



LaserForm Ti Gr23 (A)

Alliage de titane mis au point pour être utilisé avec les imprimantes 3D métal DMP Flex 100, DMP Flex 200, DMP Flex 350, DMP Factory 350, DMP Flex 350 Dual, DMP Factory 500 et DMP Factory 350 Dual de 3D Systems. Produit des pièces techniques et médicales combinant une résistance spécifique élevée et une excellente biocompatibilité. Le LaserForm Ti Gr23 (A) est de qualité ELI (extra low interstitial) et présente une teneur plus faible en fer, carbone et oxygène. Il est connu pour être plus pur que le LaserForm Ti Gr5 (A), et donc pour offrir une ductilité et une résistance à la rupture améliorées.

LaserForm Ti Gr23 (A) est formulé pour offrir la meilleure qualité et les meilleures propriétés de pièces. La base de données des paramètres d'impression que 3D Systems fournit avec le matériau a fait l'objet d'un développement, de tests et d'une optimisation poussés dans les ateliers de production de pièces de 3D Systems, dont le savoir-faire unique lui permet d'imprimer plus de 1 000 000 de pièces complexes de qualité production chaque année. Fondées sur de multiples échantillons d'essai, les propriétés énumérées ci-dessous apportent une fiabilité élevée à l'utilisateur en termes de répétabilité d'une tâche et d'une machine à l'autre. L'utilisation des matériaux LaserForm permet à l'utilisateur de bénéficier d'une qualité de pièce constante et fiable.

Description du matériau

Cet alliage de titane est couramment utilisé dans les applications aérospatiales et médicales en raison de sa grande résistance, de sa faible densité et de son excellente biocompatibilité. La différence essentielle entre le Ti6Al4V ELI (grade 23) et le Ti6Al4V (grade 5) est la réduction de la teneur en oxygène à 0,13 % (maximum) dans le grade 23. Cela confère une meilleure ductilité et une meilleure résistance à la rupture, avec une certaine réduction de la résistance.

Ces avantages font du LaserForm TiGr23 (A) la qualité de titane médical et aérospatial la plus utilisée. Grâce à sa biocompatibilité, il peut être utilisé dans des applications biomédicales telles que les implants chirurgicaux, les appareils orthodontiques et les prothèses articulaires.

Classification

Les pièces fabriquées avec l'alliage LaserForm Ti Gr23 (A) ont une composition chimique conforme aux normes ASTM F3001, ASTM F3302, ISO 5832-3, ASTM F136 et ASTM B348.

Propriétés mécaniques

DMP FLEX 350, DMP FACTORY 350 - LT 30, 60, 90 ^{1, 4, 5, 6, 7}	MÉTHODE DE TEST	SYSTÈME MÉTRIQUE	
		SR ²	HIP ³
Résistance ultime à la traction (MPa) Direction horizontale — XY Direction verticale — Z	ASTM E8M	1 060 ± 15	990 ± 25
		1 060 ± 15	990 ± 30
Résistance à la traction Rp de 0,2 % (MPa) Direction horizontale — XY Direction verticale — Z	ASTM E8M	970 ± 15	890 ± 30
		960 ± 20	900 ± 50
Allongement plastique (%) Direction horizontale — XY Direction verticale — Z	ASTM E8M	15 ± 3	17 ± 3
		15 ± 2	17 ± 4
Réduction de la surface (%) Direction horizontale — XY Direction verticale — Z	ASTM E8M	40 ± 8	46 ± 9
		44 ± 7	48 ± 6
...			
DMP FLEX 350 DUAL, DMP FACTORY 350 DUAL - LT 30, 60, 90 ^{5, 7, 8}	MÉTHODE DE TEST	SYSTÈME MÉTRIQUE	
		SR ²	HIP ³
Résistance ultime à la traction (MPa) Direction horizontale — XY Direction verticale — Z	ASTM E8	1 045 ± 15	955 ± 20
		1 040 ± 10	960 ± 20
Résistance à la traction Rp de 0,2 % (MPa) Direction horizontale — XY Direction verticale — Z	ASTM E8	940 ± 20	845 ± 20
		950 ± 40	835 ± 20
Allongement plastique (%) Direction horizontale — XY Direction verticale — Z	ASTM E8	19 ± 4	17 ± 4
		19 ± 3	19 ± 3
Réduction de la surface (%) Direction horizontale — XY Direction verticale — Z	ASTM E8	50 ± 10	45 ± 5
		50 ± 10	45 ± 5

¹ Pièces fabriquées avec des paramètres standard sur DMP Flex et Factory 350, de config. A

² Valeurs basées sur une moyenne et un intervalle de tolérance de 95 % avec 95 % de confiance

³ Valeurs basées sur un ensemble de données limité

⁴ Testé selon la norme ASTM E8M avec un spécimen de test d'élasticité rond de type 4

⁵ Testé selon la norme ASTM E8 avec un spécimen de test d'élasticité rond de type 4

⁶ Essai de fatigue axiale contrôlé par la force (R=0,1). Limite d'endurance à 5 x 10⁶ cycles. Échantillons de fatigue avec surface usinée. Valeurs basées sur des échantillons limités, pour information seulement

⁷ NHT : État non traité thermiquement ; SR : État de détente ; HIP : Condition de pressage isostatique à chaud

⁸ Pièces fabriquées avec des paramètres standard sur une DMP Flex et une Factory 350 Dual, de config. A, en utilisant une épaisseur de couches de 30, 60 et 90 µm

⁹ Pièces fabriquées avec des paramètres standard sur une DMP Factory 500, en utilisant une épaisseur de couches de 60 µm (LT60)



Propriétés mécaniques

DMP FACTORY 500 - LT 60 ^{2,5,7,9}	MÉTHODE DE TEST	SYSTÈME MÉTRIQUE	
		NHT	SR
Résistance ultime à la traction (MPa) Direction horizontale — XY Direction verticale — Z	ASTM E8	1 310 ± 20 1 290 ± 40	1 060 ± 15 1 060 ± 25
Résistance à la traction Rp de 0,2 % (MPa) Direction horizontale — XY Direction verticale — Z	ASTM E8	1 150 ± 20 1 150 +30/-55	960 ± 15 950 ± 30
Allongement plastique (%) Direction horizontale — XY Direction verticale — Z	ASTM E8	9 ± 3 11 ± 2	17 ± 2 18 ± 3
Réduction de la surface (%) Direction horizontale — XY Direction verticale — Z	ASTM E8	23 ± 11 32 ± 4	49 ± 5 52 ± 4

DMP FLEX 100 - LT30 ^{4,7,10,11}	MÉTHODE DE TEST	SYSTÈME MÉTRIQUE		
		NHT	SR	HIP
Résistance ultime (MPa) Direction horizontale - XY Direction verticale - Z	ASTM E8M	1 310 ± 150 1 280 ± 70	1 060 ± 60 1 040 ± 30	1 020 ± 60 1 020 ± 60
Résistance à la traction Rp de 0,2 % (MPa) Direction horizontale - XY Direction verticale - Z	ASTM E8M	1 130 ± 140 1 070 ± 70	960 ± 40 930 ± 40	930 ± 60 930 ± 60
Allongement plastique (%) Direction horizontale - XY Direction verticale - Z	ASTM E8M	8 ± 2 8 ± 2	12 ± 4 14 ± 4	14 ± 4 14 ± 4
Réduction de la surface (%) Direction horizontale - XY Direction verticale - Z	ASTM E8M	35 ± 20 35 ± 10	50 ± 10 50 ± 10	40 ± 10 40 ± 10

DMP FLEX 200 - LT30 ^{2,5,7,16}	MÉTHODE DE TEST	SYSTÈME MÉTRIQUE		
		SR		
Résistance ultime (MPa) Direction horizontale - XY Direction verticale - Z	ASTM E8	1 120 ± 40 1 130 ± 55		
Résistance à la traction Rp de 0,2 % (MPa) Direction horizontale - XY Direction verticale - Z	ASTM E8	1 025 ± 40 1 040 ± 75		
Allongement plastique (%) Direction horizontale - XY Direction verticale - Z	ASTM E8	13 ± 4 15 ± 7		
Réduction de la surface (%) Direction horizontale - XY Direction verticale - Z	ASTM E8	30 ± 10 40 ± 25		

Densité

PROPRIÉTÉ	MÉTHODE DE TEST	SYSTÈME MÉTRIQUE
Densité théorique ¹² (g/cm ³)	Valeur issue de la littérature	4,42
DMP Flex 100		
Densité relative (%), épaisseur des couches de 30 µm ^{10,13,14}	Méthode optique (nombre de pixels)	≥ 99,4 Généralement 99,9
DMP Flex 200		
Densité relative (%), épaisseur des couches de 30 µm ^{13,14,16}	Méthode optique (nombre de pixels)	≥ 99,5 Généralement 99,9
DMP Flex/Factory 350, DMP Flex/Factory 350 Dual, DMP Factory 500		
Densité relative (%), épaisseur des couches de 30 µm ^{1,8,13,14}	Méthode optique (nombre de pixels)	≥ 99,6 Généralement 99,8
Densité relative (%), épaisseur des couches de 60 µm ^{1,8,9,13,14}	Méthode optique (nombre de pixels)	≥ 99,6 Généralement 99,8
Densité relative (%), épaisseur des couches de 90 µm ^{8,13,14}	Méthode optique (nombre de pixels)	≥ 99,6 Généralement 99,8

¹⁰ Pièces fabriquées avec des paramètres standard sur une DMP Factory 100, en utilisant une épaisseur de couches de 30 µm (LT30)

¹¹ Valeurs basées sur l'écart type moyen et double

¹² Valeurs basées sur la documentation

¹³ Peut varier en fonction de la géométrie spécifique de la pièce

¹⁴ Valeurs minimales basées sur un intervalle de tolérance de 95 % avec une confiance de 95 % ; testé sur des formes typiques de test de densité

¹⁵ Résultats obtenus dans les conditions d'impression

¹⁶ Pièces fabriquées avec des paramètres standard sur une DMP Factory 200, en utilisant une épaisseur de couches de 30 µm (LT30)

¹⁷ Mesure de la surface latérale verticale dans l'orientation de la fabrication

¹⁸ Traitement de surface réalisé avec un agent de sablage à la zircone à 5 bars

Rugosité de la surface R_a

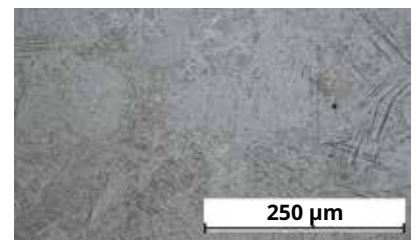
MESURE ¹³	MÉTHODE DE TEST	SYSTÈME MÉTRIQUE
DMP Flex 100, DMP Flex 200^{10, 15, 16, 17}		
Surface latérale verticale (μm) Épaisseur des couches 30 μm	NF FR ISO 4288	Généralement 9
DMP Flex/Factory 350, DMP Flex/Factory 350 Dual, DMP Factory 500^{17,18}		
Surface latérale verticale (μm) ^{1, 8} Épaisseur des couches 30 μm	ISO 25178	Généralement 7
Surface latérale verticale (μm) ^{1, 8} Épaisseur des couches 60 μm	ISO 25178	Généralement 9
Surface latérale verticale (μm) ⁸ Épaisseur des couches 90 μm	ISO 25178	Généralement 10

Propriétés électriques et thermiques

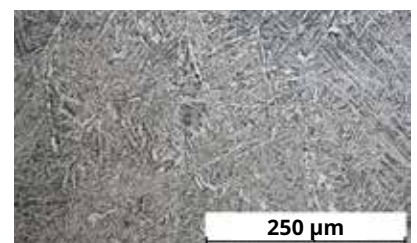
PROPRIÉTÉ	CONDITION	SYSTÈME MÉTRIQUE
Conductivité électrique ³ (S/m) [$\times 10^3$]	Contact à quatre points ASTM B193 à 20 °C	5,9 \pm 0,1
Conductivité thermique ¹² ($W/(m.K)$)	à 20 °C	6,70
Coefficient de dilatation thermique ¹² ($\mu\text{m}/(m.^{\circ}\text{C})$)	de 20 à 100 °C	8,6
Plage de fusion ⁸ (°C)		1 604 - 1 660

Composition chimique

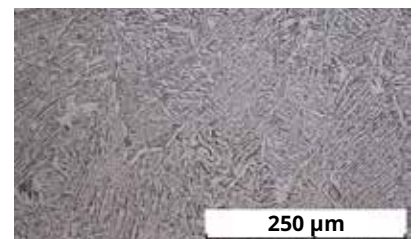
ÉLÉMENT	% DU POIDS
Ti	Bal.
N	$\leq 0,03$
C	$\leq 0,08$
H	$\leq 0,012$
Fe	$\leq 0,25$
O	$\leq 0,13$
AL	5,50 - 6,50
v	3,50 - 4,50
O	$\leq 0,005$
Autre (chaque)	$\leq 0,10$
Autre (total)	$\leq 0,40$



Microstructure sans traitement thermique (NHT)



Microstructure après détente des contraintes



Microstructure après pressage isostatique à chaud (HIP)

Exigences en matière de composition chimique (% en poids)^A

Matériau	Carbone, max.	Oxygène, max.	Azote, max.	Hydrogène, max.	Fer, max.	Aluminium	Vanadium	Yttrium, max.	Autres éléments, max, chacun ^B	Autres éléments, max, 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 Il n'est pas nécessaire de déterminer ou de certifier le pourcentage de titane par différence.

^B Les autres éléments ne doivent pas être déclarés, sauf si le niveau de concentration est supérieur à 0,1 % pour chacun d'eux, ou à 0,4 % au total. D'autres éléments ne doivent pas être ajoutés intentionnellement. D'autres éléments peuvent être présents dans les alliages de titane en petites quantités et sont inhérents au processus de fabrication. Dans le titane, ces éléments comprennent généralement l'étain, le chrome, le molybdène, le niobium, le zirconium, le hafnium, le bismuth, le ruthénium, le palladium, le cuivre, le silicium, le cobalt, le tantale, le nickel, le bore, le manganèse et le tungstène.

^C Le titane CP (commerciallement pur) de cette norme est similaire à l'UNS R50550 ou au titane de grade 3.

^D ELI (extra low interstitial) indique des restrictions de la composition chimique de l'alliage Ti-6Al-4V original pour les éléments connus pour affecter les performances du matériau.