
**Projection thermique —
Recommandations pour la projection
thermique**

Thermal spraying — Recommendations for thermal spraying

**iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)**

ISO 12679:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f2e30d80-49dd-4917-911e-39d0eb8ae8f8/iso-12679-2011>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12679:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f2e30d80-49dd-4917-911e-39d0eb8ae8f8/iso-12679-2011>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2011

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office

Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20

Tel. + 41 22 749 01 11

Fax + 41 22 749 09 47

E-mail copyright@iso.org

Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Matériau de base	2
5 Géométrie des éléments	3
6 Matériaux pour projection thermique	3
6.1 Généralités.....	3
6.2 Sélection des matériaux pour projection thermique.....	4
6.3 Livraison, manutention et stockage.....	4
7 Gaz pour projection	4
8 Combustibles liquides pour projection	5
9 Matériel de projection	5
9.1 Généralités.....	5
9.2 Dispositif de projection.....	5
9.3 Équipement mécanique, dispositifs tournants, systèmes de manutention, robots.....	6
9.4 Équipements auxiliaires essentiels.....	6
10 Préparation de la surface avant la projection	7
10.1 Généralités.....	7
10.2 Prétraitements généraux, dégraissage et nettoyage.....	7
10.3 Décapage à l'abrasif et autres méthodes de préparation.....	7
10.4 Protection et masquage des surfaces ne devant pas être revêtues.....	8
11 Mode opératoire de projection thermique	8
11.1 Spécification du mode opératoire de projection.....	8
11.2 Application du procédé de projection.....	9
11.2.1 Chauffage préalable.....	9
11.2.2 Refroidissement.....	10
11.2.3 Projection de revêtements adhérents.....	10
11.2.4 Méthodes d'application de la projection thermique.....	10
12 Traitement après projection du revêtement	11
13 Aspects liés à la santé, à la sécurité et à l'environnement	12
14 Recommandations relatives à l'assurance de la qualité	12
14.1 Dispositions relatives à l'assurance de la qualité.....	12
14.1.1 Généralités.....	12
14.1.2 Management de la qualité.....	13
14.1.3 Dispositions en matière d'assurance de la qualité pour les installations de projection thermique.....	13
14.1.4 Dispositions relatives à l'assurance de la qualité des matériaux pour projection thermique.....	13
14.2 Qualification du personnel.....	14
14.2.1 Généralités.....	14
14.2.2 Spécialiste en projection thermique.....	14
14.2.3 Agent en projection thermique.....	14
15 Essais des éléments et des éprouvettes associées	14
15.1 Généralités.....	14
15.2 Essais sur l'élément proprement dit.....	14

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12679:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f2e30d80-49dd-4917-911e-39d0eb8ae8f8/iso-12679-2011>

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 appelée 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.

Pour une explication de 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'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f2e30d80-49dd-4917-911e-39d0eb8ae888/iso-12679-2011).

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques*.

Introduction

La projection thermique englobe les procédés utilisés dans la production de revêtements et d'éléments autonomes pour lesquels les matériaux pour projection thermique sont fondus en surface, totalement fondus ou fondus puis projetés sur les surfaces correctement préparées des pièces. Les surfaces des pièces ne font pas l'objet d'une fusion superficielle. Afin d'obtenir des propriétés spécifiques des revêtements, le revêtement par projection peut subir un traitement après projection, thermique ou autre, par exemple, colmatage.

Les revêtements obtenus par projection thermique sont destinés à améliorer les propriétés des surfaces d'une pièce par des opérations de fabrication ou de réparation. L'application d'un revêtement par projection thermique peut, par exemple, avoir un rapport avec l'usure, la corrosion, le transfert de chaleur ou l'isolation thermique, la conductivité ou l'isolation électrique, l'aspect et/ou pour remettre la pièce dans un état de fonctionnement correct. Dans certains cas, un revêtement par projection peut rendre une surface soudable.

En raison notamment de leur mécanisme d'adhérence, il est possible de faire la distinction entre des revêtements obtenus par projection thermique sans traitement thermique après projection et des revêtements appliqués par d'autres procédés, tels que soudage par apport de métal, brasage, déposition en phase gazeuse par procédé physique (PVD) ou déposition en phase vapeur par procédé chimique (CVD).

La projection thermique offre les avantages suivants:

- Les pièces devant être revêtues ne sont que légèrement chauffées afin d'éviter toute déformation ou autre modification structurale indésirable du matériau de base. Ceci n'est pas applicable si les revêtements subissent un traitement thermique pendant ou après le processus de projection.
- L'application ne dépend pas des dimensions de la pièce ou de l'élément. L'opération peut être fixe ou mobile selon le procédé de projection.
- Même des éléments présentant des géométries complexes peuvent être revêtus en employant la configuration de projection appropriée.
- La surface non traitée des revêtements pour projection thermique fournit en général un bon revêtement adhérent pour l'application de peinture.
- Selon le procédé de projection et le matériau pour projection thermique, différentes épaisseurs de revêtement peuvent être appliquées, bien qu'une épaisseur de revêtement d'environ 10 µm soit couramment considérée comme étant la limite inférieure.

Les inconvénients liés aux procédés sont les suivants:

- la force de liaison des revêtements obtenus par projection thermique sans traitement thermique après projection dépend uniquement des forces d'adhérence;
- la force de liaison peut être influencée par une dilatation inadéquate entre le revêtement et le substrat, notamment en cas de haute température de fonctionnement;
- les revêtements pour projection thermique sont microporeux;
- plus le revêtement pour projection thermique est épais et plus les contraintes résiduelles sont élevées dans le revêtement, ce qui a pour effet d'augmenter le niveau de contrainte multiaxiale;
- les revêtements pour projection thermique sans traitement thermique après projection sont sensibles à la pression sur les arêtes, ainsi qu'aux charges localisées et linéaires et aux contraintes d'impact;
- il existe des restrictions en ce qui concerne les dimensions géométriques, par exemple, pour les revêtements intérieurs des pièces dont le diamètre intérieur est trop faible.

Projection thermique — Recommandations pour la projection thermique

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale comprend des lignes directrices pour la production, selon les règles de l'art, de revêtements métalliques, métallo-céramiques, oxydo-céramiques et plastiques, par projection thermique sur des matériaux de base métalliques et non métalliques.

La présente Norme internationale fournit des recommandations pour une configuration de projection appropriée et pratique, une production, une surveillance et une assurance qualité irréprochables, ainsi que pour des essais non destructifs et des essais destructifs sur l'élément et sur l'éprouvette associée. Elle décrit en détail les effets indésirables susceptibles de se produire. Elle donne également des conseils sur la manière de prévenir de tels effets.

Les charges admissibles sur les revêtements et les catégories d'évaluation pour la qualité ne relèvent pas du domaine d'application de la présente Norme internationale, car elles dépendent des conditions de service.

La présente Norme internationale peut être utilisée à des fins contractuelles.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application 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 3452-1, *Essais non destructifs — Examen par ressuage — Partie 1: Principes généraux*

ISO 14231, *Projection thermique — Contrôle d'acceptation du matériel de projection thermique*

ISO 14232, *Projection thermique — Poudres — Composition et conditions techniques de livraison*

ISO 14918, *Projection thermique — Qualification des agents en projection thermique*

ISO 14919, *Projection thermique — Fils, baguettes et cordons pour projection thermique à l'arc et au pistolet dans une flamme — Classification — Conditions techniques d'approvisionnement*

ISO 14920, *Projection thermique — Projection et fusion d'alliages autofondants*

ISO 14921, *Projection thermique — Mode opératoire d'application de revêtements obtenus par projection thermique pour les pièces mécaniques*

ISO 14922-1, *Projection thermique — Exigences qualité des constructions obtenues par projection thermique — Partie 1: Lignes directrices pour leur sélection et utilisation*

ISO 14922-2, *Projection thermique — Exigences qualité des constructions obtenues par projection thermique — Partie 2: Exigences qualité complètes*

ISO 14922-3, *Projection thermique — Exigences qualité des constructions obtenues par projection thermique — Partie 3: Exigences qualité standard*

ISO 14922-4, *Projection thermique — Exigences qualité des constructions obtenues par projection thermique — Partie 4: Exigences qualité élémentaires*

ISO 14923, *Projection thermique — Caractérisation et essais des revêtements obtenus par projection thermique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 effet de grenailage

traitement de renforcement sous pression par décapage à l'abrasif

3.2 niveau de pression acoustique

valeur moyenne du son émis

Note 1 à l'article: Le niveau de pression acoustique est mesuré en décibels (dB).

3.3 décapage

élimination de matériau d'une surface

Note 1 à l'article: Le décapage peut être effectué à l'aide d'agents décapants liquides (décapage chimique humide) ou de gaz dans un récipient (décapage sec, décapage par plasma). L'agent décapant réagit chimiquement avec le substrat.

3.4 décapage ionique

matériau éliminé par bombardement de la surface avec des particules de grande énergie telles que des ions

Note 1 à l'article: Les ions enlèvent le matériau au point d'impact. La méthode est employée dans une application utilisant la technique par plasma (technique d'application de revêtement sous vide).

3.5 décharge en couronne

décharge diélectrique dans l'air lorsque le champ électrique dépasse une certaine valeur; il se produit une ionisation des molécules d'air qui génère de l'ozone à vie courte

4 Matériau de base

Pratiquement tous les types de matériaux à l'état solide peuvent être revêtus par projection thermique, à condition que leur surface soit correctement préparée. La force de liaison du revêtement au substrat dépend du matériau pour projection, du procédé de projection ainsi que des propriétés physiques et techniques du matériau de base utilisé. La force de liaison est, entre autres, particulièrement plus influencée par la conductivité thermique du matériau de base que par la conductivité du revêtement pour projection thermique et par l'état de la surface du matériau de base. En général, les matériaux trempés nécessitent un revêtement adhérent pour assurer une force d'adhérence adéquate. L'épaisseur de revêtement possible peut être limitée, selon le matériau de liaison utilisé. Certains procédés de durcissement de surface, par exemple «nitruration», peuvent laisser des inclusions gazeuses qui empêchent une liaison correcte.

Diverses matières plastiques, ainsi que le verre et le papier, peuvent recevoir un revêtement obtenu par projection thermique lorsque l'on utilise le procédé de projection qui convient et une méthode de traitement de surface adaptée pour le matériau respectif.

Le fait que les pièces devant être revêtues ne sont, en règle générale, que légèrement chauffées, cela permet d'éviter, dans toute la mesure du possible, des modifications structurales indésirables du matériau de base et des modifications au niveau de la géométrie de l'élément dues à la déformation. Toutefois, il peut se produire des déformations dues à un décapage intense à l'abrasif lors de la préparation de surface, notamment pour des pièces à parois fines ou dues à des contraintes de compression résiduelles sur la surface du substrat générées par les effets du grenailage liés au procédé. Si les revêtements subissent un traitement thermique durant la projection (procédés à fusion simultanée) ou par la suite, il peut se

produire des modifications structurales indésirables et des modifications significatives au niveau de la géométrie des éléments.

Aux fins d'assurance qualité durant le processus de fabrication, il convient que les matériaux de base et les éléments devant être revêtus soient stockés de manière à éviter tout endommagement et/ou modification indésirable de forme ou de surface.

5 Géométrie des éléments

L'application d'un procédé de projection thermique est indépendante, dans toute la mesure du possible, des dimensions de la pièce ou de l'élément devant être revêtu. Ceci est principalement vrai pour la projection thermique à l'arc et au pistolet dans une flamme. Pour la projection plasma et la projection HVOF (projection dans une flamme à grande vitesse), des cabines de projection confinées sont normalement requises en raison du niveau de bruit élevé et des émissions de poussière. Par conséquent, il peut y avoir des restrictions pour les dimensions de l'élément.

Certaines conditions préalables concernant la configuration pratique doivent être prises en considération lors de l'utilisation du procédé de projection thermique. Si ces règles sont suivies, même des pièces aux géométries complexes peuvent être revêtues avec un niveau élevé d'expertise. Les règles les plus importantes peuvent être résumées comme suit:

- la zone à revêtir doit être accessible au pistolet de projection muni de tous ses raccords électriques et/ou de gaz. La distance et l'angle de projection nécessaires doivent être maintenus;
- il convient d'éviter les arêtes vives car elles ne peuvent pas être recouvertes par le revêtement pour projection thermique;
- il convient d'éviter les rayons étroits car leur présence peut provoquer une turbulence dans le jet de projection, ce qui aurait pour effet de donner des revêtements insatisfaisants en termes de force de liaison et de densité;
- les problèmes de turbulence et de particules détachées adhérant aux parois se produisent en particulier lors de la projection dans des alésages étroits ou des trous borgnes;
- pour éviter la desquamation du revêtement, il s'est avéré bénéfique de tirer le revêtement autour de bords arrondis ou chanfreinés;
- les arguments énumérés pour la projection thermique, c'est-à-dire accessibilité, arêtes vives, rayons étroits, alésages et trous borgnes, s'appliquent également au décapage à l'abrasif lors de la préparation de la surface pour la projection.

6 Matériaux pour projection thermique

6.1 Généralités

Les matériaux utilisés pour la projection thermique couvrent une vaste gamme de matériaux très différents. Il est pratiquement possible de projeter tout matériau pouvant se présenter sous forme de fil plein, de fil fourré, de cordon ou de baguette et ne sublimant pas dans l'arc ou le plasma ou ne décomposant pas lorsqu'il traverse la flamme. Dans le cas particulier de projection de métal fondu, le matériau est traité à l'état liquide.

En général, les matériaux pour projection thermique suivants peuvent être utilisés pour la projection thermique:

- métaux et alliages de métaux;
- métallo-céramiques;
- phases dures intégrées dans un matériau de base;

- oxydo-céramiques, plastiques, ainsi que divers matériaux hybrides.

6.2 Sélection des matériaux pour projection thermique

La sélection du matériau pour projection thermique qui convient le mieux pour l'application constitue une tâche importante pour le concepteur et/ou la personne chargée de la technique de projection. Parmi les critères fondamentaux pour la sélection des matériaux, figurent le profil requis du revêtement, les conditions de service ultérieures et le procédé de projection le mieux adapté. Les charges de corrosion et/ou d'usure, par exemple, peuvent déterminer le profil requis. Les conditions de service dans un système tribologique peuvent être déterminées par une température de service plus élevée ou des températures de service qui fluctuent en termes de niveau et, dans certains cas, de vitesse. Le procédé de projection thermique le mieux adapté se distingue lui-même par son aptitude à satisfaire aux exigences relatives au revêtement, telles que masse volumique, force de liaison, porosité, pureté, etc. Ici, les données pertinentes du procédé, tel que le niveau de température dans la flamme, dans l'arc ou dans le plasma, le temps de maintien des particules projetées dans la zone chaude et la vitesse des particules en l'air et lors de l'impact sur le substrat, jouent un rôle primordial.

Les matériaux pour projection les plus importants ont été normalisés. Les renseignements suivants sont spécifiés dans les normes; composition chimique du matériau et sa livraison sous forme de poudre avec ses caractéristiques particulières basées sur le procédé de fabrication, la forme des particules et leur distribution granulométrique, ou sous forme de fil, de baguette ou de cordon.

Les Normes internationales suivantes s'appliquent:

- pour la poudre: ISO 14232;
- pour les fils, baguettes et cordons: ISO 14919.

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

6.3 Livraison, manutention et stockage

La forme du matériau livré et sa constance d'un lot à l'autre, notamment avec des poudres pour projection, jouent un rôle fondamental pour l'assurance d'une qualité uniforme du revêtement fini. Pour cette raison, il est recommandé que la fabrication, la livraison et la distribution soient évaluées et contrôlées par un système approprié de management de la qualité. Les détails concernant une telle procédure sont décrits dans l'EN 12074.

ISO 12679:2011

https://standards.iteh.ai/en/iso/12679/2011/iso-12679-2011-3040d8m818.html

7 Gaz pour projection

Des gaz industriels sont utilisés dans tous les procédés de projection thermique. Suivant le procédé de projection, ces gaz ou leurs mélanges sont utilisés en tant que combustible, accélérateur de combustion, gaz plasmagène, enveloppe de protection gazeuse, gaz propulseur ou pulvérisateur, gaz d'alimentation en poudre, ou gaz pour le refroidissement de la pièce à revêtir ou même pour refroidissement du pistolet de projection.

Les caractéristiques physiques et chimiques des gaz industriels utilisés pour la projection thermique sont très sensiblement différents les uns des autres. En prêtant attention à ces paramètres, un gaz ou un mélange de gaz qui satisfait les exigences relatives au procédé et au matériau, peut être sélectionné pour toute application de projection thermique.

Les gaz suivants sont principalement utilisés;

- en tant que gaz combustible: acétylène (C₂H₂), propane (C₃H₈), propylène (C₃H₆), éthène (C₂H₄), hydrogène (H₂), gaz naturel;
- en tant que gaz plasmagène: argon (Ar), hélium (He), hydrogène (H₂), azote (N₂) et les mélanges de ceux-ci;
- en tant qu'accélérateur de combustion: oxygène (O₂);
- en tant qu'enveloppe de protection gazeuse: argon (Ar), azote (N₂);

- en tant que gaz propulseur ou pulvérisateur: air comprimé, azote (N₂), argon (Ar);
- en tant que gaz d'alimentation en poudre: argon (Ar), azote (N₂);
- en tant que gaz de refroidissement: air comprimé, dioxyde de carbone (CO₂).

Selon le procédé de projection et le but de l'application, des niveaux variables de pureté des gaz sont requis. Le producteur de gaz est responsable de la pureté des gaz dont le niveau doit ensuite être maintenu chez l'utilisateur durant le processus de remplissage, de transport et de livraison, ainsi que dans le système de canalisations.

En général, il suffit d'indiquer la pureté des gaz utilisés en projection thermique avec des valeurs numériques selon le nombre de chiffres «neuf» avant et après la virgule (4,6 = 99,996 %). Les niveaux habituels de pureté des gaz sont les suivants:

- | | |
|-------------|-----|
| — Éthène | 3,5 |
| — Oxygène | 3,5 |
| — Hydrogène | 3,0 |
| — Azote | 4,6 |
| — Argon | 4,6 |
| — Hélium | 4,6 |

iTeh STANDARD PREVIEW

Pour la projection plasma en particulier, la pureté des gaz a une grande influence sur la durée de vie du système d'électrodes de la buse. (standards.iteh.ai)

8 Combustibles liquides pour projection

Dans plusieurs applications, un procédé de projection à grande vitesse dans une flamme est appliqué en utilisant des combustibles liquides, par exemple, le kérosène, la *N*-paraffine, le benzène ou le pétrole d'essai. Une faible teneur en soufre doit être maintenue pour des raisons environnementales. Le point d'éclair, le point d'évaporation et la pureté doivent être pris en compte, tout comme les instructions supplémentaires données par le fournisseur du matériel.

9 Matériel de projection

9.1 Généralités

Le matériel de projection thermique comprend le dispositif de projection avec tous ses raccordements électriques et d'alimentation en gaz et ses accessoires de régulation, éventuellement le système de manutention, plus les installations périphériques telles que les systèmes d'aspiration et de filtrage, cabine de projection et insonorisation. Les installations modernes comprennent souvent des dispositifs supplémentaires pour surveiller les paramètres de projection et les séquences des mouvements au moyen de caméras vidéo.

9.2 Dispositif de projection

Le dispositif de projection est défini dans l'ISO 14917 comme étant le matériel requis pour la projection thermique.

L'ISO 14231 fournit des lignes directrices pour la qualification de l'installation de projection ainsi que pour le système de transport des matériaux pour projection. L'ISO 14231 peut être également consultée pour le contrôle de l'état de l'installation de projection thermique.