



LaserForm Ti Gr23 (A)

Liga de titânio aprimorada para uso com as impressoras 3D em metal da 3D Systems DMP Flex 100, DMP Flex 200, DMP Flex 350, DMP Factory 350, DMP Flex 350 Dual, DMP Factory 500 e DMP Factory 350 Dual. Produz peças técnicas e médicas com uma combinação de alta resistência específica e excelente biocompatibilidade. O LaserForm Ti Gr23 (A) é de grau ELI (interstício extra baixo) com teor mais baixo de ferro, carbono e oxigênio, e é conhecido por apresentar maior pureza que o LaserForm Ti Gr5 (A), resultando em ductilidade aprimorada e resistência a fratura.

O LaserForm Ti Gr23 (A) é formulado para entregar a mais alta qualidade e as melhores propriedades da peça. O banco de dados de parâmetros de impressão que a 3D Systems fornece junto com o material foi extensivamente desenvolvido, testado e otimizado nas instalações de produção de peças da 3D Systems, que têm a experiência única de impressão de mais de 1 milhão de peças de produção desafiadoras ano após ano. Com base em uma infinidade de amostras de teste, as propriedades listadas abaixo fornecem alta confiança ao usuário em termos de repetibilidade de trabalho a trabalho e de máquina a máquina. O uso dos materiais LaserForm permite ao usuário experimentar uma qualidade de peça consistente e confiável.

Descrição do material

Essa liga de titânio costuma ser usada em aplicações médicas e aeroespaciais por conta de sua alta resistência, baixa densidade e excelente biocompatibilidade. A diferença essencial entre Ti6Al4V ELI (grau 23) e Ti6Al4V (grau 5) é a redução do teor de oxigênio a 0,13% (máximo) no grau 23. Isso resulta em melhor ductilidade e resistência a fraturas, com redução parcial na força.

Esses benefícios fazem do LaserForm TiGr23 (A) o grau de titânio mais usado na área médica e aeroespacial. Ele pode ser usado em aplicações biomédicas, como implantes cirúrgicos, aplicações ortodônticas e substituições em articulações, graças à sua biocompatibilidade.

Classificação

A composição química das peças construídas com a liga LaserForm Ti Gr23 (A) estão em conformidade com as normas ASTM F3001, ASTM F3302, ISO 5832-3, ASTM F136 e ASTM B348.

Propriedades mecânicas

DMP FLEX 350, DMP FACTORY 350 - LT 30, 60, 90 ^{1,4,5,6,7}	MÉTODO DE TESTE	MÉTRICO		EUA	
		SR ²	HIP ²	SR ²	HIP ²
Resistência máxima à tração (MPa ksi) Direção horizontal — XY Direção vertical — Z	ASTM E8M	1060 ± 15	990 ± 25	154 ± 2	144 ± 4
		1060 ± 15	990 ± 30	154 ± 2	144 ± 4
Força de rendimento Rp0,2% (MPa ksi) Direção horizontal — XY Direção vertical — Z	ASTM E8M	970 ± 15	890 ± 30	141 ± 2	129 ± 4
		960 ± 20	900 ± 50	139 ± 3	130 ± 7
Alongamento plástico (%) Direção horizontal — XY Direção vertical — Z	ASTM E8M	15 ± 3	17 ± 3	15 ± 3	17 ± 3
		15 ± 2	17 ± 4	15 ± 2	17 ± 4
Redução da área (%) Direção horizontal — XY Direção vertical — Z	ASTM E8M	40 ± 8	46 ± 9	40 ± 8	46 ± 9
		44 ± 7	48 ± 6	44 ± 7	48 ± 6
Fadiga (MPa ksi)	ASTM E466	Típico 640	NA	Típico 92	-

DMP FLEX 350 DUAL, DMP FACTORY 350 DUAL - LT 30, 60, 90 ^{5,7,8}	MÉTODO DE TESTE	MÉTRICO		EUA	
		SR ²	HIP ³	SR ²	HIP ³
Resistência máxima à tração (MPa ksi) Direção horizontal — XY Direção vertical — Z	ASTM E8	1045 ± 15	955 ± 20	152 ± 2	138 ± 3
		1040 ± 10	960 ± 20	152 ± 2	139 ± 3
Força de rendimento Rp0,2% (MPa ksi) Direção horizontal — XY Direção vertical — Z	ASTM E8	940 ± 20	845 ± 20	135 ± 3	123 ± 3
		950 ± 40	835 ± 20	137 ± 4	121 ± 3
Alongamento plástico (%) Direção horizontal — XY Direção vertical — Z	ASTM E8	19 ± 4	17 ± 4	19 ± 4	17 ± 4
		19 ± 3	19 ± 3	18 ± 3	19 ± 3
Redução da área (%) Direção horizontal — XY Direção vertical — Z	ASTM E8	50 ± 10	45 ± 5	50 ± 10	45 ± 5
		50 ± 10	45 ± 5	50 ± 10	45 ± 5

¹ Peças fabricadas com parâmetros padrão em uma DMP Flex e Factory 350, Config A

² Valores baseados na média e no intervalo de tolerância de 95% com 95% de confiança

³ Valores baseados em conjuntos de dados limitados

⁴ Testado de acordo com ASTM E8M usando amostra de teste de tração redonda tipo 4

⁵ Testado de acordo com ASTM E8 usando amostra de teste de tração redonda tipo 4

⁶ Teste de fadiga axial controlada por força (R=0,1). Limite de resistência a 5 x 10⁶ ciclos. Amostras de fadiga com a superfície usinada. Valores baseados em amostras limitadas,

somente para fins informativos

⁷ NHT: condição não tratada com calor; SR: condição de alívio de estresse; HIP: condição de compactação isostática a quente

⁸ Peças fabricadas com parâmetros comuns em uma DMP Flex e Factory 350 Dual, Config A, usando espessura da camada de 30, 60 e 90 µm

⁹ Peças fabricadas com parâmetros comuns em uma DMP Factory 500, usando espessura da camada de 60 µm (LT60)

Propriedades mecânicas

DMP FACTORY 500 - LT 60 ^{2,5,7,9}	MÉTODO DE TESTE	MÉTRICO		EUA	
		NHT	SR	NHT	SR
Resistência máxima à tração (MPa ksi) Direção horizontal — XY Direção vertical — Z	ASTM E8	1310 ± 20 1290 ± 40	1060 ± 15 1060 ± 25	190 ± 3 187 ± 6	154 ± 2 154 ± 4
Força de rendimento Rp0,2% (MPa ksi) Direção horizontal — XY Direção vertical — Z	ASTM E8	1150 ± 20 1150 +30/-55	960 ± 15 950 ± 30	167 ± 3 167 +4/-8	139 ± 2 138 ± 4
Alongamento plástico (%) Direção horizontal — XY Direção vertical — Z	ASTM E8	9 ± 3 11 ± 2	17 ± 2 18 ± 3	9 ± 3 11 ± 2	17 ± 2 18 ± 3
Redução da área (%) Direção horizontal — XY Direção vertical — 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}	MÉTODO DE TESTE	MÉTRICO			EUA		
		NHT	SR	HIP	NHT	SR	HIP
Força máxima (MPa ksi) Direção horizontal - XY Direção vertical - 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
Força de rendimento Rp0,2% (MPa ksi) Direção horizontal - XY Direção vertical - 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
Alongamento plástico (%) Direção horizontal - XY Direção vertical - 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
Redução da área (%) Direção horizontal - XY Direção vertical - 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}	MÉTODO DE TESTE	MÉTRICO		EUA	
		SR		SR	
Força máxima (MPa ksi) Direção horizontal - XY Direção vertical - Z	ASTM E8	1120 ± 40 1130 ± 55		162 ± 6 164 ± 8	
Força de rendimento Rp0,2% (MPa ksi) Direção horizontal - XY Direção vertical - Z	ASTM E8	1025 ± 40 1040 ± 75		149 ± 6 151 ± 11	
Alongamento plástico (%) Direção horizontal - XY Direção vertical - Z	ASTM E8	13 ± 4 15 ± 7		13 ± 4 15 ± 7	
Redução da área (%) Direção horizontal - XY Direção vertical - Z	ASTM E8	30 ± 10 40 ± 25		30 ± 10 40 ± 25	

Densidade

MEDIÇÃO	MÉTODO DE TESTE	MÉTRICO	EUA
Densidade teórica ¹² (g/cm ³ lb/in ³)	Valor da literatura	4,42	0,16
DMP Flex 100			
Densidade relativa (%), espessura da camada 30 µm ^{10,13,14}	Método óptico (contagem de pixels)	≥ 99,4 Geralmente 99,9	≥ 99,4 Geralmente 99,9
DMP Flex 200			
Densidade relativa (%), espessura da camada 30 µm ^{13,14,16}	Método óptico (contagem de pixels)	≥ 99,5 Geralmente 99,9	≥ 99,5 Geralmente 99,9
DMP Flex/Factory 350, DMP Flex/Factory 350 Dual, DMP Factory 500			
Densidade relativa (%), espessura da camada 30 µm ^{1,8,13,14}	Método óptico (contagem de pixels)	≥ 99,6 Geralmente 99,8	≥ 99,6 Geralmente 99,8
Densidade relativa (%), espessura da camada 60 µm ^{1,8,9,13,14}	Método óptico (contagem de pixels)	≥ 99,6 Geralmente 99,8	≥ 99,6 Geralmente 99,8
Densidade relativa (%), espessura da camada 90 µm ^{8,13,14}	Método óptico (contagem de pixels)	≥ 99,6 Geralmente 99,8	≥ 99,6 Geralmente 99,8

¹⁰ Peças fabricadas com parâmetros comuns em uma DMP Flex 100, usando espessura da camada de 30 µm (LT30)

¹¹ Valores baseados no desvio padrão médio e duplo

¹² Valores baseados na literatura

¹³ Pode se desviar dependendo da geometria da peça específica

¹⁴ Valor mínimo baseado no intervalo de tolerância de 95% com confiança de 95%; testadas em formatos de teste de densidade típicos

¹⁵ Resultados obtidos na condição em que foram impressas

¹⁶ Peças fabricadas com parâmetros comuns em uma DMP Flex 200, usando espessura da camada de 30 µm (LT30)

¹⁷ Medição vertical da superfície lateral ao longo da direção da construção

¹⁸ Tratamento de superfície realizado com meio de jateamento de zircônia a 5 bar

Rugosidade da superfície R_a

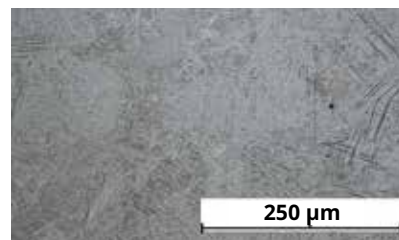
MEDIÇÃO ¹³	MÉTODO DE TESTE	MÉTRICO	EUA
DMP Flex 100, DMP Flex 200^{10, 15, 16, 17}			
Superfície lateral vertical (μm μin) Espessura da camada 30 μm	NF EN ISO 4288	Geralmente 9	Geralmente 354
DMP Flex/Factory 350, DMP Flex/Factory 350 Dual, DMP Factory 500^{17,18}			
Superfície lateral vertical (μm μin) ^{1, 8} Espessura da camada 30 μm	ISO 25178	Geralmente 7	Geralmente 276
Superfície lateral vertical (μm μin) ^{1, 8} Espessura da camada 60 μm	ISO 25178	Geralmente 9	Geralmente 354
Superfície lateral vertical (μm μin) ⁸ Espessura da camada 90 μm	ISO 25178	Geralmente 10	Geralmente 394

Propriedades elétricas e térmicas

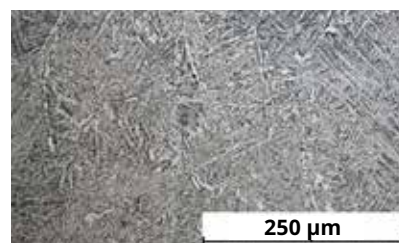
MEDIÇÃO	CONDIÇÃO	MÉTRICO	EUA
Condutividade elétrica ³ (S/m) [$\times 10^3$])	Contato de quatro pontas ASTM B193 a 20 °C 68 °F	5,9 ± 0,1	5,9 ± 0,1
Condutividade térmica ¹² (W/(m.K) BTU pol/(hr.ft ² .°F))	a 20 °C 68 °F	6,70	46,5
Coefficiente de expansão térmica ¹² ($\mu\text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ μ pol/(pol °F))	no intervalo de 20 a 100 °C	8,6	4,8
Faixa de fusão ¹² (°C °F)		1604 - 1660	2919 - 3020

Composição química

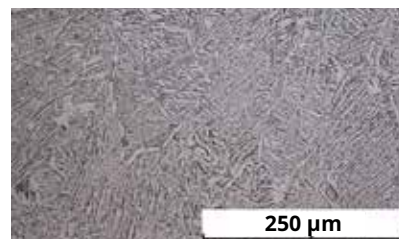
ELEMENTO	% DO PESO
Ti	Bal.
N	≤ 0,03
C	≤ 0,08
H	≤ 0,012
Fe	≤ 0,25
O	≤ 0,13
Al	5,50 - 6,50
V	3,50 - 4,50
Y	≤ 0,005
Outro (cada)	≤ 0,10
Outro (total)	≤ 0,40



Microestrutura sem tratamento térmico (NHT)



Microestrutura após a liberação de estresse (SR)



Microestrutura após compactação isostática a quente (HIP)

Requisitos da composição química (peso %)^A

Material	Carbono, máx.	Oxigênio, máx.	Nitrogênio, máx.	Hidrogênio, máx.	Ferro, máx.	Alumínio	Vanádio	Ítrio, máx.	Outros elementos, máx., cada ^B	Outros elementos, máx., total ^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 A porcentagem do teor de titânio por diferença não é necessária para ser determinada ou certificada.

^B Outros elementos não precisam ser relatados, a menos que o nível de concentração seja maior que 0,1% cada, ou 0,4% no total. Outros elementos não devem ser adicionados intencionalmente. Outros elementos podem estar presentes em ligas de titânio em pequenas quantidades e são inerentes ao processo de fabricação. Em titânio, esses elementos geralmente incluem estanho, cromo, molibdênio, nióbio, zircônio, háfnio, bismuto, rutênio, paládio, cobre, silício, cobalto, tântalo, níquel, boro, manganês e tungstênio.

^C O titânio CP (comercialmente puro) nesse padrão é semelhante ao titânio Grau 3 ou UNS R50550.

^D ELI (interstício extra baixo) denota restrições na composição química da liga Ti-6Al-4V original para elementos conhecidos por afetar o desempenho material.