



**Norme
internationale**

ISO/ASTM 52904

**Fabrication additive de métaux —
Caractéristiques et performances
du procédé — Procédé de fusion sur
lit de poudre métallique en vue de
répondre aux applications critiques**

Additive manufacturing of metals — Process characteristics and performance — Metal powder bed fusion process to meet critical applications

**Deuxième édition
2024-07**

[ISO/ASTM 52904:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9783545c-ba5f-40cb-9444-d2b3bccb03de/iso-astm-52904-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9783545c-ba5f-40cb-9444-d2b3bccb03de/iso-astm-52904-2024>

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

[ISO/ASTM 52904:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9783545c-ba5f-40cb-9444-d2b3bccb03de/iso-astm-52904-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9783545c-ba5f-40cb-9444-d2b3bccb03de/iso-astm-52904-2024>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO/ASTM International 2024

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	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Exigences relatives au personnel	2
5 Données numériques	2
5.1 Registres de données numériques	2
5.2 Traitement des données numériques	2
6 Exigences relatives à l'équipement PBF	3
6.1 Généralités	3
6.2 Produits d'apport de fabrication	3
6.2.1 Plateforme de fabrication	3
6.2.2 Gaz de protection	3
6.2.3 Dispositif d'étalement de la poudre	4
6.2.4 Air comprimé	4
6.3 Outils et équipements auxiliaires	4
6.4 Logiciel d'exploitation de la machine	4
6.5 Contrôles environnementaux	4
7 Exigences relatives à la matière première	4
7.1 Achat de la matière première	4
7.2 Contrôle de la matière première	5
8 Qualification	5
8.1 Vérifications de conception	5
8.1.1 Fichiers de la pièce	5
8.1.2 Tolérance d'usinage	5
8.1.3 Orientation et emplacement	5
8.1.4 Imbrication des pièces	6
8.2 Vérifications préalables à la fabrication	6
8.2.1 Généralités	6
8.2.2 État de maintenance et de calibrage	6
8.2.3 Éléments et systèmes de la machine PBF	6
8.2.4 Environnement de la chambre de fabrication	6
8.2.5 Plateforme de fabrication	6
8.2.6 Dispositif d'étalement de la poudre	6
8.2.7 Alimentation en gaz	7
8.2.8 État et quantité de la matière première	7
8.2.9 Paramètres de référence de la machine et du procédé	7
8.3 Maintenance préventive périodique	7
8.3.1 Généralités	7
8.3.2 Vérification de la fourniture d'énergie	7
8.3.3 Mouvement de l'axe Z	8
8.3.4 Air comprimé	8
8.3.5 Oxygène et vide	8
8.3.6 Alignement du champ laser (ACL)	8
8.3.7 Autre maintenance préventive recommandée	8
8.4 Qualification de la machine, du procédé et de la pièce	8
8.4.1 Qualification du procédé	8
8.4.2 Plateforme de fabrication	8
8.4.3 Éprouvettes d'essai	9
8.4.4 Requalification	10
8.5 Matériau et pièce consolidés	10

ISO/ASTM 52904:2024(fr)

8.5.1	Propriétés du matériau.....	10
8.5.2	Propriétés de la pièce.....	11
8.5.3	Non-conformités.....	11
9	Plan de fabrication et documentation.....	11
9.1	Plan de fabrication.....	11
9.2	Documentation.....	11
Annexe A (informative) Exemple d'un plan de fabrication.....		13
Bibliographie.....		17

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

[ISO/ASTM 52904:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9783545c-ba5f-40cb-9444-d2b3bccb03de/iso-astm-52904-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9783545c-ba5f-40cb-9444-d2b3bccb03de/iso-astm-52904-2024>

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 <https://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 propriété 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: <https://www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html>.

Le présent document a été élaboré 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 commun de normes ISO/ASTM sur la fabrication additive, ainsi qu'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

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO/ASTM 52904:2019), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- La structure du document a été modifiée afin de représenter le flux de travail suivant: Personnel – Données numériques – Équipement PBF – Matières premières – Qualification – Plan de fabrication;
- Les [Articles 8](#) «Logiciel de contrôle du système opératoire de la machine», [Articles 9](#) «Outils auxiliaires et contamination» et [Articles 11](#) «Contrôles environnementaux externes» d'origine ont été fusionnés dans un nouvel [Article 6](#) «Exigences d'équipement PBF»;
- Une nouvelle structure et de nouveaux exemples pour le plan de fabrication, en cohérence avec le nouveau flux de travail;
- [9.2](#) «Documentation» est ajouté au plan de fabrication;
- La [Figure 1](#) a été mise à jour.

Introduction

Le contrôle des opérations et de la production des machines et des procédés de fusion sur lit de poudre (PBF) dans des application critiques sont décrites dans le présent document. Les applications critiques peuvent être sujettes à la réglementation. Il s'agit ici d'une façon de répondre aux exigences de qualité. Le fournisseur/fabricant peut aussi assurer la qualité des composants à travers la validation et la vérification du procédé de FA, selon des procédures et des exigences internes et à travers l'inspection des CTQs (critiques pour la qualité) des composants de FA, selon l'accord client.

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

[ISO/ASTM 52904:2024](https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/9783545c-ba5f-40cb-9444-d2b3bccb03de/iso-astm-52904-2024)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/9783545c-ba5f-40cb-9444-d2b3bccb03de/iso-astm-52904-2024>

Fabrication additive de métaux — Caractéristiques et performances du procédé — Procédé de fusion sur lit de poudre métallique en vue de répondre aux applications critiques

1 Domaine d'application

AVERTISSEMENT — Le présent document ne prétend pas traiter de tous les problèmes de sécurité, s'ils existent, associés à son utilisation. Il est de la responsabilité de l'utilisateur du présent document d'établir des pratiques appropriées de sécurité, d'hygiène et environnementales, et de déterminer l'applicabilité des restrictions réglementaires avant utilisation.

Le présent document couvre le contrôle des opérations et de la production des machines et des procédés de fusion sur lit de poudre de métaux (PBF) dans des secteurs d'application critiques. Une application est considérée comme critique dès lors que la défaillance des fonctionnalités des pièces entraîne des menaces immédiates.

Le présent document est applicable pour la production de pièces et d'éprouvettes d'essai mécanique utilisant la fusion sur lit de poudre (PBF) avec des faisceaux laser ou d'électrons.

Les spécifications liées à des champs d'application spécifiques sont fournies dans leurs normes respectives.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 8573-1, *Air comprimé — Partie 1: Polluants et classes de pureté*

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

ISO/ASTM 52907, *Fabrication additive — Matières premières — Méthodes pour caractériser les poudres métalliques*

ISO 17295, *Fabrication additive — Principes généraux — Positionnement, coordonnées et orientation de la pièce*

ISO/ASTM 52926-1, *Fabrication additive de métaux — Principes de qualification — Partie 1: Qualification générale des opérateurs*

ISO/ASTM/TS 52930:2021, *Fabrication additive — Principes de qualification — Installation, fonctionnement et performances (IQ/OQ/PQ) de l'équipement de PBF-LB*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions données dans l'ISO/ASTM 52900 et l'ISO/ASTM 52926-1 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

dispositif d'étalement de la poudre

réducteur

élément de la machine qui entre en contact avec et étale la matière première sur la zone de fabrication

Note 1 à l'article: Le véritable composant qui est en contact direct avec la poudre durant l'étalement d'une nouvelle couche peut typiquement être une lame, un râteau, un rouleau ou une brosse.

4 Exigences relatives au personnel

Le personnel impliqué dans l'utilisation de l'équipement PBF doit être qualifié conformément aux exigences spécifiques du fabricant de pièces ou du secteur (voir l'ISO/ASTM 52926-1 et l'ISO/ASTM 52926-2 pour les opérateurs PBF-LB ou l'ISO/ASTM 52926-1 ou l'ISO/ASTM 52926-3 pour les opérateurs PBF-EB).

Les registres de la qualification doivent être conservés par le fabricant conformément aux exigences spécifiques du fabricant ou du secteur (par exemple, l'ISO 9001, l'ISO 13485, l'ANSI/ASQC C1, l'AS 9100).

5 Données numériques

5.1 Registres de données numériques

Sauf accord contraire, le fabricant de pièces doit tenir à jour des registres de l'ensemble des logiciels, de CAO et des dispositions d'imbrication de pièces utilisés pour la production des pièces, y compris:

- La version du logiciel d'exploitation de la machine PBF, telle qu'enregistrée sur le plan de fabrication (voir [Article 9](#));
- Les fichiers CAO fournis par le client ou approuvés par le client;
- Les modifications apportées aux fichiers CAO du client, qui doivent être conformes à [l'Article 8](#), et les fichiers tels que AMF et STL qui sont convertis à partir de fichiers CAO fournis par le client. La partie qui effectue la traduction du format CAO natif au format triangulé (par exemple, AMF, STL) est également chargée d'effectuer un contrôle de la qualité du fichier traduit pour s'assurer qu'il n'y a pas d'erreurs inacceptables (par exemple, des bords inadéquats/libres, des triangles qui se superposent ou s'intersectent) et confirmer que toutes les caractéristiques géométriques requises sont toujours présentes;
- Les fichiers de découpe ou de couche utilisés par les machines PBF;
- Le registre de l'imbrication des pièces et de la disposition de la fabrication (par exemple, fichiers de préparation des données; captures d'écran de la vue isométrique);
- Le fichier journal de fabrication de la machine PBF.

Toutes les autres données électroniques fournies par le client, les dessins dimensionnels, l'énoncé de travail, le fichier journal de la machine PBF, ou une combinaison de cela doivent être conservés et sauvegardés. Les cycles de fabrication multiples d'un lot de fabrication doivent être enregistrés avec leur numéro unique de plan de fabrication.

La période de conservation des registres doit être telle que requise pour l'application/le secteur concerné ou, sauf si spécification contraire, elle doit être d'au minimum 5 ans.

5.2 Traitement des données numériques

Le fabricant de pièces doit avoir une méthode manuelle ou automatisée pour le contrôle de la configuration des fichiers d'ingénierie pour s'assurer que la désignation correcte du fichier sur la commande d'achat est traitée par un procédé PBF et, si nécessaire, un usinage final.

Si le modèle de fabrication est modifié par rapport à la forme initiale reçue du client (par exemple, pour ajouter une tolérance d'usinage), la modification doit être effectuée dans un format de fichier d'ingénierie qui permet l'inspection géométrique de la préforme. Le client doit être informé et doit valider les modifications effectuées. Les structures de support ajoutées pour aider au traitement PBF ne doivent pas être considérées comme des modifications de la forme originale. Les fichiers CAO modifiés doivent être vérifiés de la même manière décrite en [8.1](#).

Lorsque des fichiers d'ingénierie tels que des fichiers CAO sont convertis en surfaces triangulées aux fins du traitement PBF, les paramètres utilisés pour la résolution de triangulation des surfaces (par exemple, hauteur de corde) doivent être spécifiés et enregistrés.

Toutes les traductions de fichiers CAO nécessaires au traitement PBF doivent être maîtrisés par la configuration.

6 Exigences relatives à l'équipement PBF

6.1 Généralités

Les exigences relatives aux aspects suivants sont disponibles dans l'ISO/ASTM TS 52930:

- produits d'apport de fabrication (plateforme de fabrication, réducteur, gaz, filtres, etc.) voir l'ISO/ASTM TS 52930:2021, 6.4.2.1;
- outils et équipements auxiliaires;
- logiciel d'exploitation de la machine;
- contrôles environnementaux.

Pour le PBF-LB, le fabricant de pièces doit spécifier des gaz de protection qui, au minimum, tiennent compte de la composition du gaz et de sa compatibilité avec la nuance de matière première, la plateforme de fabrication utilisée et la machine PBF.

6.2 Produits d'apport de fabrication

6.2.1 Plateforme de fabrication

Le fabricant de pièces doit spécifier une plateforme de fabrication qui, au minimum, prend en compte ce qui suit:

- compatibilité de la nuance du matériau de substrat avec la nuance de matière première et tout gaz de protection utilisé;
- exigences géométriques, telles que les exigences de taille, d'épaisseur et de parallélisme;
- lorsque la plateforme de fabrication est destinée à être réutilisée, une épaisseur supplémentaire suffisante au-delà du minimum spécifié par le fabricant de la machine pour permettre un amincissement lors de la récupération ultérieure de la surface de fabrication à chaque réutilisation;
- exigences relatives à l'état et la propreté de la surface.

6.2.2 Gaz de protection

Pour le PBF-LB, le fabricant de pièces doit spécifier des gaz de protection qui, au minimum, prennent en compte ce qui suit:

- composition et pureté du gaz;
- compatibilité avec la matière première et la plateforme de fabrication utilisée;
- exigences relatives aux machines PBF.

6.2.3 Dispositif d'étalement de la poudre

Le fabricant de pièces doit spécifier et sélectionner le type de dispositif d'étalement de la poudre à utiliser ainsi que son matériau en tenant compte de la compatibilité du matériau avec la matière première et le matériau consolidé.

6.2.4 Air comprimé

Les exigences relatives à l'air comprimé pour la machine PBF doivent être conformes aux recommandations du fabricant de la machine, en tenant compte de l'ISO 8573-1.

6.3 Outils et équipements auxiliaires

Les équipements auxiliaires (par exemple, les tamis, les outils à main, les outils électriques, les conteneurs de stockage de poudre, les systèmes de transport de poudre et le mécanisme d'acheminement à la machine) doivent être nettoyés et entretenus de manière à empêcher la contamination croisée due à différents types de matières premières, de gaz et à des poussières ainsi qu'à des corps étrangers.

Une attention particulière doit être portée aux outils destinés à être utilisés dans la chambre de fabrication de la machine PBF pour empêcher la contamination des matières premières. Tous les outils ou accessoires utilisés dans la chambre de fabrication, comme les spatules, les clés, les accessoires sous vide ou similaires doivent être non-contaminants pour la matière première.

Les systèmes de refroidissement/refroidisseurs, lorsqu'ils sont utilisés, doivent fonctionner conformément aux recommandations du fabricant du système de refroidissement.

6.4 Logiciel d'exploitation de la machine

Se référer à l'ISO/ASTM TS 52930 pour les exigences relatives au logiciel et au contrôle des données.

6.5 Contrôles environnementaux

Les contrôles de température et d'humidité dans le lieu de travail et les zones de stockage doivent être conformes aux spécifications des fabricants de machines et de matières premières (voir la fiche de données de sécurité du matériau fournie avec la matière première) et à toute limite spécifiée par le fabricant de pièces. La température et l'humidité doivent être contrôlées et surveillées afin d'assurer la traçabilité entre l'historique de l'environnement et les exigences de stockage et de fabrication.

7 Exigences relatives à la matière première

7.1 Achat de la matière première

La matière première doit être achetée conformément aux spécifications du système de management de la qualité (SMQ), par exemple, dans le cadre d'une liste des fournisseurs agréés (LFA).

Le fabricant de pièces doit fournir une spécification d'achat de matières premières avec laquelle la matière première peut être commandée et acceptée. Les exigences indiquées dans la spécification d'achat de la matière première doivent comprendre, au minimum, celles spécifiées par l'ISO/ASTM 52907, qui couvre:

- description du produit (désignation d'alliage);
- stockage et manutention de la poudre;
- échantillonnage de la poudre;
- caractérisation de la poudre;
- documentation et traçabilité.