

복합재

기본 복합재	테스트(ASTM)	Onyx	Onyx FR	Onyx ESD	Nylon
인장 계수(GPa)	D638	2.4	3.0	4.2	1.7
항복 인장 응력(MPa)	D638	40	41	52	51
파단 시 인장 응력(MPa)	D638	37	40	50	36
파단 시 인장 변형률(%)	D638	25	18	25	150
굴곡 강도(MPa)	D790 ¹	71	71	83	50
굴곡 탄성률(GPa)	D790 ¹	3.0	3.6	3.7	1.4
열변형온도(°C)	D648 B	145	145	138	41
난연성	UL94	—	V-0 ²	—	—
아이조드 충격 - 노치(J/m)	D256-10 A	330	—	44	110
표면 저항(Ω)	ANSI/ESD STM11.11 ³	—	—	10 ⁵ ~ 10 ⁷	—
밀도(g/cm ³)	—	1.2	1.2	1.2	1.1

Markforged 파트는 주로 기본 복합재 재료로 구성됩니다. 사용자는 한 가지 유형의 연속 섬유로 파트를 보강할 수 있습니다.

시편의 치수 및 구성:

- 인장: ASTM D638 유형 I 빔 또는 IV 빔
- 굴곡: 3점 굽힘, 4.5 in (L) x 0.4in (W) x 0.12 in (H)
- 0.45MPa, 66psi에서의 열 변형 온도 (ASTM D648-07 Method B)

1. ASTM D790의 측정법과 유사한 방법으로 측정했습니다. 기본 복합재만으로 제작된 파트는 굴곡 시험이 끝날 때까지 파손되지 않습니다.

2. Onyx FR은 3mm 두께까지 UL 94 V-0 Blue Card 인증을 받았습니다.

3. 공인된 써드파티 테스트 시설에서 권장하는 프린팅 설정을 사용하여 여러 파트 표면에서 측정된 표면 저항 값입니다. 자세한 내용은 Onyx ESD 기술 데이터 시트를 참조하십시오.

연속 섬유	테스트(ASTM)	Carbon	Carbon FR	Kevlar®	Fiberglass	HSHT FG
인장 강도(MPa)	D3039	800	760	610	590	600
인장 계수(GPa)	D3039	60	57	27	21	21
파단 시 인장 변형률(%)	D3039	1.5	1.6	2.7	3.8	3.9
굴곡 강도(MPa)	D790 ¹	540	540	240	200	420
굴곡 탄성률(GPa)	D790 ¹	51	50	26	22	21
파단 시 굴곡 변형률(%)	D790 ¹	1.2	1.6	2.1	1.1	2.2
압축 강도(MPa)	D6641	420	300	130	180	216
압축 탄성률(GPa)	D6641	62	59	25	24	21
파단 시 압축 변형률(%)	D6641	0.7	0.5	1.5	—	0.8
열변형온도(°C)	D648 B	105	105	105	105	150
아이조드 충격 - 노치(J/m)	D256-10 A	960	810	2000	2600	3100
밀도(g/cm ³)	—	1.4	1.4	1.2	1.5	1.5

섬유 복합재의 치수 및 구조
시편:

이 데이터에 사용된 테스트 플라크는 섬유를 사용해 단방향 (0° 플라크)으로 강화했습니다.
인장 시편: 9.8 in (L) x 0.5 in (H) x 0.048 in (W) (CF 복합재), 9.8 in (L) x 0.5 in (H) x 0.08 in (W) (FG 및 Kevlar 복합재)
압축 시편: 5.5 in (L) x 0.5 in (H) x 0.085 in (W) (CF 복합재), 5.5 in (L) x 0.5 in (H) x 0.12 in (W) (Kevlar 및 FG 복합재)
굽힘 시편: 3점 굽힘, 4.5 in (L) x 0.4 in (W) x 0.12 in (H)
0.45MPa, 66psi에서의 열 변형 온도(ASTM D648-07 Method B)

인장, 압축, 파단 시 변형률, 열 변형 온도 데이터는 공인된 써드파티 테스트 시설에서 제공되었습니다. 굴곡 데이터는 Markforged Inc.에서 준비했습니다. 이는 일반적인 값을 나타냅니다.

Markforged 테스트 플라크는 테스트 성능을 극대화하도록 고유하게 설계되었습니다. 섬유 테스트 플라크는 단방향 섬유로 완전히 채워지고 벽 없이 프린팅됩니다. 플라스틱 테스트 플라크는 완전히 내부 채우기(Full Infill)로 프린팅합니다. 특정 테스트 조건에 대해 자세히 알아보거나 내부 테스트에 사용할 테스트 파트를 요청하려면 Markforged 담당자에게 문의하십시오. 고객의 파트는 전부 고객의 사양에 따라 테스트해야 합니다.

파트 및 재료 성능은 섬유 레이아웃 설계, 파트 설계, 특정 하중 조건, 테스트 조건, 제작 조건 등에 따라 달라집니다.

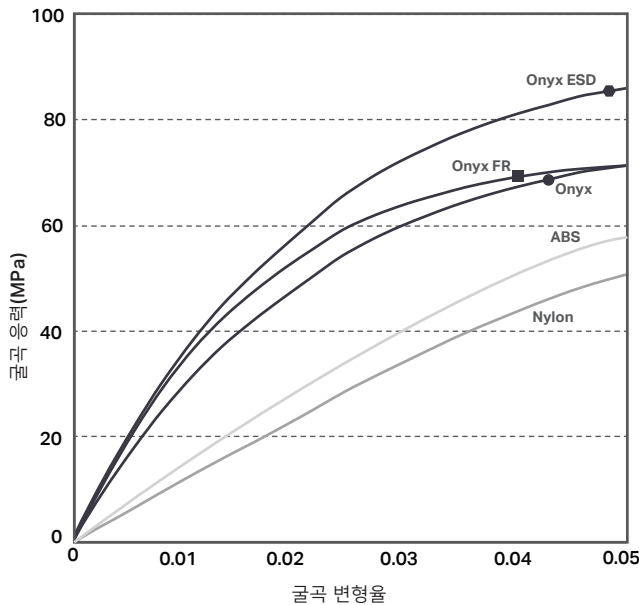
이 대표 데이터는 표준 방법으로 테스트, 측정 또는 계산했으며 예고 없이 변경될 수 있습니다. Markforged는 상품성, 특정 용도에 대한 적합성 또는 특정 침해에 대한 보증을 포함하지 않으며 이 정보의 사용과 관련하여 어떠한 책임도 지지 않습니다. 여기에 나열된 데이터는 설계, 품질 관리 또는 사양을 제한하는 데 사용되어서는 안 되며 특정 애플리케이션에 적합함을 확인하기 위해 진행되는 자체 테스트를 대체할 용도가 아닙니다. 이 문서의 어떤 내용도 지적 재산권에 따른 라이선스 행사 또는 침해에 대한 권고로 해석되어서는 안 됩니다.

복합재

Markforged 복합재 프린터는 고강도 연속 섬유로 FFF 파트를 강화하는 고유한 프로세스인 연속 섬유 강화(CFR)가 가능합니다. CFR 가능 장비는 2개의 압출 시스템을 사용합니다. 하나는 표준 FFF 공정에서 기본 복합재를 압출하는 것이고, 다른 하나는 FFF 내부 채우기를 대체하는 레이어 사이에 배치되는 긴 가닥 연속 섬유용입니다.

복합재-기본

Markforged 복합재는 기존의 FFF 열가소성 수지처럼 프린팅됩니다. 자체만으로 프린팅하거나 Carbon Fiber, Kevlar 및 Fiberglass를 포함한 당사의 연속 섬유로 강화할 수도 있습니다.



● Onyx

굴곡 강도: 71MPa

Onyx는 마이크로 탄소 섬유로 채워진 나일론입니다. ABS보다 1.4배 더 강하고 단단하며 모든 연속 섬유로 보강할 수 있습니다. Onyx는 표면 마감, 내화학성 및 내열성에 대한 기준을 설정합니다.

■ Onyx FR

굴곡 강도: 71MPa

Onyx FR은 UL94 V-0 Blue Card 인증을 받은 재료로 Onyx와 유사한 기계적 특성을 가지고 있습니다. 난연성, 경량성, 강도가 요구되는 애플리케이션에 가장 적합합니다.

◆ Onyx ESD

굴곡 강도: 83MPa

Onyx ESD는 Onyx의 정전기 소산 안전 변형으로 엄격한 ESD 안전 요구 사항을 충족하는 동시에 우수한 강도, 강성 및 표면 마감을 제공합니다. ESD 안전 재료가 필요한 애플리케이션에서 가장 잘 사용됩니다.

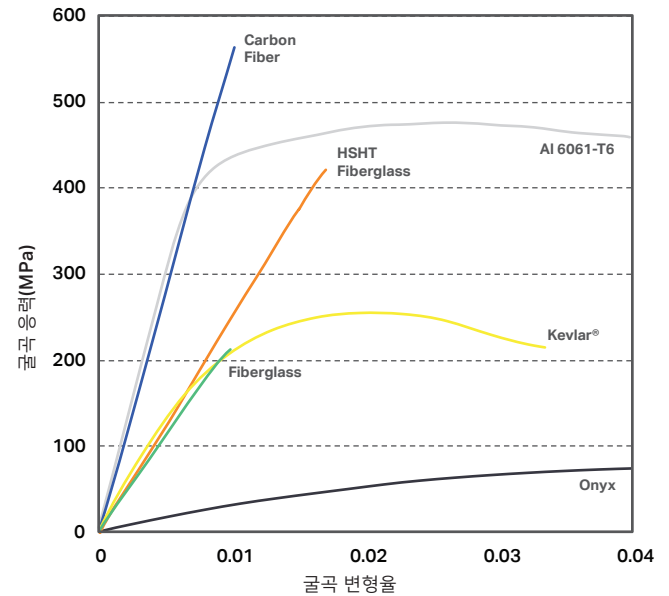
● Nylon

굴곡 강도: 50MPa

Nylon White로 제작된 파트는 매끄럽고 비마모성이며 쉽게 도색됩니다. 이들 파트는 어떤 연속 섬유로도 보강할 수 있으며 흡입이 나지 않는 작업 도구, 반복 취급 및 성형 부재에 가장 적합합니다.

연속 섬유

연속 섬유는 섬유 전용 노즐을 통해 파트 내부에 배치됩니다. 자체적으로 프린팅할 수 없으며 대신 Onyx와 같은 기본 복합재로 프린팅된 파트를 보강하는 데 사용됩니다.



● Carbon Fiber

굴곡 강도: 540MPa

탄소 섬유는 강화 섬유 중 가장 높은 중량 대비 강도 비율을 보유하고 있습니다. Onyx보다 6배 더 강하고 18배 더 강한 탄소 섬유 강화는 일반적으로 가공 알루미늄을 대체하는 파트에 사용됩니다.

● Fiberglass

굴곡 강도: 200MPa

Fiberglass는 저렴한 가격에 높은 강도를 제공하는 보급형 연속 섬유입니다. Onyx보다 2.5배 더 강하고 8배 더 강한 유리 섬유 강화는 강력한 견고한 도구를 만듭니다.

● Kevlar®

굴곡 강도: 240MPa

Kevlar는 내구성이 우수하여 반복적이고 급격한 하중이 가해지는 파트에 최적입니다. 유리 섬유만큼 뽀뽀하고 훨씬 더 연성이 있어 다양한 애플리케이션에 사용할 수 있습니다.

● HSHT Fiberglass

굴곡 강도: 420MPa

HSHT(고강도 고온) Fiberglass는 알루미늄 강도와 높은 내열성을 보유하고 있습니다. Onyx보다 5배 강하고 7배 더 단단하여 높은 작동 온도에서 사용되는 파트에 가장 적합합니다.