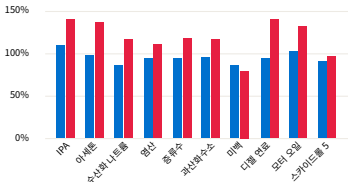
침지 시간 후 인장 탄성 계수



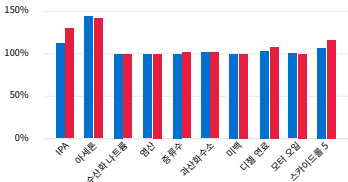
침지 시간 후 극한 인장 강도



침지 시간 후 파단 시 연신율



침지 시간 후 질량 흡수

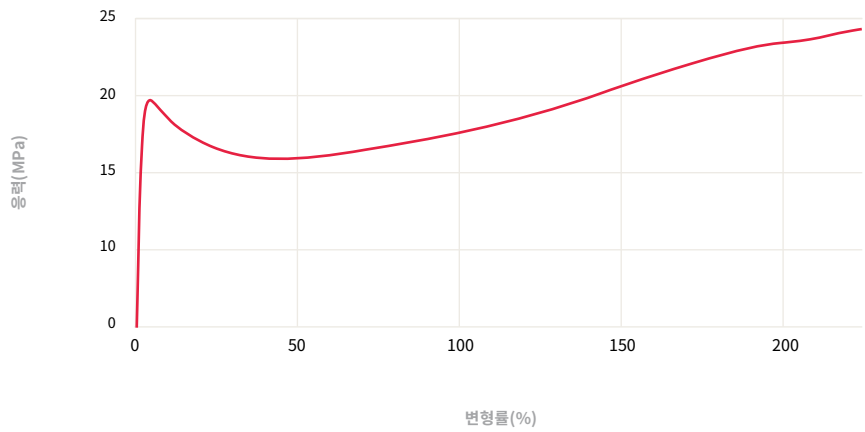


● 1일 ● 1주

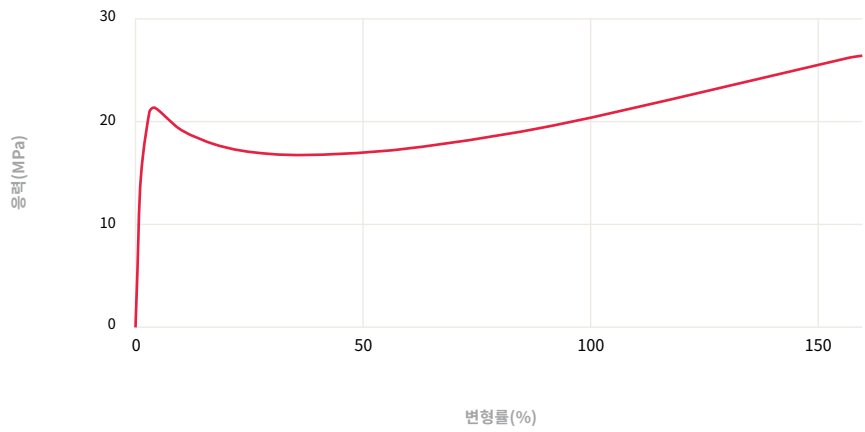
대표 인장 곡선(ASTM D638-14)

Type I, 50 mm/min

그린



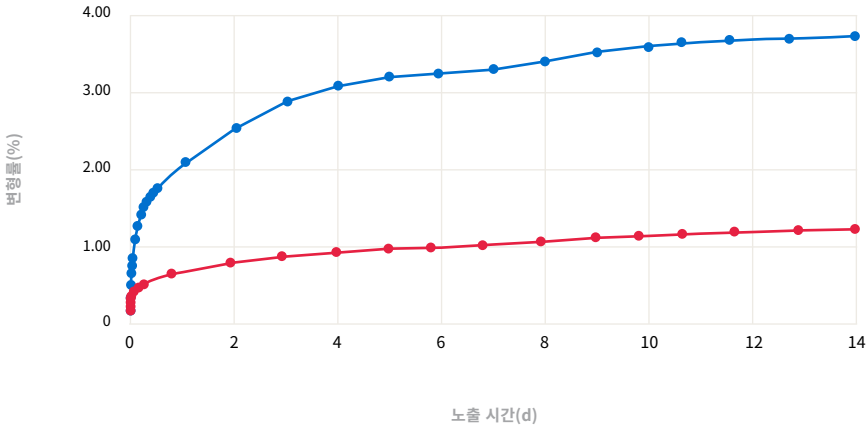
후경화 공정 후



굽힘 크리프 ISO 6602

Formlabs은 ISO 6602를 기준으로 Tough 1000 Resin의 크리프 내성을 평가했습니다. 이 시험은 고정된 하중과 일정한 온도 조건에서 재료의 변형률을 측정합니다. 시편은 2.0MPa 하중 하에 22°C에서 테스트했습니다. 14일 동안 하루에 한 번씩 굽힘 변형률 측정했습니다.

시간 경과에 따른 크리프 변형률



동적 기계 분석(DMA)

3 °C/min에서 Tough 1000 Resin의 0 °C ~140 °C DMA 곡선이 보입니다. 유리 전이는 109.6°C에서, 저장 계수의 변곡점은 68.4°C에서 관찰되었습니다.

