



LaserForm Ti Gr23 (A)

3D Systems의 DMP Flex 100, DMP Flex 200, DMP Flex 350, DMP Factory 350, DMP Flex 350 Dual, DMP Factory 500 및 DMP Factory 350 Dual 3D 금속 프린터와 함께 사용하도록 미세 조정된 티타늄 합금. 높은 비강도와 우수한 생체적합성이 결합된 기술 및 의료 부품을 생산합니다. LaserForm Ti Gr23(A)은 철, 탄소 및 산소 함량이 낮은 ELI(초저 사이질) 등급이며 LaserForm Ti Gr5(A)보다 순도가 높아 연성과 파괴 인성이 향상되는 것으로 알려져 있습니다.

LaserForm Ti Gr23(A)은 최고의 부품 품질과 최상의 부품 특성을 제공하도록 배합되었습니다. 3D Systems가 소재와 함께 제공하는 프린트 매개변수 데이터베이스는 매년 1,000,000개 이상의 까다로운 생산 부품을 프린트하는 고유한 전문 지식을 갖춘 3D Systems의 부품 생산 시설에서 광범위하게 개발, 테스트 및 최적화되었습니다. 다양한 테스트 샘플을 기반으로 아래 나열된 특성은 작업 간 및 기계 간 반복성 측면에서 사용자에게 높은 신뢰도를 제공합니다. LaserForm 소재를 사용하면 사용자가 일관되고 신뢰할 수 있는 부품 품질을 경험할 수 있습니다.

소재 설명

이 티타늄 합금은 고강도, 저밀도 및 우수한 생체적합성으로 인해 일반적으로 항공우주 및 의료 분야에 사용됩니다. Ti6Al4V ELI(등급 23)와 Ti6Al4V(등급 5)의 근본적인 차이점은 등급 23에서는 산소 함량이 0.13%(최대)로 감소한다는 점입니다. 이로 인해 강도는 약간 감소되면서 연성 및 파괴 인성은 개선됩니다.

이러한 이점들로 인해 LaserForm TiGr23(A)은 가장 많이 사용되는 의료 및 항공우주 티타늄 등급입니다. 생체 적합성으로 인해 수술용 임플란트, 교정 기구 및 관절내 대체물과 같은 생체 의학 응용 분야에 사용할 수 있습니다.

분류

LaserForm Ti Gr23(A) 합금으로 제작된 부품은 ASTM F3001, ASTM F3302, ISO 5832-3, ASTM F136 및 ASTM B348 표준을 준수하는 화학 성분을 갖추고 있습니다.

기계적 특성

DMP FLEX 350, DMP FACTORY 350 - LT 30, 60, 90 ^{1, 4, 5, 6, 7}	테스트 방법	미터 단위		미국	
		SR ³	HIP ²	SR ³	HIP ²
최고의 인장 강도(MPa ksi) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8M	1060 ± 15	990 ± 25	154 ± 2	144 ± 4
		1060 ± 15	990 ± 30	154 ± 2	144 ± 4
항복 강도 Rp0.2%(MPa ksi) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8M	970 ± 15	890 ± 30	141 ± 2	129 ± 4
		960 ± 20	900 ± 50	139 ± 3	130 ± 7
플라스틱 연신율(%) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8M	15 ± 3	17 ± 3	15 ± 3	17 ± 3
		15 ± 2	17 ± 4	15 ± 2	17 ± 4
면적 감소(%) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8M	40 ± 8	46 ± 9	40 ± 8	46 ± 9
		44 ± 7	48 ± 6	44 ± 7	48 ± 6
피로성(MPa ksi)	ASTM E466	Typical 640	NA	Typical 92	-
DMP FLEX 350 DUAL, DMP FACTORY 350 DUAL - LT 30, 60, 90 ^{5, 7, 8}	테스트 방법	미터 단위		미국	
		SR ²	HIP ³	SR ²	HIP ³
최고의 인장 강도(MPa ksi) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8	1045 ± 15	955 ± 20	152 ± 2	138 ± 3
		1040 ± 10	960 ± 20	152 ± 2	139 ± 3
항복 강도 Rp0.2%(MPa ksi) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8	940 ± 20	845 ± 20	135 ± 3	123 ± 3
		950 ± 40	835 ± 20	137 ± 4	121 ± 3
플라스틱 연신율(%) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8	19 ± 4	17 ± 4	19 ± 4	17 ± 4
		19 ± 3	19 ± 3	18 ± 3	19 ± 3
면적 감소(%) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8	50 ± 10	45 ± 5	50 ± 10	45 ± 5
		50 ± 10	45 ± 5	50 ± 10	45 ± 5

¹ DMP Flex 및 Factory 350, Config A에서 표준 매개변수로 제조된 부품

² 95% 신뢰 수준에서 평균 및 95% 공차 구간을 기준으로 계산한 값

³ 제한된 데이터셋에 근거하여 발췌한 값

⁴ 원형 인장 시험편 Type 4를 사용해 ASTM E8M에 따라 테스트함

⁵ 원형 인장 시험편 Type 4를 사용해 ASTM E8에 따라 테스트함

⁶ 힘 제어 축방향 피로 시험(R=0.1), 5 x10⁶ 주기에서 내구 한계. 가공된 표면이 있는 피로 샘플.

정보용으로만 제한된 샘플에 근거하여 발췌한 값

⁷ NHT: 비열처리 상태, SR: 응력 제거 상태, HIP: 열간 등방압 가압 상태

⁸ DMP Flex 및 Factory 350 Dual, Config A에서 층 두께 30, 60, 90µm로 표준 매개변수를 사용해 제조된 부품

⁹ DMP Factory 500에서 층 두께 60µm(LT60)로 표준 매개변수를 사용해 제조된 부품

기계적 특성

DMP FACTORY 500 - LT 60 ^{2, 5, 7, 9}	테스트 방법	미터 단위		미국	
		NHT	SR	NHT	SR
최고의 인장 강도(MPa ksi) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8	1310 ± 20 1290 ± 40	1060 ± 15 1060 ± 25	190 ± 3 187 ± 6	154 ± 2 154 ± 4
항복 강도 Rp0.2%(MPa ksi) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8	1150 ± 20 1150 +30/-55	960 ± 15 950 ± 30	167 ± 3 167 +4/-8	139 ± 2 138 ± 4
플라스틱 연신율(%) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8	9 ± 3 11 ± 2	17 ± 2 18 ± 3	9 ± 3 11 ± 2	17 ± 2 18 ± 3
면적 감소(%) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8	23 ± 11 32 ± 4	49 ± 5 52 ± 4	23 ± 11 32 ± 4	49 ± 5 52 ± 4

DMP FLEX 100 - LT30 ^{4, 7, 10, 11}	테스트 방법	미터 단위			미국		
		NHT	SR	HIP	NHT	SR	HIP
궁극의 강도(MPa ksi) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8M	1310 ± 150 1280 ± 70	1060 ± 60 1040 ± 30	1020 ± 60 1020 ± 60	190 ± 22 186 ± 10	154 ± 9 151 ± 4	148 ± 9 148 ± 9
항복 강도 Rp0.2%(MPa ksi) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8M	1130 ± 140 1070 ± 70	960 ± 40 930 ± 40	930 ± 60 930 ± 60	164 ± 20 155 ± 10	139 ± 6 135 ± 6	135 ± 9 135 ± 9
플라스틱 연신율(%) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8M	8 ± 2 8 ± 2	12 ± 4 14 ± 4	14 ± 4 14 ± 4	8 ± 2 8 ± 2	12 ± 4 14 ± 4	14 ± 4 14 ± 4
면적 감소(%) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8M	35 ± 20 35 ± 10	50 ± 10 50 ± 10	40 ± 10 40 ± 10	35 ± 20 35 ± 10	50 ± 10 50 ± 10	40 ± 10 40 ± 10

DMP FLEX 200 - LT30 ^{2, 5, 7, 16}	테스트 방법	미터 단위		미국	
		SR		SR	
궁극의 강도(MPa ksi) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8	1120 ± 40 1130 ± 55		162 ± 6 164 ± 8	
항복 강도 Rp0.2%(MPa ksi) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8	1025 ± 40 1040 ± 75		149 ± 6 151 ± 11	
플라스틱 연신율(%) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8	13 ± 4 15 ± 7		13 ± 4 15 ± 7	
면적 감소(%) 가로 방향 - XY 세로 방향 - Z	ASTM E8	30 ± 10 40 ± 25		30 ± 10 40 ± 25	

Density(밀도)

측정	테스트 방법	미터 단위	미국
이론 밀도 ¹² (g/cm ³ lb/in ³)	자료에서 발췌한 값	4.42	0.16
DMP Flex 100			
상대 밀도(%), 층 두께 30μm ^{10, 13, 14}	광학 기법(픽셀 수)	≥ 99.4 일반적으로 99.9	≥ 99.4 일반적으로 99.9
DMP Flex 200			
상대 밀도(%), 층 두께 30 μm ^{13, 14, 16}	광학 기법(픽셀 수)	≥ 99.5 일반적으로 99.9	≥ 99.5 일반적으로 99.9
DMP Flex/Factory 350, DMP Flex/Factory 350 Dual, DMP Factory 500			
상대 밀도(%), 층 두께 30μm ^{1, 8, 13, 14}	광학 기법(픽셀 수)	≥ 99.6 일반적으로 99.8	≥ 99.6 일반적으로 99.8
상대 밀도(%), 층 두께 60μm ^{1, 8, 9, 13, 14}	광학 기법(픽셀 수)	≥ 99.6 일반적으로 99.8	≥ 99.6 일반적으로 99.8
상대 밀도(%), 층 두께 90μm ^{8, 13, 14}	광학 기법(픽셀 수)	≥ 99.6 일반적으로 99.8	≥ 99.6 일반적으로 99.8

¹⁰ DMP Flex 100에서 층 두께 30μm(LT30)로 표준 매개변수를 사용해 제조된 부품

¹¹ 평균 및 이중 표준을 기준으로 계산한 값

¹² 자료에 근거하여 발췌한 값

¹³ 특정 부품 기하형상에 따라 다를 수 있습니다.

¹⁴ 95% 신뢰 수준에서 95% 공차 구간을 기준으로 계산한 최소 값입니다. 일반적인 밀도 테스트 형상에서 테스트를 진행했습니다.

¹⁵ 프린트된 상태에서 얻은 결과

¹⁶ DMP Flex 200에서 층 두께 30μm(LT30)로 표준 매개변수를 사용해 제조된 부품

¹⁷ 빌드 방향을 따라 세로 표면을 측정했습니다.

¹⁸ 5bar에서 지르코니아 폭파 매체를 사용해 표면을 처리했습니다.

표면 거칠도 R_a

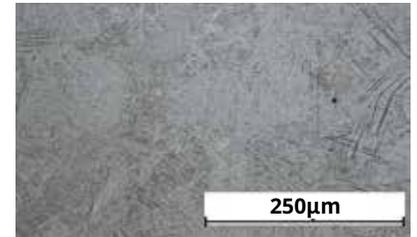
측정 ¹³	테스트 방법	미터 단위	미국
DMP Flex 100, DMP Flex 200^{10, 15, 16, 17}			
세로 표면(μm μin) 층 두께 30 μm	NF EN ISO 4288	일반적으로 9	일반적으로 354
DMP Flex/Factory 350, DMP Flex/Factory 350 Dual, DMP Factory 500^{17, 18}			
세로 표면(μm μin) ^{1, 8} 층 두께 30 μm	ISO 25178	일반적으로 7	일반적으로 276
세로 표면(μm μin) ^{1, 8} 층 두께 60 μm	ISO 25178	일반적으로 9	일반적으로 354
세로 표면(μm μin) ⁸ 층 두께 90 μm	ISO 25178	일반적으로 10	일반적으로 394

전기적 및 열적 특성

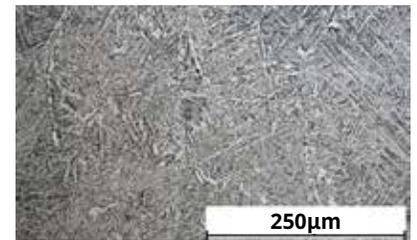
측정	상태	미터 단위	미국
전기 전도율 ³ (S/m) [$\times 10^5$]	20°C 68°F에서 4점 접촉 ASTM B193	5.9 ± 0.1	5.9 ± 0.1
열 전도율 ¹² ($W/(m.K)$ $BTU \text{ 인치}/(hr.ft^2.^\circ F)$)	20°C 68°F	6.70	46.5
열 팽창 계수 ¹² ($\mu\text{m}/(m.^\circ C)$ $\mu \text{ 인치}/(inch.^\circ F)$)	20~100°C	8.6	4.8
용융 범위 ¹² (°C °F)		1604 - 1660	2919 - 3020

화학 성분

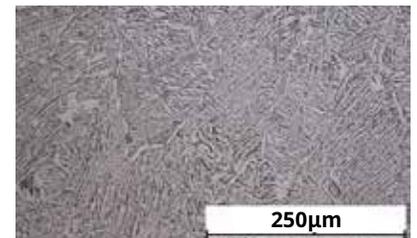
요소	중량 %
Ti	Bal.
N	≤ 0.03
C	≤ 0.08
H	≤ 0.012
Fe	≤ 0.25
O	≤ 0.13
Al	5.50 - 6.50
V	3.50 - 4.50
Y	≤ 0.005
기타(각각)	≤ 0.10
기타(총)	≤ 0.40



열 처리를 하지 않은 미세 구조(NHT)



응력 해소(SR) 후 미세 구조



열간 등방압 가압(HIP) 후 미세 구조

화학 성분 요건(중량 %)^A

소재	탄소, 최대	산소, 최대	질소, 최대	수소, 최대	철, 최대	알루미늄	바나듐	이트륨, 최대	기타 원소, 최대, 각각 ^B	기타 원소, 최대, 총 ^B
CP ^C Ti	0.08	0.35	0.05	0.015	0.30	—	—	—	0.10	0.40
Ti-6Al-4V	0.08	0.20	0.05	0.015	0.30	5.50 - 6.75	3.50 - 4.50	0.005	0.10	0.40
Ti-6Al-4V ELI ^D	0.08	0.13	0.05	0.012	0.25	5.50 - 6.50	3.50 - 4.50	0.005	0.10	0.40

^A 차이에 의한 티타늄 함량 비율은 결정하거나 인증하지 않아도 됩니다.

^B 농도 수준이 각각 0.1% 또는 총 0.4%를 초과하지 않는 경우라면 다른 원소는 보고할 필요가 없습니다. 다른 원소를 의도적으로 추가해서는 안됩니다. 다른 원소는 티타늄 합금에 소량으로 존재할 수 있으며 제조 공정에 내재되어 있습니다. 티타늄에서 이러한 원소는 일반적으로 주석, 크롬, 몰리브덴, 니오븀, 지르코늄, 하프늄, 비스무트, 루테튬, 팔라듐, 구리, 규소, 코발트, 탄탈륨, 니켈, 붕소, 망간 및 텅스텐을 포함합니다.

^C 이 표준에서 CP(상업용 순수) 티타늄은 UNS R50550 또는 3등급 티타늄과 유사합니다.

^D ELI(초저 사이질)는 소재 성능에 영향을 미치는 것으로 알려진 원소에 대한 원래 Ti-6Al-4V 합금의 화학 성분 제한을 나타냅니다.