

**Fabrication additive pour
l'automobile — Principes de
qualification — Évaluation
générique de la machine et
spécifications des indicateurs clefs
de performance pour les procédés
PBF-LB/M**

*Additive manufacturing for automotive — Qualification
principles — Generic machine evaluation and specification of key
performance indicators for PBF-LB/M processes*

**Première édition
2023-12**

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO/ASTM 52945:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/fl430a18-e494-475f-8432-2c34129d28bf/iso-astm-52945-2023>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO/ASTM International 2023

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
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Méthodologie pour l'évaluation de la machine générique	2
4.1 Spécification de cas d'utilisation	2
4.1.1 Généralités	2
4.1.2 Cas d'utilisation 1 – Benchmark des machines (référence d'évaluation conformément à 4.2.5)	3
4.1.3 Cas d'utilisation 2 – Évaluation générique pour l'essai de réception en usine/sur site	3
4.2 Spécification d'éprouvette et conception de tâche de fabrication	3
4.2.1 Spécification d'éprouvette générique et normes d'essai	3
4.2.2 Conception de tâche de fabrication	5
4.3 Caractéristiques de performance de la machine	8
4.3.1 Données d'entrée et cadre	8
4.3.2 Définition des caractéristiques de performance de la machine	9
5 Définition de l'Efficacité Générale de l'Équipement (EGE) pour les machines de FA	11
5.1 Généralités	11
5.2 Vue d'ensemble	11
5.3 Temps de fonctionnement de l'usine considéré pour la surveillance de l'EGE	13
5.4 Taux de disponibilité	13
5.5 Taux de performance	14
5.6 Taux de qualité	14
5.7 Calcul de l'EGE	15
Annexe A (informative) Exemples pour les Articles 4 et 5	16
Bibliographie	25

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 document 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'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

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.

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.

Le présent document a été élaboré par le Comité technique ISO/TC 261, *Fabrication additive*, dans le cadre d'un accord de partenariat entre l'ISO et ASTM International dans le but de créer un ensemble de normes ISO/ASTM sur la fabrication additive, et en collaboration avec le Comité technique CEN/TC 438 *Fabrication additive* du Comité Européen de Normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

Le présent document fournit une méthodologie pour évaluer les machines de FA de PBF-LB/M dans le contexte de l'automobile sur une base objective. Le besoin de fournir un document normalisant ce sujet existe car dans la production industrielle à grand volume, la reproductibilité du composant produit est cruciale pour atteindre les objectifs de production. Par conséquent, la reproductibilité et la capacité des machines utilisées pour la fabrication nécessitent d'être évaluées au préalable. Une méthodologie et des caractéristiques de performance sont introduites pour permettre l'évaluation sur une base objective et quantitative. La documentation résultant de l'évaluation de la machine de FA est utilisée pour obtenir un choix d'orientation et une évaluation fiables des machines de FA de PBF-LB/M.

Par ailleurs, le document fournit des lignes directrices pour les indicateurs clefs de performance (KPI) de la production de la machine qui peuvent être utilisés dans l'acquisition, la planification de la production et la production pour améliorer la compréhension entre le fabricant et l'utilisateur de la machine. Les KPI à déterminer dans le cadre du présent document permettent d'évaluer systématiquement les performances des machines PBF-LB/M. Toutefois, cela ne garantit pas nécessairement que les KPI peuvent toujours être utilisés pour sélectionner la machine la plus appropriée pour un scénario d'application défini. Étant donné qu'un grand nombre de facteurs d'influence très spécifiques affectent le choix d'une machine optimale, des paramètres individuels liés à la situation doivent être inclus dans la décision. Cependant, les KPI peuvent constituer la base de cette décision.

Les exigences concernant la qualité et la planification des tâches de fabrication sont spécifiques à l'industrie automobile. L'approche générique introduite peut être élargie à d'autres industries.

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO/ASTM 52945:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/fl430a18-e494-475f-8432-2c34129d28bf/iso-astm-52945-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/fl430a18-e494-475f-8432-2c34129d28bf/iso-astm-52945-2023>

Fabrication additive pour l'automobile — Principes de qualification — Évaluation générique de la machine et spécifications des indicateurs clefs de performance pour les procédés PBF-LB/M

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie la méthodologie pour l'évaluation générique de la machine de FA dans le secteur automobile en utilisant des critères d'essai objectifs et fournit le cadre pour une évaluation et une comparaison objectives de la machine de FA. Le présent document trouve son application dans les benchmarks, dans la préparation des décisions d'achat, mais aussi dans l'évaluation de la machine de FA dans le cadre des procédés d'acquisition, de réception et de qualification de la machine. Ce document est spécifique à l'automobile, car il est lié aux exigences existantes en matière de pièces de série de divers fabricants d'équipements d'origine, mais le contenu peut être transféré à d'autres industries si nécessaire.

Par ailleurs, le présent document spécifie les KPIs de la machine dans le contexte de l'acquisition de la machine, de la planification de la production et de la production des composants de PBF-LB/M. Il a pour objectif d'atteindre une compréhension détaillée entre le fournisseur de la machine et l'utilisateur de la machine en ce qui concerne les critères de réception pendant le procédé d'acquisition et l'évaluation des performances de la machine pendant la production. Pour l'utilisation du présent document, tous les paramètres du processus, tels que la vitesse de balayage, la puissance du laser, etc., sont fixes, car la modification de ces paramètres peut affecter l'ensemble des performances du processus et sa stabilité. Par conséquent, les variables ne sont plus modifiées pendant ou après la qualification. Le présent document et la détermination des KPIs aident à évaluer les propriétés de la machine, mais ne remplacent pas un processus d'approbation spécifique à l'application.

Le présent document est applicable à la technologie de fabrication additive PBF-LB/M.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/f1430a18-e494-475f-8432-2c34129d28bf/iso-astm-52945-2023>

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).

ISO 3369, *Matériaux en métal fritté imperméable et métaux-durs — Détermination de la masse volumique*

ISO 4499-4, *Métaux-durs — Détermination métallographique de la microstructure — Partie 4: Caractérisation de la porosité, des défauts carbone et de la teneur en phase éta*

ISO 6892-1, *Matériaux métalliques — Essai de traction — Partie 1: Méthode d'essai à température ambiante*

ISO 25178 (toutes les parties), *Spécification géométrique des produits (GPS) — État de surface: surfacique*

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

ISO/ASTM 52902, *Fabrication additive — Pièces types d'essai — Évaluation de la capacité géométrique des systèmes de fabrication additive*

ISO/ASTM 52928, *Fabrication additive — Matières premières — Gestion du cycle de vie de la poudre*

ASTM E8M, *Standard test methods for tension testing of metallic materials*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO/ASTM 52900 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:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

3.1

caractéristiques de performance

caractéristiques définies qui sont mesurées dans un cadre défini (dans le présent document, sur la base des tâches de fabrication génériques et des éprouvettes produites) et peuvent être utilisées pour évaluer les machines sur une base objective

3.2

KPIs de la machine

indicateurs clefs de performance (KPIs) de la machine mesurent le résultat pertinent d'une machine de production dans un cadre défini (par exemple, plage de temps, lots définis de production, etc.)

Note 1 à l'article: Tout au long de ce document, divers KPIs de ce type sont présentés avec leur signification, et la façon de les mesurer est expliquée en détail.

EXEMPLE Efficacité générale de l'équipement.

3.3

niveau de qualité

plages de valeurs définies pour un ensemble spécifié de paramètres de qualité tels que la masse volumique relative, la rugosité de surface, les propriétés mécaniques, etc

3.4

ensemble d'éprouvettes

ensemble de différentes éprouvettes

Note 1 à l'article: Des exemples de différentes éprouvettes sont représentées dans le [Tableau 1](#).

4 Méthodologie pour l'évaluation de la machine générique

4.1 Spécification de cas d'utilisation

4.1.1 Généralités

Le présent article introduit la méthodologie de l'évaluation de la machine générique. L'évaluation de la machine générique doit être utilisée pour réaliser une évaluation pour évaluer la performance d'une machine de PBF-LB/M sur une base objective définie.

La méthodologie d'évaluation de la machine générique introduite ici n'est pas destinée à définir et vérifier la conformité des mesures cibles, mais il convient de l'utiliser pour générer des informations et des mesures d'efficacité pour permettre l'évaluation et la comparaison de la machine. De plus amples détails du procédé de réception de la machine sont fournis dans l'ISO/ASTM TS 52930. Pour ce présent document, il est obligatoire que des séquences de manipulation cohérentes puissent être obtenues grâce à l'expertise convenable d'un opérateur, car elle est importante sur les systèmes FA pour une qualité de composant stable (voir la série ISO/ASTM 52926).

L'évaluation de la machine générique doit être utilisée pour générer une base d'évaluation suffisante, neutre et documentée pour deux cas d'utilisation différents, qui sont décrits en [4.1.2](#) et [4.1.3](#).

4.1.2 Cas d'utilisation 1 – Benchmark des machines (référence d'évaluation conformément à 4.2.5)

Le cadre et la méthodologie introduits en 4.3.1 doivent être utilisés dans le contexte du benchmark des machines. Par conséquent, un minimum de 1 cycle des tâches de fabrication décrites conformément à 4.2.2 doit être produit et soumis à essai selon la méthode décrite. Pour renforcer la signification statistique du benchmark, la production et l'évaluation de tâches de fabrication supplémentaires doivent être nécessaires. Cela est une option à la discrétion du fabricant ou de l'utilisateur de la machine.

4.1.3 Cas d'utilisation 2 – Évaluation générique pour l'essai de réception en usine/sur site

Le cadre et la méthodologie introduits en 4.3.1 doivent par ailleurs être utilisés dans le procédé d'acquisition des machines, plus spécifiquement dans l'essai de réception en usine et sur site. Avant d'utiliser la méthodologie, les valeurs cibles spécifiques pour la performance, les indicateurs doivent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant de la machine. Lors de l'essai de réception en usine et sur site, au moins un cycle de tâche de fabrication est obligatoire.

Cette méthodologie peut également être utilisée pour évaluer la performance d'une tâche de fabrication à une tâche de fabrication. Pour une meilleure évaluation de la machine, des évaluations complémentaires des tâches de fabrication avec des conceptions de pièces appropriées spécifiques peuvent être prises en considération. Les conditions-cadres pour de telles tâches de fabrication spécifiques peuvent être dérivées du cadre des tâches de fabrication (futures) prévues ou être prédéterminées par accord entre le fabricant et l'utilisateur de la machine.

4.2 Spécification d'éprouvette et conception de tâche de fabrication

4.2.1 Spécification d'éprouvette générique et normes d'essai

Ci-après, les éprouvettes d'essai utilisées dans les tâches de fabrication génériques et pour l'évaluation de ces tâches de fabrication ainsi que les essais associés sont définis. Le présent article donne une vue d'ensemble des cas d'utilisation pertinents pour l'évaluation de la machine générique et introduit le cadre pour la génération des données (éprouvettes utilisées, méthodes d'essai, conception de tâche de fabrication et exigences de qualité).

Des géométries d'éprouvettes à utiliser pendant toute la tâche de fabrication générique sont décrites dans le [Tableau 1](#).

La pièce ainsi que les méthodes de retrait de la poudre de la tâche de fabrication ne peuvent pas être changées, afin de maintenir une qualité mécanique et de surface constante de l'éprouvette. Le mesurage de surface doit être réalisé avant le mesurage de la porosité.

La méthodologie introduite est appliquée aux propriétés mécaniques quasi-statiques, à la masse volumique relative et aux caractéristiques de surface. Les autres propriétés (par exemple propriétés dynamiques et cycliques) sont exclues volontairement et peuvent être incluses dans des tâches de fabrication conçues individuellement selon cette méthodologie ou des accords individuels entre l'utilisateur et le fabricant de la machine.

Tableau 1 — Spécification d'éprouvette pour le mesurage de la rugosité de surface, de la masse volumique relative et de la résistance à la traction

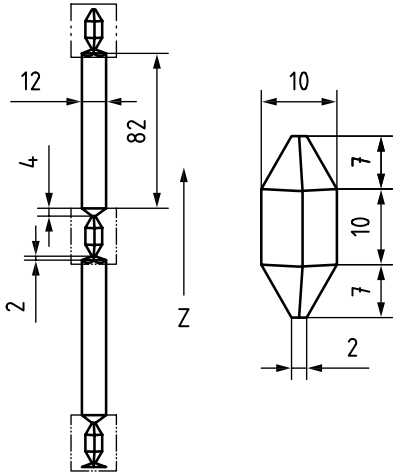
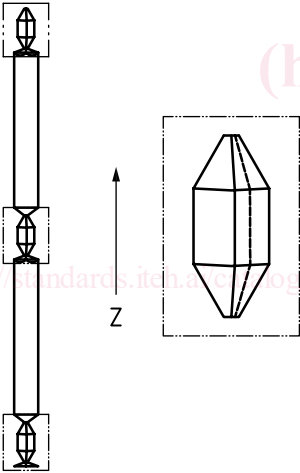
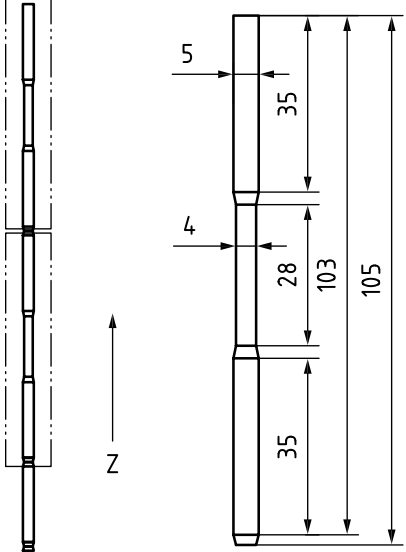
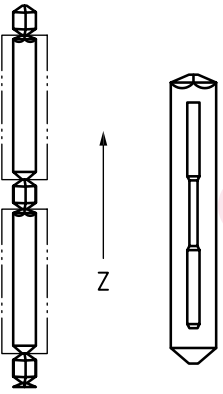
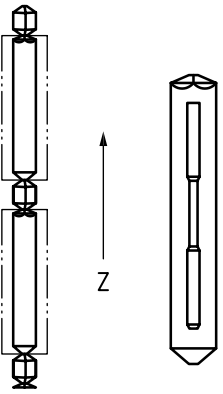
Éprouvette d'essai	Norme, objectif et description d'essai	Mode opératoire et critères d'essai
	<p>Mesurage de surface:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Norme d'essai: ISO 25178 (toutes les parties) — Éprouvette d'essai: éprouvette surface/masse volumique diamant de 10 mm × 10 mm × 10 mm — Objectif d'essai: <ul style="list-style-type: none"> Mesurage de la rugosité de surface sur des surfaces à: <ul style="list-style-type: none"> — 45° — 90° et — 135° — Surface de l'éprouvette d'essai: <ul style="list-style-type: none"> poudre retirée avec du gaz sous pression (aucune modification de surface) 	<ul style="list-style-type: none"> — Mesurage (conformément à l'ISO/ASTM 52902) de S_z, S_a, S_{sk} et S_{ku}, sur chacune des 4 surfaces à un angle de 45°, 90°, 135° par rapport à la plaque de fabrication — Détermination de la valeur moyenne et des quantiles pour chaque cube — La surface de mesurage doit être toute la surface qui est disponible dans chaque direction — Filtres de mesurage généralement utilisés conformément à l'ISO/ASTM 52902
	<p>Mesurage de la porosité:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Norme d'essai: <ul style="list-style-type: none"> — Préparation: ISO 4499-4 — Mesurage de la porosité: ISO 4499-4 — Éprouvette d'essai: <ul style="list-style-type: none"> éprouvette surface/masse volumique diamant de 10 mm × 10 mm × 10 mm — Objectif d'essai: <ul style="list-style-type: none"> mesurage de la masse volumique relative dans la coupe transversale — Un essai avec la méthode d'Archimède conformément à l'ISO 3369 peut être ajouté 	<ul style="list-style-type: none"> — Coupe transversale de l'éprouvette diamant — Préparation de la section transversale conformément à la norme d'essai — Mesurage de la masse volumique relative conformément à la norme d'essai avec un grossissement de 25 x

Tableau 1 (suite)

Éprouvette d'essai	Norme, objectif et description d'essai	Mode opératoire et critères d'essai
	<p>Essai de traction (surface telle que fabriquée):</p> <ul style="list-style-type: none"> — Norme d'essai: ISO 6892-1 — Éprouvette d'essai: <ul style="list-style-type: none"> éprouvette d'essai de traction de forme quasi-définitive (conformément à l'ASTM E8M, l'exigence relative à la rugosité de surface peut être écartée) — Essai de traction forme quasi-définitive avec surface telle que fabriquée (aucun post-traitement) — Permettre l'analyse de la tendance de la résistance à la traction en fonction de la hauteur 	<ul style="list-style-type: none"> — Essai conforme à la norme d'essai et mesurage de R_m, $R_{p0,2}$ et A
	<p>Essai de traction (surface usinée):</p> <ul style="list-style-type: none"> — Norme d'essai: ISO 6892-1 — Éprouvette d'essai: <ul style="list-style-type: none"> éprouvette usinée d'essai de traction/compacité (conformément à l'ASTM E8M) (facultative) — Permettre l'analyse de la tendance de la masse volumique et de la surface en fonction de la hauteur dans des couches multiples — Création de la compacité 	<ul style="list-style-type: none"> — Usinage du cylindre conformément à l'ASTM E8M — Essai conforme à la norme d'essai et mesurage de R_m, $R_{p0,2}$ et A
	<p>Ensemble d'éprouvettes:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Éprouvette d'essai: <ul style="list-style-type: none"> éprouvette combinée surface/masse volumique diamant, d'essai de traction de forme quasi-définitive, et usinée d'essai de traction/compacité — Cette combinaison d'éprouvette est appelée ensemble d'éprouvettes et il convient de l'utiliser ci-après pour les considérations de conception de tâche de fabrication — L'ensemble d'éprouvettes a une hauteur de 112 mm 	<ul style="list-style-type: none"> — Mode opératoire d'essai conformément à la description pour les composants individuels de l'ensemble d'éprouvettes (voir ci-dessus)

4.2.2 Conception de tâche de fabrication

À la [Figure 1](#), la représentation de la tâche de fabrication générique pour deux types différents de machines (dans cet exemple, enveloppe de fabrication cubique/cylindrique de 400 mm) est illustrée.