



# LaserForm Ti Gr23 (A)

Legna di titanio messa a punto per l'uso con le stampanti 3D in metallo DMP Flex 100, DMP Flex 200, DMP Flex 350, DMP Factory 350, DMP Flex 350 Dual, DMP Factory 500 e DMP Factory 350 Dual di 3D Systems. Consente di realizzare parti tecniche e mediche con una combinazione di elevata resistenza specifica ed eccellente biocompatibilità. LaserForm Ti Gr23 (A) è di grado ELI (extra low interstitial) con un contenuto inferiore di ferro, carbonio e ossigeno ed è noto per la sua maggiore purezza rispetto a LaserForm Ti Gr5 (A), con conseguente miglioramento della duttilità e della tenacità alla frattura.

LaserForm Ti Gr23 (A) è formulato per offrire la massima qualità e le migliori proprietà delle parti. Il database dei parametri di stampa che 3D Systems fornisce insieme al materiale è stato ampiamente sviluppato, testato e ottimizzato negli impianti di produzione di parti di 3D Systems, che hanno l'esperienza unica di stampare più di 1.000.000 di parti di produzione impegnative anno dopo anno. Sulla base di una moltitudine di campioni di prova, le proprietà elencate di seguito offrono all'utente un'elevata fiducia in termini di ripetibilità da lavoro a lavoro e da macchina a macchina. L'utilizzo dei materiali LaserForm consente all'utente di sperimentare una qualità di parti costante e affidabile.

## Descrizione del materiale

Questa lega di titanio viene comunemente utilizzata nelle applicazioni aerospaziali e mediche per via dell'alta resistenza, della bassa densità e dell'eccellente biocompatibilità. La differenza essenziale tra Ti6Al4V ELI (grado 23) e Ti6Al4V (grado 5) è la riduzione del contenuto di ossigeno fino allo 0,13% (massimo) al grado 23. In questo modo si ottiene una maggiore duttilità e resistenza alla frattura, con una certa riduzione della resistenza.

Questi vantaggi rendono LaserForm TiGr23 (A) il grado di titanio medicale e aerospaziale più utilizzato. Può essere utilizzato in applicazioni biomediche quali impianti chirurgici, apparecchi ortodontici e parti di ricambio articolari a causa della sua biocompatibilità.

## Classificazione

Le parti costruite con la lega LaserForm Ti Gr23 (A) hanno una composizione chimica conforme agli standard ASTM F3001, ASTM F3302, ISO 5832-3, ASTM F136 e ASTM B348.

## Proprietà meccaniche

DMP FLEX 350, DMP FACTORY 350 - LT 30, 60, 90 <sup>1, 4, 5, 6, 7</sup>	METODO DI PROVA	UNITÀ METRICHE		UNITÀ INGLESI	
		SR <sup>2</sup>	HIP <sup>2</sup>	SR <sup>2</sup>	HIP <sup>2</sup>
Massima resistenza alla trazione (MPa   ksi) Orientamento orizzontale — XY Orientamento verticale — Z	ASTM E8M	1060 ± 15	990 ± 25	154 ± 2	144 ± 4
		1060 ± 15	990 ± 30	154 ± 2	144 ± 4
Resistenza allo snervamento Rp 0,2% (MPa   ksi) Orientamento orizzontale — XY Orientamento verticale — Z	ASTM E8M	970 ± 15	890 ± 30	141 ± 2	129 ± 4
		960 ± 20	900 ± 50	139 ± 3	130 ± 7
Allungamento plastico (%) Orientamento orizzontale — XY Orientamento verticale — Z	ASTM E8M	15 ± 3	17 ± 3	15 ± 3	17 ± 3
		15 ± 2	17 ± 4	15 ± 2	17 ± 4
Riduzione dell'area (%) Orientamento orizzontale — XY Orientamento verticale — Z	ASTM E8M	40 ± 8	46 ± 9	40 ± 8	46 ± 9
		44 ± 7	48 ± 6	44 ± 7	48 ± 6
Resistenza alla fatica (MPa   ksi)	ASTM E466	In genere 640	NA	In genere 92	-

DMP FLEX 350 DUAL, DMP FACTORY 350 DUAL - LT 30, 60, 90 <sup>2, 7, 8</sup>	METODO DI PROVA	UNITÀ METRICHE		UNITÀ INGLESI	
		SR <sup>2</sup>	HIP <sup>3</sup>	SR <sup>2</sup>	HIP <sup>3</sup>
Massima resistenza alla trazione (MPa   ksi) Orientamento orizzontale — XY Orientamento verticale — Z	ASTM E8	1045 ± 15	955 ± 20	152 ± 2	138 ± 3
		1040 ± 10	960 ± 20	152 ± 2	139 ± 3
Resistenza allo snervamento Rp 0,2% (MPa   ksi) Orientamento orizzontale — XY Orientamento verticale — Z	ASTM E8	940 ± 20	845 ± 20	135 ± 3	123 ± 3
		950 ± 40	835 ± 20	137 ± 4	121 ± 3
Allungamento plastico (%) Orientamento orizzontale — XY Orientamento verticale — Z	ASTM E8	19 ± 4	17 ± 4	19 ± 4	17 ± 4
		19 ± 3	19 ± 3	18 ± 3	19 ± 3
Riduzione dell'area (%) Orientamento orizzontale — XY Orientamento verticale — Z	ASTM E8	50 ± 10	45 ± 5	50 ± 10	45 ± 5
		50 ± 10	45 ± 5	50 ± 10	45 ± 5

<sup>1</sup> Parti prodotte con parametri standard su una stampante DMP Flex e Factory 350, configurazione A

<sup>2</sup> Valori basati sulla media e sull'intervallo di tolleranza del 95% con il 95% di confidenza

<sup>3</sup> Valori basati su un insieme di dati limitato

<sup>4</sup> Testato secondo ASTM E8M con un provino tondo di tipo 4 per la prova di trazione

<sup>5</sup> Testato secondo ASTM E8 con un provino tondo di tipo 4 per la prova di trazione

<sup>6</sup> Prova di fatica assiale in controllo di carico (R=0,1). Limite di resistenza:

5 x 10<sup>6</sup> cicli. Campioni di fatica con superficie lavorata. Valori basati su campioni limitati, solo a titolo informativo

<sup>7</sup> NHT: condizione non trattata termicamente; SR: condizione a tensione allentata; HIP: condizione con pressione isostatica calda

<sup>8</sup> Parti prodotte con parametri standard su una stampante DMP Flex e Factory 350 Dual, configurazione A, con spessore dello strato di 30, 60 e 90 µm

<sup>9</sup> Parti prodotte con parametri standard su una stampante DMP Factory 500, con spessore dello strato di 60 µm (LT60)

## Proprietà meccaniche

DMP FACTORY 500 - LT 60 <sup>2, 5, 7, 9</sup>	METODO DI PROVA	UNITÀ METRICHE		UNITÀ INGLESI	
		NHT	SR	NHT	SR
Massima resistenza alla trazione (MPa   ksi) Orientamento orizzontale — XY Orientamento verticale — Z	ASTM E8	1310 ± 20 1290 ± 40	1060 ± 15 1060 ± 25	190 ± 3 187 ± 6	154 ± 2 154 ± 4
Resistenza allo snervamento Rp0,2% (MPa   ksi) Orientamento orizzontale — XY Orientamento verticale — Z	ASTM E8	1150 ± 20 1150 +30/-55	960 ± 15 950 ± 30	167 ± 3 167 +4/-8	139 ± 2 138 ± 4
Allungamento plastico (%) Orientamento orizzontale — XY Orientamento verticale — Z	ASTM E8	9 ± 3 11 ± 2	17 ± 2 18 ± 3	9 ± 3 11 ± 2	17 ± 2 18 ± 3
Riduzione dell'area (%) Orientamento orizzontale — XY Orientamento verticale — Z	ASTM E8	23 ± 11 32 ± 4	49 ± 5 52 ± 4	23 ± 11 32 ± 4	49 ± 5 52 ± 4

DMP FLEX 100 - LT30 <sup>4, 7, 10, 11</sup>	METODO DI PROVA	UNITÀ METRICHE			UNITÀ INGLESI		
		NHT	SR	HIP	NHT	SR	HIP
Massima resistenza (MPa   ksi) Orientamento orizzontale - XY Orientamento verticale - 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
Resistenza allo snervamento Rp 0,2% (MPa   ksi) Orientamento orizzontale - XY Orientamento verticale - 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
Allungamento plastico (%) Orientamento orizzontale - XY Orientamento verticale - 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
Riduzione dell'area (%) Orientamento orizzontale - XY Orientamento verticale - 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 <sup>2, 5, 7, 16</sup>	METODO DI PROVA	UNITÀ METRICHE		UNITÀ INGLESI	
		SR		SR	
Massima resistenza (MPa   ksi) Orientamento orizzontale - XY Orientamento verticale - Z	ASTM E8	1120 ± 40 1130 ± 55		162 ± 6 164 ± 8	
Resistenza allo snervamento Rp 0,2% (MPa   ksi) Orientamento orizzontale - XY Orientamento verticale - Z	ASTM E8	1025 ± 40 1040 ± 75		149 ± 6 151 ± 11	
Allungamento plastico (%) Orientamento orizzontale - XY Orientamento verticale - Z	ASTM E8	13 ± 4 15 ± 7		13 ± 4 15 ± 7	
Riduzione dell'area (%) Orientamento orizzontale - XY Orientamento verticale - Z	ASTM E8	30 ± 10 40 ± 25		30 ± 10 40 ± 25	

## Densità

MISURAZIONE	METODO DI PROVA	UNITÀ METRICHE	UNITÀ INGLESI
Densità teorica <sup>12</sup> (g/cm <sup>3</sup>   lb/in <sup>3</sup> )	Valore indicato nella letteratura	4,42	0,16
<b>DMP Flex 100</b>			
Densità relativa (%), spessore strato 30 µm <sup>10, 13, 14</sup>	Metodo ottico (conteggio dei pixel)	≥ 99,4 In genere 99,9	≥ 99,4 In genere 99,9
<b>DMP Flex 200</b>			
Densità relativa (%), spessore strato 30 µm <sup>13, 14, 16</sup>	Metodo ottico (conteggio dei pixel)	≥ 99,5 In genere 99,9	≥ 99,5 In genere 99,9
<b>DMP Flex/Factory 350, DMP Flex/Factory 350 Dual, DMP Factory 500</b>			
Densità relativa (%), spessore strato 30 µm <sup>1, 8, 13, 14</sup>	Metodo ottico (conteggio dei pixel)	≥ 99,6 In genere 99,8	≥ 99,6 In genere 99,8
Densità relativa (%), spessore strato 60 µm <sup>1, 8, 9, 13, 14</sup>	Metodo ottico (conteggio dei pixel)	≥ 99,6 In genere 99,8	≥ 99,6 In genere 99,8
Densità relativa (%), spessore strato 90 µm <sup>8, 13, 14</sup>	Metodo ottico (conteggio dei pixel)	≥ 99,6 In genere 99,8	≥ 99,6 In genere 99,8

<sup>10</sup> Parti prodotte con parametri standard su una stampante DMP Flex 100, utilizzando uno spessore di strato di 30 µm (LT30)

<sup>11</sup> Valori basati sulla deviazione standard media e doppia

<sup>12</sup> Valori basati sulla letteratura

<sup>13</sup> Può variare a seconda della geometria specifica della parte

<sup>14</sup> Valore minimo basato su un intervallo di tolleranza del 95% con confidenza del 95%; testato su forme tipiche usate per la prova di densità

<sup>15</sup> Risultati ottenuti nella condizione "come stampato"

<sup>16</sup> Parti prodotte con parametri standard su una stampante DMP Flex 200, utilizzando uno spessore di strato di 30 µm (LT30)

<sup>17</sup> Misurazione della superficie laterale verticale lungo la direzione di costruzione

<sup>18</sup> Trattamento superficiale eseguito con zirconia a una pressione media di 5 bar

## Rugosità superficiale R<sub>a</sub>

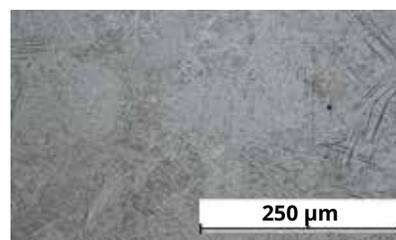
MISURAZIONE <sup>13</sup>	METODO DI PROVA	UNITÀ METRICHE	UNITÀ INGLESÌ
<b>DMP Flex 100, DMP Flex 200<sup>10, 15, 16, 17</sup></b>			
Superficie laterale verticale (µm   µin) Spessore strato 30 µm	UNI EN ISO 4288	In genere 9	In genere 354
<b>DMP Flex/Factory 350, DMP Flex/Factory 350 Dual, DMP Factory 500<sup>17, 18</sup></b>			
Superficie laterale verticale (µm   µin) <sup>1, 8</sup> Spessore strato 30 µm	ISO 25178	In genere 7	In genere 276
Superficie laterale verticale (µm   µin) <sup>1, 8</sup> Spessore strato 60 µm	ISO 25178	In genere 9	In genere 354
Superficie laterale verticale (µm   µin) <sup>8</sup> Spessore strato 90 µm	ISO 25178	In genere 10	In genere 394

## Proprietà elettriche e termiche

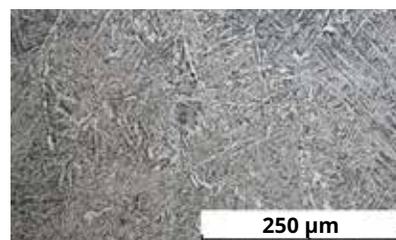
MISURAZIONE	CONDIZIONI	UNITÀ METRICHE	UNITÀ INGLESÌ
Conducibilità elettrica <sup>3</sup> (S/m) [x10 <sup>3</sup> ]	Contatto a quattro punti ASTM B193 a 20 °C   68 °F	5,9 ± 0,1	5,9 ± 0,1
Conducibilità termica <sup>12</sup> (W/(m.K)   BTU inch/(hr.ft <sup>2</sup> .°F))	a 20 °C   68 °F	6,70	46,5
Coefficiente di espansione termica <sup>12</sup> (µm/(m.°C)   µ inch/(inch.°F))	Nell'intervallo compreso tra 20 e 100 °C	8,6	4,8
Intervallo di fusione <sup>12</sup> (°C   °F)		1604 - 1660	2919 - 3020

## Composizione chimica

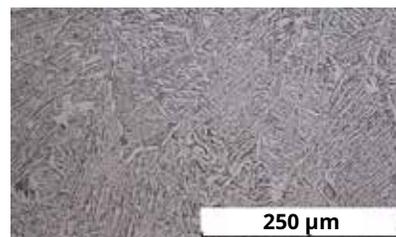
ELEMENTO	% DEL PESO
Ti	Bil.
N	≤ 0,03
C	≤ 0,08
H	≤ 0,012
Fe	≤ 0,25
O	≤ 0,13
Al	5,50 - 6,50
V	3,50 - 4,50
Y	≤ 0,005
Altri (ciascuno)	≤ 0,10
Altri (totale)	≤ 0,40



Microstruttura senza trattamento termico (NHT)



Microstruttura dopo l'allentamento delle tensioni (SR)



Microstruttura dopo la pressatura isostatica a caldo (HIP)

## Requisiti di composizione chimica (peso %)<sup>A</sup>

Materiale	Carbonio, max	Ossigeno, max	Azoto, max	Idrogeno, max	Ferro, max	Alluminio	Vanadio	Ittrio, max	Altri elementi, max, ciascuno <sup>B</sup>	Altri elementi, max, totale <sup>B</sup>
CP <sup>C</sup> 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 <sup>D</sup>	0,08	0,13	0,05	0,012	0,25	5,50 - 6,50	3,50 - 4,50	0,005	0,10	0,40

<sup>A</sup> La percentuale del contenuto di titanio per differenza non deve essere determinata o certificata.

<sup>B</sup> Altri elementi non devono essere segnalati a meno che il livello di concentrazione non sia superiore allo 0,1% ciascuno, o allo 0,4% totale. Gli altri elementi non devono essere aggiunti intenzionalmente. Altri elementi possono essere presenti nelle leghe di titanio in piccole quantità e sono inerenti al processo di produzione. Nel titanio questi elementi includono tipicamente stagno, cromo, molibdeno, niobio, zirconio, afnio, bismuto, rutenio, palladio, rame, silicio, cobalto, tantalio, nichel, boro, manganese e tungsteno.

<sup>C</sup> Il titanio CP (commercialmente puro) in questo standard è simile al titanio UNS R50550 o al al titanio grado 3.

<sup>D</sup> Il grado ELI (extra low interstitial) indica le restrizioni della composizione chimica dalla lega Ti-6Al-4V originale per gli elementi noti per incidere sulle prestazioni del materiale.