
**Fabrication additive — Performance
et fiabilité du système — Essais
de réception pour machines de
fusion laser sur lit de poudre pour
les matériaux métalliques pour
l'application aérospatiale**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standard from iteh.ai)
*Additive manufacturing — System performance and reliability —
Acceptance tests for laser metal powder-bed fusion machines for
metallic materials for aerospace application*

[ISO/ASTM 52941:2020](https://standards.iso.org/iso-astm-52941-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/727aa8d1-a49a-4ec8-9223-06055d74e3c/iso-astm-52941-2020>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/727aa8d1-a49a-4ec8-9223-06055d74e3c/iso-astm-52941-2020>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO/ASTM International 2020

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou un intranet, sans autorisation écrite soit de l'ISO à l'adresse ci-après, soit d'un organisme membre de l'ISO dans le pays du demandeur. Aux États-Unis, les demandes doivent être adressées à ASTM International.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11

E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

ASTM International
100 Barr Harbor Drive, PO Box C700
West Conshohocken, PA 19428-2959, USA
Tél.: +610 832 9634
Fax: +610 832 9635
E-mail: khooper@astm.org
Web: www.astm.org

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Équipement	2
5 Conditions environnementales et opérationnelles	2
6 Essais de qualification	2
6.1 Généralités.....	2
6.2 Essais de faisceau laser.....	3
6.2.1 Essais de puissance laser pour les lasers à ondes entretenues.....	3
6.2.2 Essais de stabilité de la puissance laser pour les lasers à ondes entretenues.....	3
6.2.3 Essais des lasers à impulsion.....	3
6.2.4 Évaluation des caractéristiques du faisceau laser.....	3
6.2.5 Évaluation de la position minimale du col du faisceau laser en différents endroits du plan de travail.....	3
6.2.6 Évaluation de la stabilité thermique de la position minimale du col du faisceau.....	4
6.2.7 Essais de la position du faisceau laser.....	4
6.2.8 Exactitude de la trajectoire.....	4
6.2.9 Vitesse de balayage.....	4
6.2.10 Exigences pour les équipements ayant des sources de faisceau laser multiples.....	5
6.3 Essai de fonction mécanique.....	5
6.3.1 Généralités.....	5
6.3.2 Positionnement de la plateforme de fabrication.....	5
6.3.3 Positionnement de la plateforme d'alimentation.....	5
6.3.4 Autres procédés d'alimentation en poudre.....	6
6.3.5 Mouvement du dispositif d'étalement de la poudre.....	6
6.4 Système de chauffage.....	6
6.5 Atmosphère à l'intérieur de l'espace de travail.....	6
6.6 Enregistrement des données.....	6
6.7 Systèmes de sécurité.....	6
6.8 Essais facultatifs.....	6
6.8.1 Démonstrateurs et objets d'essai.....	6
6.8.2 Évaluation de la zone de fabrication.....	7
6.8.3 Essai de débit de gaz avec anémomètre à fil chaud.....	7
6.9 Requalification.....	8
7 Rapport d'essai	9
Annexe A (informative) Exemple d'un rapport d'essai	10
Annexe B (informative) Motif géométrique de l'essai d'exactitude de la trajectoire	11
Bibliographie	12

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

(standards.iteh.ai)

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html.

Le présent document a été élaboré par l'ISO/TC 261, *Fabrication additive*, en coopération avec l'ASTM F 42, *Technologies de fabrication additive*, dans le cadre d'un accord de partenariat entre l'ISO et ASTM International dans le but de créer un ensemble commun de normes ISO/ASTM sur la fabrication additive.

Il convient que tout retour d'information ou questions sur le présent document soit adressé à l'organisme national de normalisation de l'utilisateur. Une liste complète de ces organismes peut être consultée à l'adresse www.iso.org/members.html.

Fabrication additive — Performance et fiabilité du système — Essais de réception pour machines de fusion laser sur lit de poudre pour les matériaux métalliques pour l'application aérospatiale

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences et les méthodes d'essai pour la qualification et la requalification des machines à faisceau laser pour la fabrication additive par fusion sur lit de poudre métallique dans les applications aérospatiales.

Il peut également être utilisé pour vérifier les fonctionnalités de la machine lors des inspections périodiques ou à la suite d'activités de maintenance ou de réparation.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

(standards.iteh.ai)

ISO 11146 (toutes les parties), *Lasers et équipements associés aux lasers — Méthodes d'essai des largeurs du faisceau, angles de divergence et facteurs de limite de diffraction*

ISO 11554, *Optique et photonique — Lasers et équipements associés aux lasers — Méthodes d'essai de la puissance et de l'énergie des faisceaux lasers et de leurs caractéristiques temporelles*

ISO/ASTM 52900, *Fabrication additive — Principes généraux — Fondamentaux et vocabulaire*

ISO/ASTM 52921, *Terminologie normalisée pour la fabrication additive — Systèmes de coordonnées et méthodes d'essai*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/ASTM 52900, l'ISO/ASTM 52921, ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

— Plateforme de navigation ISO en ligne: disponible sur <https://www.iso.org/obp>

— Electropedia de l'IEC: disponible sur <http://www.electropedia.org/>

3.1

vitesse de balayage

vitesse linéaire relative du mouvement du faisceau laser dans le plan de la plateforme de fabrication (plan de travail)

3.2

temps de préchauffage

temps écoulé depuis la mise en marche de la machine jusqu'à ce que le cycle de fabrication puisse être démarré, tel que spécifié par le fabricant de la machine

3.3

plateforme d'alimentation

plateforme qui se déplace par incréments pour alimenter en poudre le *dispositif d'étalement de la poudre* (3.4)

3.4

dispositif d'étalement de la poudre

mécanisme d'alimentation en poudre, qui distribue et répartit uniformément la poudre sur la surface de fabrication

3.5

puissance nominale du laser

capacité maximale de puissance telle que spécifiée par le fabricant du laser

3.6

position minimale du col du faisceau

point focal d'un endroit où le faisceau a l'énergie la plus concentrée et la plus petite surface de section transversale

4 Équipement

L'équipement doit être installé, mis en fonctionnement et maintenu conformément aux instructions documentées.

5 Conditions environnementales et opérationnelles

Les conditions environnementales et opérationnelles pendant les essais de qualification doivent satisfaire aux gammes d'exigences si elles sont spécifiées par le fabricant de la machine et doivent être conformes aux conditions qui sont spécifiées par un utilisateur de la machine pendant la production, comme exemples les suivantes:

- a) température;
- b) humidité;
- c) services/réseaux (par exemple, alimentation électrique, air comprimé, gaz de protection, eau);
- d) chocs/vibrations;
- e) pression de la chambre;
- f) pureté du gaz de procédé.

Les mesures de santé et de sécurité relatives à la protection contre le rayonnement laser et contre l'incendie et l'explosion doivent être observées.

6 Essais de qualification

6.1 Généralités

Les essais de qualification des machines à faisceau laser pour la fabrication additive par fusion sur lit de poudre métallique doivent comprendre au minimum les exigences spécifiées de 6.2 à 6.7.

La mesure doit être effectuée avec un instrument de mesure étalonné conformément aux instructions de l'instrument de mesure.

6.2 Essais de faisceau laser

6.2.1 Essais de puissance laser pour les lasers à ondes entretenues

La puissance laser doit être mesurée. Il convient de réaliser la mesure conformément à l'ISO 11554, le cas échéant.

Les paramètres de puissance nominale de la machine doivent être comparées aux valeurs effectives. La mesure doit être effectuée avec un instrument de mesure étalonné au point d'utilisation (c'est-à-dire, à l'intérieur de la chambre de fabrication). L'instrument doit être capable de mesurer précisément la plage de puissance laser effective.

La mesure de la puissance laser doit être conforme aux exigences de production en couvrant la plage de puissance type. Si cette plage est inconnue, il est recommandé de mesurer en un minimum de trois points, comprenant 30 % et 90 % de la puissance laser nominale maximale.

Si cela est spécifié par le fabricant de la machine, un temps de préchauffage doit être appliqué.

6.2.2 Essais de stabilité de la puissance laser pour les lasers à ondes entretenues

Il convient que la stabilité de la puissance laser soit mesurée conformément à l'ISO 11554, le cas échéant. Si l'ISO 11554 n'est pas applicable, il convient que la procédure suivante soit appliquée. Si un temps de préchauffage est spécifié, les mesures de stabilité doivent commencer immédiatement après que le temps de préchauffage soit écoulé.

Sauf convenu différemment par les parties contractantes, démontrer la stabilité de la puissance du laser en effectuant les mesures de puissance suivantes après tous les éléments optiques, sans poudre:

- a) puissance nominale du laser maximale après le temps de préchauffage spécifié de la machine;
- b) puissance nominale du laser maximale relevée au plus tard 2 min après que le laser soit maintenu à la puissance nominale du laser maximale pendant 15 min minimum;

L'écart entre les deux mesures ne doit pas dépasser $\pm 5\%$.

NOTE Voir [3.5](#) pour la définition de la puissance nominale du laser.

6.2.3 Essais des lasers à impulsion

Les caractéristiques doivent être mesurées conformément à l'ISO 11554. Les exigences doivent faire l'objet d'un accord entre les parties contractantes.

6.2.4 Évaluation des caractéristiques du faisceau laser

Les caractéristiques du faisceau laser (taille, profil et symétrie du point) doivent être déterminées avec un appareillage d'essai adapté sur le plan de travail avec le faisceau laser en position verticale par rapport au plan de travail.

Sauf convenu différemment par les parties contractantes, l'évaluation des caractéristiques du faisceau laser doit être réalisée conformément à la partie applicable de l'ISO 11146 (toutes les parties).

Le résultat doit être comparé aux exigences de taille, de profil et de symétrie du point.

6.2.5 Évaluation de la position minimale du col du faisceau laser en différents endroits du plan de travail

Une fois le temps de préchauffage écoulé, la position minimale du col du faisceau (point focal) doit être déterminée au centre et en quatre points aux extrémités de la surface de fabrication disponible pour la fabrication des pièces.

Une valeur de la position du col du faisceau sur l'axe z doit être donnée par référence à la surface de fabrication.

La position minimale du col du faisceau peut être déterminée en produisant des lignes parallèles avec le laser sur une plaque d'essai à différentes hauteurs de la plateforme de fabrication (axe Z). La ligne la plus fine représente la position focale.

6.2.6 Évaluation de la stabilité thermique de la position minimale du col du faisceau

L'évaluation de la stabilité de la position minimale du col du faisceau doit être déterminée à 10 %, 50 % et 90 % de la puissance nominale maximale du laser une fois le temps de préchauffage écoulé.

L'évaluation doit être réalisée avec le faisceau laser en position verticale sur le plan du travail, avec un appareillage d'essai adapté.

Sauf convenu différemment par les parties contractantes, le temps minimal d'application de chaque réglage de puissance doit être de 15 min.

Les résultats de cette évaluation doivent être comparés au résultat de l'évaluation en [6.2.5](#) et/ou à l'évaluation de la taille du point en [6.2.4](#), dépendant des méthodes de mesure utilisées.

6.2.7 Essais de la position du faisceau laser

La configuration de la position du faisceau laser (correction du champ) par rapport au plateau de travail doit être déterminée. Cela peut être effectué au moyen de motifs géométriques appropriés produits par le laser et de leur mesure.

Le vecteur des écarts X-Y de la position du faisceau laser par rapport aux positions spécifiées ne doit pas dépasser 0,06 mm, sauf convenu différemment par les parties contractantes.

6.2.8 Exactitude de la trajectoire

Pour la détermination de l'exactitude de la trajectoire, à une vitesse de balayage donnée, un motif géométrique doit être appliqué à une plaque d'essai. L'[Annexe B](#) donne un exemple d'un motif géométrique pour l'essai d'exactitude de la trajectoire. La vitesse de balayage à laquelle l'exactitude de la trajectoire est déterminée doit être documentée.

Il convient que le motif pour la détermination de l'exactitude de la trajectoire englobe la plage de travail totale et la plage de vitesse de balayage et qu'il soit mesuré avec des instruments optiques. Ce qui suit doit être évalué:

- conformité du point d'entrée au point de sortie aux contours fermés ou complémentaires;
- exactitude de la trajectoire lors du changement de direction (inertie du système optique);
- zone de chevauchement entre différentes formes d'exposition (par exemple, exposition de contour et volume).

6.2.9 Vitesse de balayage

Les mesures de la vitesse de balayage doivent être effectuées dans les directions x et y ainsi que dans la direction $(45 \pm 15)^\circ$.

La vitesse de balayage pour la mesure peut être spécifiée par l'utilisateur.

EXEMPLE La vitesse de balayage peut être déterminée par gravure laser (piste fondue) sur une plaque d'essai dans le plan de la plateforme de travail. À cette fin, une longueur de trajectoire définie est appliquée dans une période de temps spécifiée. La longueur de trajectoire est par la suite mesurée et divisée par le temps effectif d'allumage du laser. Le comptage du temps effectif d'allumage du laser est réalisé, par exemple, dans le poste de commande laser.

L'écart admissible maximal des vitesses de balayage mesurées par rapport à la valeur spécifiée est de $\pm 5\%$, sauf convenu différemment par les parties contractantes.

6.2.10 Exigences pour les équipements ayant des sources de faisceau laser multiples

Lorsqu'une machine à lasers multiples doit être utilisée pour fabriquer des pièces, dont chacune est entièrement à l'intérieur d'une zone de travail d'un seul laser, les spécifications détaillées de [6.2.1](#) à [6.2.9](#) doivent être appliquées séparément à chaque zone de travail.

Lorsqu'une machine à lasers multiples doit être utilisée pour fabriquer des pièces, dont chacune couvre plus d'une zone de travail de seul laser, des contre-étalonnages supplémentaires doivent être requis, comme convenu par les parties contractantes.

Lorsque plusieurs lasers ciblent le même emplacement à n'importe quel point de la zone de fabrication, la distance entre deux positions quelconques du faisceau laser ne doit pas dépasser 0,06 mm, sauf convenu différemment par les parties contractantes.

Les résultats de mesure doivent être documentés.

6.3 Essai de fonction mécanique

6.3.1 Généralités

Les fonctions mécaniques concernées par le processus doivent être contrôlées pour leur précision et leur reproductibilité.

6.3.2 Positionnement de la plateforme de fabrication

La précision et la reproductibilité du mouvement de la plateforme de fabrication doivent être déterminées sur une plage de mouvements définie, par exemple, au moyen d'un comparateur à cadran ou d'une échelle en verre.

À cette fin, la plateforme de fabrication doit être déplacée par incréments à différents niveaux dont il convient qu'ils correspondent aux valeurs cibles de l'épaisseur du revêtement de poudre ou à leur multiple.

Les mesures doivent être prises au minimum à cinq hauteurs de la plateforme de fabrication (0%, 25%, 50%, 75%, 100% de la plage de déplacement totale de la plateforme de fabrication), un minimum de 5 mouvements successifs doit être effectué à chaque hauteur de plate-forme, avec la plateforme de fabrication à vide aux positions les plus élevées, et en charge aux positions les plus basses. La charge doit être spécifiée en rapport avec le matériau à traiter (densité relative) et la capacité de rétention, au minimum à 30 % de la capacité de rétention.

Les tolérances doivent être convenues entre les parties contractantes.

6.3.3 Positionnement de la plateforme d'alimentation

Le présent paragraphe est applicable uniquement aux machines équipées d'une ou de plusieurs plateformes d'alimentation.

La précision et la reproductibilité du mouvement de la plateforme d'alimentation doivent être déterminées sur une plage de mouvements spécifiée, par exemple, au moyen d'un comparateur à cadran ou d'une échelle en verre.

À cette fin, la plateforme d'alimentation doit être déplacée par des distances qui correspondent à la quantité de poudre nécessaire pour déposer une ou plusieurs couches de l'épaisseur de couche de poudre prévue.

Les mesures doivent être prises au minimum à cinq hauteurs des plateformes d'alimentation (0%, 25%, 50%, 75%, 100% de la plage de déplacement totale de la plateforme d'alimentation), un minimum