



**Norme
internationale**

ISO/ASTM 52928

**Fabrication additive de métaux —
Matières premières — Gestion du
cycle de vie de la poudre**

*Additive manufacturing of metal — Feedstock materials —
Powder life cycle management*

**Première édition
2024-05**

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

[ISO/ASTM 52928:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2beec967-294e-4a75-b984-b0f17bd6ad6d/iso-astm-52928-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2beec967-294e-4a75-b984-b0f17bd6ad6d/iso-astm-52928-2024>

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

[ISO/ASTM 52928:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2beec967-294e-4a75-b984-b0f17bd6ad6d/iso-astm-52928-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2beec967-294e-4a75-b984-b0f17bd6ad6d/iso-astm-52928-2024>



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 Symboles et abréviations	2
5 Propriétés de la poudre	3
5.1 Généralités	3
5.2 Distribution granulométrique	3
5.2.1 Généralités	3
5.2.2 Analyse d'image dynamique	4
5.2.3 Diffraction laser et dispersion de la lumière	4
5.2.4 Tamisage à sec	5
5.2.5 Images obtenues par microscopie optique ou par microscopie électronique à balayage (MEB)	5
5.3 Composition chimique	5
5.3.1 Généralités	5
5.3.2 Méthodes par combustion	6
5.3.3 AAS flamme	7
5.3.4 Spectroscopie de fluorescence X (XRF)	7
5.3.5 Spectrométrie d'émission optique par plasma à couplage inductif (ICP-OES)	7
5.3.6 Spectroscopie de fluorescence X à dispersion d'énergie (EDX)	7
5.4 Masses volumiques caractéristiques	8
5.4.1 Généralités	8
5.4.2 Masse volumique apparente	8
5.4.3 Masse volumique après tassement	8
5.4.4 Masse volumique du squelette (réelle)	8
5.4.5 Comportement au compactage	9
5.5 Détermination de la densité de la poudre	9
5.5.1 Détermination de la porosité fermée des particules via des méthodes indirectes	9
5.5.2 Pycnométrie à gaz	9
5.5.3 Coupe métallographique avec analyse de porosité	9
5.6 Forme et morphologie	10
5.6.1 Généralités	10
5.6.2 Analyse d'image	12
5.6.3 Images obtenues par microscopie électronique à balayage (MEB)	12
5.6.4 Images obtenues par microscopie optique	13
5.6.5 Détermination de la superficie spécifique	13
5.7 Coulabilité	13
5.7.1 Généralités	13
5.7.2 Détermination du débit	14
5.7.3 Mesurage de l'angle du talus d'éboulement	14
5.7.4 Méthode d'essai de cisaillement annulaire	14
5.7.5 Fût rotatif avec analyse d'image dynamique	14
5.7.6 Rhéomètre rotatif pour poudres	14
5.7.7 Rapport de Hausner (rapport de la masse volumique tassée sur apparente)	14
5.8 Contamination	15
5.8.1 Teneur en humidité	15
5.8.2 Impuretés	16
5.8.3 Teneur en O/H	16
5.8.4 Teneur en N	16
5.9 Taux d'absorption de la poudre	16
5.9.1 Généralités	16

ISO/ASTM 52928:2024(fr)

	5.9.2 Transformée de Fourier infrarouge à réflexion diffuse (DRIFTS)	17
6	Cycle de vie de la poudre	17
	6.1 Exigence relative aux lots	17
	6.1.1 Généralités	17
	6.1.2 Spécification	17
	6.1.3 Lot	17
	6.1.4 Mélange	17
	6.1.5 Mix	17
	6.1.6 Combinaison	17
	6.1.7 Métrique de réutilisation	17
	6.2 Traçabilité	18
	6.2.1 Généralités	18
	6.2.2 Historique des événements	18
	6.2.3 État de la poudre	18
	6.2.4 Étiquetage	19
	6.3 Manutention	19
	6.3.1 Généralités	19
	6.3.2 Stockage	19
	6.3.3 Transfert	20
	6.3.4 Reconditionnement	20
	6.4 Recyclage/réutilisation de la matière première	20
	6.5 Élimination	21
7	Assurance qualité de la poudre	21
	7.1 Exigences relatives à la documentation	21
	7.2 Certificat d'analyse (CoA)	21
	7.3 Échantillonnage	22
	7.3.1 Remarques générales	22
	7.3.2 Caractérisation de la poudre vierge et des mélanges de poudres	23
	7.3.3 Caractérisation de la poudre qui a déjà été utilisée	24
	7.4 Méthodes d'essai pour l'analyse de la poudre	24
	7.5 Surveillance et contrôle de l'environnement	24
	7.6 Fréquence d'essai	25
	Bibliographie	26

ISO/ASTM 52928:2024
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2beec967-294e-4a75-b984-b0f17bd6ad6d/iso-astm-52928-2024>

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 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: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html.

Le présent document a été préparé par le Comité technique ISO/TC 261, *Fabrication additive*, en coopération avec le comité 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 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.

Introduction

Les poudres métalliques sont la matière première utilisée pour de nombreux procédés de fabrication additive. Les spécifications et la qualité de la poudre métallique utilisée comme matière première ont une incidence directe sur la qualité et les performances des composants fabriqués par fabrication additive (FA).

Lors de leur usage dans les procédés de fabrication additive ainsi que lors du stockage et de la manutention, les poudres peuvent être soumises à divers facteurs influençant la qualité.

Ceux-ci peuvent inclure:

- contamination croisée et impuretés;
- modifications de la distribution granulométrique;
- réactions avec les gaz ambiants;
- modifications de la teneur en humidité;
- modifications des propriétés d'écoulement;
- modifications de la morphologie des particules;
- absorption des fumées de soudage et projections;
- modifications de la composition chimique due à l'évaporation sélective des éléments d'alliage individuels.

L'assurance qualité des matériaux en poudre pendant toute leur durée de vie depuis la réception, en passant par le stockage et la manutention jusqu'à la réutilisation et la mise au rebut, est donc décisive pour des procédés de fabrication additive qualifiés dans toute industrie concernée.

Le présent document a pour but de sensibiliser aux problèmes de qualité des poudres et à décrire les mesures et modes opératoires pour l'assurance qualité, l'identification des lots et la traçabilité des matériaux en poudre. Les mesures proposées sont déduites des meilleures pratiques dans l'industrie du traitement, en mettant l'accent principalement sur la fréquence et les étapes de la chaîne de procédé où certaines propriétés sont à documentées.

NOTE Étant donné que la poudre métallique/matière première est le principal intrant du procédé de FA, sa qualité, autant en entrée qu'en service, impacte la qualité du résultat de FA. Cependant, le contrôle de la qualité de l'alimentation est l'une des stratégies possibles pour assurer la qualité du résultat du procédé. En alternative, le fournisseur/fabricant est autorisé à certifier la qualité des composants de FA à travers

- a) la validation et la vérification du procédé de FA, selon les procédures internes, et
- b) l'inspection des CTQ (Critique pour la qualité, *Critical to quality*) des composants de FA, selon l'accord client.

Fabrication additive de métaux — Matières premières — Gestion du cycle de vie de la poudre

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences et décrit les aspects concernant la gestion du cycle de vie des matières premières métalliques utilisées pour les procédés de fabrication additive à base de poudres. Ces aspects incluent, sans toutefois s'y limiter:

- les propriétés de la poudre;
- le cycle de vie de la poudre;
- les méthodes d'essai;
- l'assurance qualité de la poudre.

Le présent document complète l'ISO/ASTM 52907, qui se concentre principalement sur les exigences pour la poudre vierge. Le présent document couvre la gestion du cycle de vie de la poudre et se concentre ainsi sur le contrôle des poudres vierges et utilisées.

Le présent document peut être utilisé par les fabricants de poudres métalliques, les acheteurs de matières premières en poudre pour la fabrication additive, les personnes responsables de l'assurance qualité des pièces fabriquées additivement et les fournisseurs d'équipements de mesure et d'essai pour caractériser les poudres métalliques destinées à être utilisées dans des procédés de fabrication additive à base de poudres.

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 12154, *Détermination de la masse volumique par déplacement volumétrique — Masse volumique du squelette mesurée par pycnométrie à gaz*

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

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

ASTM B923, *Standard Test Method for Metal Powder Skeletal Density by Helium or Nitrogen Pycnometry*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans 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 fractionnement

action consistant à fractionner physiquement ou systématiquement un lot en un ou plusieurs plus petits volumes de poudre

Note 1 à l'article: Il est possible qu'une telle action soit prise afin de différencier les volumes de poudre utilisés pour des machines individuelles, mais qui proviennent d'un seul lot plus grand.

3.2 sous-lot

quantité de poudre obtenue par *fractionnement* (3.1) d'un lot plus grand

Note 1 à l'article: Un sous-lot peut aussi être désigné comme un nouveau lot individuel (par exemple, avec un sous-nom ou un suffixe).

3.3 combiner

fusionner deux lots de poudre ou plus ayant la même spécification nominale dans le même récipient ou le même système de FA, sans mélange actif

EXEMPLE Une trémie d'alimentation de machine de FA est remplie de poudre tandis qu'un volume existant de poudre reste dans la trémie.

3.4 métrique de réutilisation

mesure quantitative de l'exposition ou de l'utilisation d'un lot de poudre dans un procédé de FA

Note 1 à l'article: Elle peut être exprimée de manière itérative, par exemple, par un nombre de fabrications ou d'expositions, ou selon une échelle continue telle que la durée d'exposition totale au laser (durée de fonctionnement du laser) ou l'énergie incidente totale.

4 Symboles et abréviations

Les symboles et abréviations suivants sont utilisés dans le présent document.

Tableau 1 — Symboles

Symbole	Désignation	Unité
D_{V10}	fractile 10 % de la taille de particules basé sur le volume de l'échantillon	μm
D_{V50}	fractile 50 % de la taille de particules basé sur le volume de l'échantillon	μm
D_{V90}	fractile 90 % de la taille de particules basé sur le volume de l'échantillon	μm
H	rapport de Hausner	—
I_e	porosité interparticule	—
V_{drum}	volume apparent à l'intérieur du fût	ml
V_{tap}	volume tassé	ml
ρ_b	masse volumique apparente	g/ml
ρ_{tap}	masse volumique tassée	g/ml

Tableau 2 — Abréviations

Abréviation	Désignation
AAS	Spectrométrie d'absorption atomique
CoA	Certificat d'analyse
DRIFTS	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier à réflexion diffuse
EDX	Spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie
ELI	Interstitial très faible

Tableau 2 (suite)

Abréviation	Désignation
ETAAS	Spectrométrie d'absorption atomique électrothermique
FAAS	Spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme
GFAAS	Spectrométrie d'absorption atomique par four graphite
ICP-OES	Spectrométrie d'émission optique par plasma à couplage inductif
IoT	Internet des objets
ppm	Parties par million
SEM	Microscopie électronique à balayage
XFA	Analyse par fluorescence X
XRF	Spectrométrie de fluorescence des rayons X

5 Propriétés de la poudre

5.1 Généralités

Les propriétés de la poudre sont critiques pour le procédé de fabrication et la qualité du matériau formé dans le produit final. Pour faciliter la répétabilité du procédé et la qualité et la cohérence des produits fabriqués, certaines propriétés de la poudre exigent un mesurage et une surveillance à la réception et au moment de la réutilisation de la matière première.

Les paragraphes suivants fournissent des informations complémentaires sur ces propriétés et sur les effets qu'elles ont sur le procédé de FA et le produit final. Les techniques de mesure de chaque propriété sont fournies dans chaque paragraphe.

Pour tous les paramètres influençant le procédé mentionnés dans les paragraphes suivants, les propriétés doivent être déterminées en examinant un échantillon représentatif de la poudre, en s'assurant qu'il est homogène au moment du fractionnement. Se référer à [7.3](#) pour des informations détaillées sur les méthodes d'échantillonnage.

Il convient que des modes opératoires soient inclus pour la propreté de l'équipement avant l'échantillonnage pour éviter la contamination croisée de la poudre.

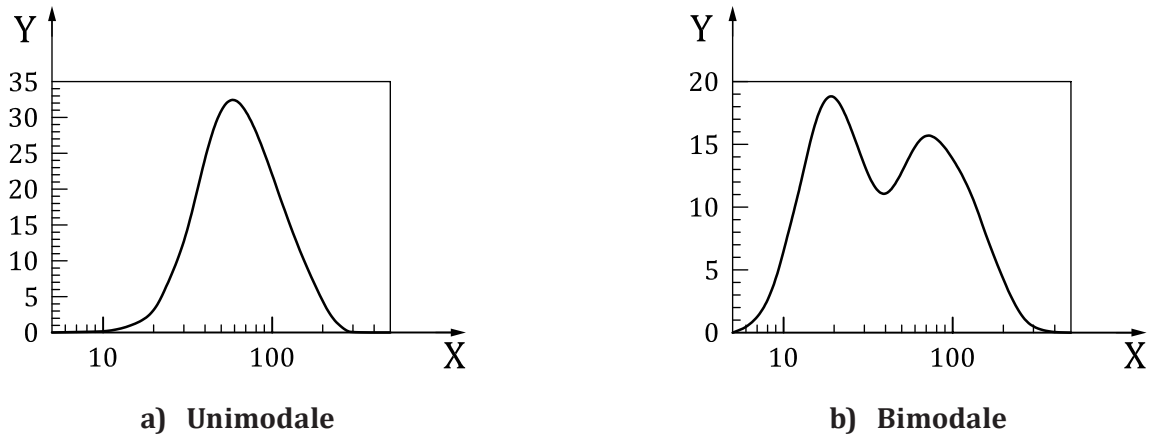
5.2 Distribution granulométrique

5.2.1 Généralités

La distribution granulométrique d'une poudre est un ensemble de valeurs caractéristiques ou une fonction mathématique qui décrit la quantité relative de particules (généralement en masse ou en nombre) d'une certaine classe de taille ou catégorie.

Lors du traitement dans des machines de fabrication additive, la distribution granulométrique passe généralement à des valeurs supérieures (plus grossières), car les petites particules ont tendance à être emportées dans le flux de gaz inerte et sont collectées sur des filtres ultrafins. Les particules fusionnent pour former de plus grosses particules et des réactions avec les gaz ambiants conduisent à des couches de surface sur les particules qui augmentent leur volume et leur masse.

Le comportement au traitement (par exemple, coulabilité, comportement au compactage) d'une poudre donnée est particulièrement influencé par la largeur, la médiane et les limites inférieure et supérieure de la distribution granulométrique. Les lots de poudres transformées peuvent contenir des distributions unimodales, bimodales ou multimodales (voir la [Figure 1](#)) avec des variations significatives basées sur des écarts par rapport aux distributions granulométriques telles qu'elles ont été conçues.



Légende

X taille de particules, en μm

Y proportion relative de particules, en %

Figure 1 — Graphiques représentant la distribution granulométrique

La distribution granulométrique a un effet direct sur l'aptitude à la mise en œuvre de la poudre. Un décalage dans la distribution qui augmente la proportion de particules fines ou grossières a un impact sur les caractéristiques d'écoulement et sur la capacité de recouvrement de la poudre, par exemple dans la machine de fusion par faisceau. La distribution granulométrique affecte aussi la densité du lit de poudre et donc son absorption d'énergie et son comportement de distribution.

Les méthodes suivantes peuvent être utilisées pour déterminer la distribution granulométrique des particules dans la poudre métallique. Les dernières méthodes exigent principalement un plus grand effort analytique.

NOTE Les résultats obtenus par les différentes méthodes ne sont en général pas directement comparables.

5.2.2 Analyse d'image dynamique

ISO/ASTM 52928:2024

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/2bcec967-294e-4a75-b984-b0f17bd6ad6d/iso-astm-52928-2024>

L'analyse d'image dynamique conformément à l'ISO 13322-2 est une méthode de caractérisation des particules par analyse optique de leurs projections d'ombres. En capturant une image de la particule, il est possible de calculer divers paramètres de taille et de forme de particules, tels que le diamètre, la longueur maximale, la circularité ou la largeur minimale. Lors de l'analyse, chaque mesure séparée est attribuée à une classe de mesure en fonction de sa taille. Les limites inférieure et supérieure de la plage de mesure sont déterminées par la résolution de la caméra et le grossissement.

NOTE 1 Les résultats de l'analyse d'image dynamique dépendent dans une large mesure des paramètres de mesure et des réglages des algorithmes d'évaluation. Par conséquent, des résultats nettement différents peuvent être obtenus à partir de systèmes de mesure fabriqués par différents fabricants.

Il doit être observé que les résultats peuvent être présentés en volume ou en nombre.

NOTE 2 Avec ces types de systèmes analytiques, il est souvent possible d'analyser la distribution granulométrique et la morphologie des particules simultanément, ce qui permet d'effectuer des corrélations entre la morphologie et la taille des particules.

5.2.3 Diffraction laser et dispersion de la lumière

La diffraction laser et la dispersion de la lumière, conformément à l'ISO 13320 ou l'ASTM B822 calcule la taille des particules en mesurant la dispersion lumineuse produite (angle, intensité) lorsqu'un faisceau laser passe à travers un échantillon de poudre dispersée. Avec la diffraction laser, il doit être observé que la distribution granulométrique peut être consignée sous forme de données en volume ou en nombre. Cette méthode est utilisée pour les tailles de particules allant de 0,1 μm à 3 mm et est parfaitement adaptée

pour des mesures comparatives. Avec des particules de poudre de forme irrégulière, par exemple, la distribution granulométrique obtenue correspond au comportement de dispersion lumineuse d'un volume de poudre sphérique. Par conséquent, les résultats peuvent différer de ceux obtenus par tamisage à sec ou sédimentation.

NOTE Les résultats de la diffraction laser dépendent dans une large mesure des paramètres de mesure et des réglages des algorithmes d'évaluation. Par conséquent, des résultats nettement différents peuvent être obtenus à partir de systèmes de mesure fabriqués par différents fabricants.

5.2.4 Tamisage à sec

Le tamisage à sec conformément à l'ISO 2591-1, l'ISO 4497 ou l'ASTM B214 n'est adapté que pour les poudres sèches qui ne contiennent pas de liants ni de matériaux auxiliaires. L'ISO 4497 ne recommande pas l'utilisation du tamisage à sec pour les particules de poudre irrégulières ou les poudres dans lesquelles la totalité ou la plupart des particules ont une taille de grain inférieure à 45 µm.

5.2.5 Images obtenues par microscopie optique ou par microscopie électronique à balayage (MEB)

Cette méthode est déjà utilisée dans l'industrie et la recherche et peut être appliquée synergiquement à l'analyse de morphologie des particules (voir [5.6](#)).

NOTE Le nombre de particules capturées puis analysées par un logiciel de traitement d'image est limité et il est possible qu'il ne soit pas représentatif de l'échantillon de poudre entier.

5.3 Composition chimique

5.3.1 Généralités

La composition chimique concerne la quantité relative d'éléments qui constituent une poudre ou un matériau en vrac. Les valeurs sont indiquées soit en pourcentage atomique (at%), soit en pourcentage massique (m%). Les propriétés du matériau sont liées directement à la composition chimique.

Dans la pratique de fabrication, la composition chimique de la matière première de poudre métallique est sujette à variation en raison de phénomènes liés au procédé, tels que l'évaporation sélective des éléments d'alliage individuels, les réactions avec les gaz ambiants (par exemple, oxygène, azote) et/ou l'absorption des fumées et les projections (voir exemple pour la fusion sur lit de poudre à la [Figure 2](#)).