

Tough 2000 Resin V2

잘 휘어지지 않고 튼튼한 소재, ABS의 성능에 필적할 만한 인성 견비

ABS의 물성과 유사한 강도와 강성을 요하는 파트 내열성과 크리프 내성이 우수하고 튼튼한 인클로저

작업 현장에서 오래 두고 사용할 수 있는
지그와 고정구

생산에 바로 투입 가능한 파트, 어둡고 광택 없는 마감



V2

FLT02002

작성일 10/06/2025

개정판 01 10/06/2025

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 2000 Resin V2는 견고한 소재로 강도와 강성이 아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌(ABS)과 유사하며, 인성과 고온 내열성 및 크리프 내성도 갖추고 있습니다.

Tough 2000 Resin은 고강도 응용 분야에 적합한 소재로, 파손과 변형, 장기 사용 시 마모를 견뎌야 하는 고기능성 프로토타입과 최종 사용 파트를 제작할 수 있습니다. 파단 시 연신율이 79%이며 열 변형 온도(HDT)가 70 °C여서 파트를 제작하면 기계적 응력과 환경적 응력을 가했을 때 구조적 무결성을 유지할 수 있습니다. 신규 배합은 어둡고 광택이 없는 상태로 마감할 수 있어 디테일한 표현을 강조하고 표면이 매끄러운 파트를 제작하여 프레젠테이션에 바로 사용할 수 있습니다.

Tough 2000 Resin V2은 Form 4 시리즈의 성능을 극대화하도록 새롭게 배합된 소재입니다. 이전 버전과 비교했을 때 파괴 인성이 3배로 향상되었으며 열성능, 재료 수명, 심미성이 개선되었습니다.

소재 물성 ¹			방법
	그린 ²	후경화 ³	
인장 특성			방법
극한 인장 강도	26.1MPa	40.4 MPa	ASTM D638-14
인장 탄성계수	1235 MPa	1800 MPa	ASTM D638-14
항복점 인장 강도	26.1MPa	40.4 MPa	ASTM D638-14
항복점 연신율	5.0%	4.5%	ASTM D638-14
파단 시 연신율	149%	79%	ASTM D638-14
굴곡 특성 ¹			방법
굴힘 강도	38MPa	67 MPa	ASTM D790-17
굴힘 탄성계수	1040 MPa	1701 MPa	ASTM D790-17
인성 특성 ¹			방법
노치드 아이조드 충격강도	24 J/m	25 J/m	ASTM D256-10
언노치드 아이조드 충격강도	323 J/m	325 J/m	ASTM D4812-11
노치드 샤르피 충격 강도	2 kJ/m ²	2.4 kJ/m ²	ISO 179-1
언노치드 샤르피 충격 강도	20 kJ/m ²	31 kJ/m ²	ISO 179-1
1/32"(0.79 mm) 두께에서 가드너 충격 강도	4.8 J	1.6 J	ASTM D5420-21
로스 플렉스 피로 시험	11900 사이클	3560 사이클	내부(23°C, 1 hz에서 30도 변형)
파괴 특성 ¹			방법
최대 응력 세기 계수(Kmax)	1.4 MPa-m ^{1/2}	1.65 MPa-m ^{1/2}	ASTM D5045-14
파괴 에너지(W _p)	330 J/m ²	305 J/m ²	ASTM D5045-14

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

² 데이터는 Form 4 프린터에서 100 µm Tough 2000 Resin 설정으로 프린팅한 후 Form Wash V2에서 농도가 99% 이상인 이소프로필 알코올로 10~5분간 세척한 파트를 측정하여 얻었습니다.

³ 데이터는 Form 4 프린터에서 100 µm Tough 2000 Resin V2 설정으로 프린팅한 후 Form Wash에서 농도가 99% 이상인 이소프로필 알코올로 5분간 세척하고, Form Cure V2에서 70°C로 12분간 후경화한 파트를 측정하여 얻었습니다.

소재 물성 ¹		방법	
	그린 ²	후경화 ³	
열특성 ¹			방법
1.8 MPa 하중 시 열변형 온도	45 °C	57 °C	ASTM D648-16
0.45MPa 하중 시 열변형 온도	53 °C	70°C	ASTM D648-16
열팽창(0~150 °C)	142.6 μm/m/°C	134.2 μm/m/°C	ASTM E831-19
연소성	테스트 하지 않음	통과	UL 94
전기적 특성 ¹			방법
	후경화 ³		
유전체 강도	15.5 kV/mm		ASTM D149-20
유전 상수(50 Hz)	3.46		ASTM D150(50 Hz)
유전 상수(1 kHz)	3.38		ASTM D150(1 kHz)
소산 계수(50 Hz)	0.018		ASTM D150(50 Hz)
소산 계수(1 kHz)	0.012		ASTM D150(1 kHz)
체적 저항	3 * 10 ¹⁵ Ω-cm		ASTM D257-14
그 외의 특성 ¹			방법
쇼어 D 경도	61D		ASTM D2240
용적 밀도	1.09 g/mL		ASTM D792-20
25 °C에서 점도	2680 cP		ASTM D792-20
액체 밀도	1.03 g/mL		ASTM D792-20

화학적 호환성

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

용매	24시간 무게 증가율, %	용매	24시간 무게 증가율, %
아세트산(5%)	0.17	아이소옥탄(일명 휘발유)	21.24
아세톤	22.92	미네랄 오일(경광유)	0.12
이소프로필 알코올	4.21	미네랄 오일(중광유)	0.07
표백제 ~5% NaOCl	0.11	소금물(3.5% NaCl)	0.16
부틸 아세테이트	18.65	수산화나트륨 용액(0.025% pH = 10)	0.18
디젤 연료	0.08	물	0.19
디에틸글리콜 모노메틸 에테르	4.65	자일렌	27.69
유압 오일	0.06	강산(농축 HCl)	1.96
스카이드를 5	0.96	TPM	1.86
과산화수소(3%)	0.21		

¹ 소재 특성은 파트 형상, 프린트 방향, 프린트 세팅, 온도에 따라 달라질 수 있습니다.

² 데이터는 Form 4 프린터에서 100 μm Tough 2000 Resin 설정으로 프린팅한 후 Form Wash V2에서 농도가 99% 이상인 이소프로필 알코올로 10~5분간 세척한 파트를 측정하여 얻었습니다.

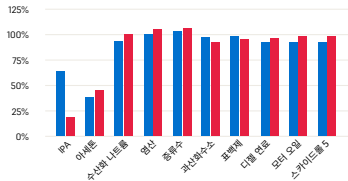
³ 데이터는 Form 4 프린터에서 100 μm Tough 2000 Resin V2 설정으로 프린팅한 후 Form Wash에서 농도가 99% 이상인 이소프로필 알코올로 10~5분간 세척하고, Form Cure V2에서 70°C로 12분간 후경화된 파트를 측정하여 얻었습니다.

화학적 호환성(ASTM D543)

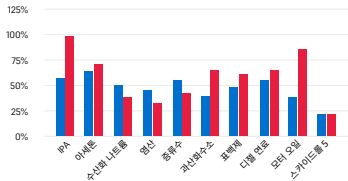
ASTM D543에 따라 화학적 호환성 테스트를 거쳤습니다. 다양한 화학 물질에 시간을 다르게 노출시킨 뒤 인장 탄성계수와 강도를 측정하는 방법으로 화학 물질의 영향을 테스트했습니다. 시험에 사용된 샘플은 용기에 보관했다가 테스트 화학 물질에 폭 잠긴 상태로 하루와 1주 동안 노출시켰습니다. 화학 물질에서 꺼낸 샘플은 세척 후 기계적 테스트를 실시하기 전에 22°C에서 24시간 동안 안정화했습니다. 기계적 테스트는 ASTM D638에 따라 표준 실험실 환경 조건(22°C)에서 실시했습니다. 결과는 노출되지 않은 샘플의 측정값과의 차이(%)로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

용매	IPA	아세톤	수산화나트륨 (0.025% pH=10)	HCL (10%)	증류수	과산화수소 (3%)	미백 (~5% 차아염소 산나트륨)	디젤 연료	모터 오일	스카이드롤 5
상대 탄성 계수										
1일	63%	37%	93%	100%	103	100%	98 °C	93%	92%	93%
1주	18%	45%	100%	104%	106%	92%	95%	97%	98%	98%
상대 강도										
1일	66%	43%	101%	102%	102%	102%	100%	101%	101%	101%
1주	27%	39%	97%	99%	97%	93%	92%	92%	96%	94%
상대 연신율										
1일	116%	131%	102%	100%	111%	81%	97%	113%	77%	43%
1주	197%	144%	78%	65%	85%	133%	123%	131%	173%	45%
상대 질량										
1일	107%	139%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	102%
1주	119%	137%	101%	100%	101%	101%	100%	101%	100%	103%

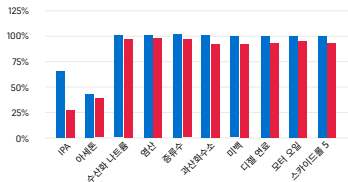
침지 시간 후 인장 탄성 계수



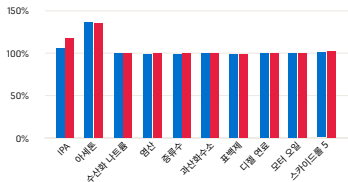
침지 시간 후 파단 시 연신율



침지 시간 후 극한 인장 강도



침지 시간 후 질량 흡수

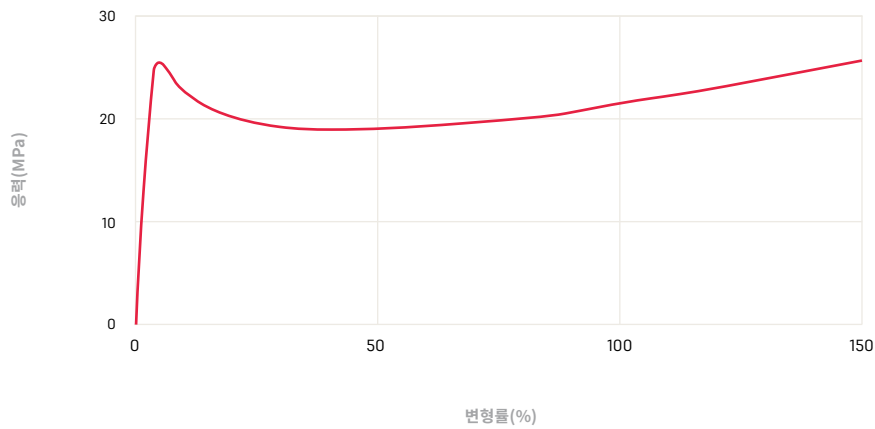


● 1일 ● 1주

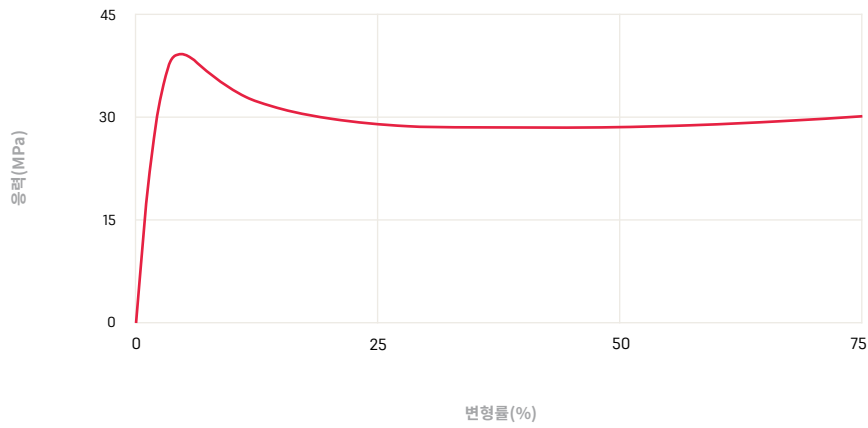
대표 인장 곡선(ASTM D638-14)

Type I, 5 mm/min

그린



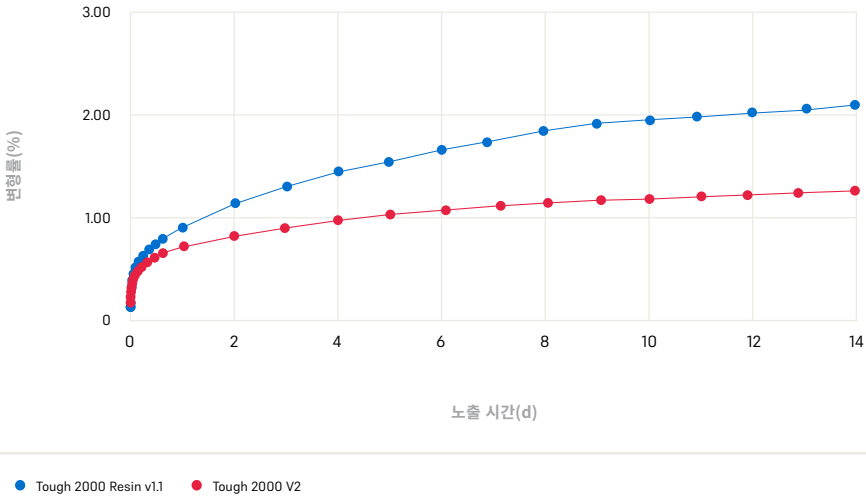
후경화 공정 후



굽힘 크리프 ISO 6602

Formlabs은 ISO 6602를 기준으로 Tough 1500 Resin V2의 크리프 내성을 평가했습니다. 이 시험은 고정된 하중과 일정한 온도 조건에서 재료의 변형률을 측정합니다. 시편은 4.0MPa 하중 하에 22°C에서 테스트했습니다. Deflection was measured over the course of 14 days.

시간 경과에 따른 크리프 변형률



동적 기계 분석(DMA)

A DMA curve of Tough 2000 V2 from 0 °C to 150 °C at 3 °C/min is shown. A glass transition is observed at 112.2 °C, and an inflection of the storage modulus is observed at 76.96 °C.

