
Projection thermique — Terminologie, classification

Thermal spraying — Terminology, classification

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 14917:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/feabc6e3-e4f5-4de6-ba28-26a062cbbca8/iso-14917-2017)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/feabc6e3-e4f5-4de6-ba28-26a062cbbca8/iso-14917-2017>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 14917:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/feabc6e3-e4f5-4de6-ba28-26a062cbbca8/iso-14917-2017>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017, Publié en Suisse

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
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Variantes de procédés	1
4.1 Classement selon la nature du matériau d'apport.....	1
4.2 Classement selon le mode de projection.....	2
4.2.1 Projection thermique manuelle.....	2
4.2.2 Projection thermique mécanisée.....	2
4.2.3 Projection thermique automatique.....	2
4.3 Classification et abréviations relatives à la projection thermique, aux revêtements et leurs propriétés technologiques, aux traitements après projection thermique.....	2
4.3.1 Projection thermique, revêtements et propriétés.....	2
4.3.2 État des revêtements obtenus par projection thermique et traitements après projection thermique.....	2
4.3.3 Classification selon la source d'énergie et/ou selon le type de matériau d'apport — Abréviations relatives aux procédés de projection thermique et aux procédés spéciaux de rechargement par soudage.....	3
5 Description des procédés	4
5.1 Projection à la flamme.....	4
5.1.1 Généralités.....	4
5.1.2 Projection à la flamme utilisant un fil (projection thermique au fil par combustion).....	4
5.1.3 Projection à la flamme utilisant une poudre.....	5
5.2 Projection à la flamme à grande vitesse.....	5
5.2.1 Projection à la flamme à grande vitesse avec un combustible gazeux.....	5
5.2.2 Projection à la flamme à grande vitesse avec un combustible liquide.....	6
5.2.3 Projection à la flamme d'une suspension à grande vitesse.....	7
5.2.4 Projection par détonation.....	7
5.3 Projection à froid (projection à froid au moyen d'un gaz).....	8
5.4 Procédés de projection à l'arc — Projection à l'arc.....	9
5.5 Procédés de projection au plasma.....	10
5.5.1 Projection au plasma atmosphérique.....	10
5.5.2 Projection au plasma d'une suspension.....	10
5.5.3 Projection au plasma en chambre.....	11
5.6 Autres procédés de projection au plasma.....	11
5.6.1 Projection au plasma stabilisé par l'eau.....	11
5.6.2 Projection au plasma par induction — Projection au plasma à couplage inductif.....	12
5.6.3 Projection au plasma à arc transféré.....	13
5.7 Rechargement par laser.....	14
5.8 Rechargement au plasma à arc transféré (PTA).....	15
6 Projection thermique — Termes	16
6.1 Termes généraux.....	16
6.1.1 Aptitude au revêtement.....	16
6.1.2 Aptitude au revêtement.....	16
6.1.3 Aptitude à la projection.....	17
6.1.4 Fonctionnalité du revêtement.....	17
6.1.5 Faisabilité du revêtement.....	17
6.1.6 Éprouvettes associées.....	17
6.2 Matériel de projection thermique, termes.....	17

6.2.1	Pistolet de projection, chalumeau.....	17
6.2.2	Buse de projection.....	17
6.2.3	Buse supplémentaire.....	17
6.2.4	Guide-fil de contact.....	18
6.2.5	Dispositif d'avance du fil.....	18
6.2.6	Dispositif d'amenée de poudre.....	18
6.2.7	Injecteur de poudre.....	18
6.3	Termes spécifiques relatifs au procédé de projection thermique.....	18
6.3.1	Matériau d'apport.....	18
6.3.2	Gaz porteur.....	18
6.3.3	Gaz pulvérisateur.....	18
6.3.4	Gaz propulseur.....	18
6.3.5	Jet.....	18
6.3.6	Particules projetées.....	18
6.3.7	Particule étalée («splat»).....	18
6.3.8	Dépôt obtenu par projection.....	18
6.3.9	Distance de projection.....	19
6.3.10	Angle de projection.....	19
6.3.11	Vitesse de projection.....	19
6.3.12	Superposition des traces de projection.....	19
6.3.13	Point de projection.....	19
6.3.14	Rendement de projection.....	19
6.3.15	Pertes à la projection.....	19
6.3.16	Rendement de dépôt.....	19
6.3.17	Masquage/cache.....	19
6.3.18	Colmatage.....	19
6.3.19	Traitement thermique.....	19
6.3.20	Assemblage par fusion.....	19
6.4	Termes spécifiques du revêtement.....	20
6.4.1	Couche projetée.....	20
6.4.2	Substrat.....	20
6.4.3	Couche de liaison.....	20
6.4.4	Couche de finition.....	20
6.4.5	Interface.....	20
6.4.6	Particules non fondues.....	20
6.4.7	Particules re-solidifiées.....	20
6.5	Propriétés des couches projetées thermiquement, termes.....	20
6.5.1	Résistance d'adhérence en traction, R_H	20
6.5.2	Cohésion.....	20
6.5.3	Dureté.....	21
6.5.4	Résistance au cisaillement.....	21
6.5.5	Autres propriétés.....	21

Annexe A (informative) Organigramme général des procédés de projection thermique — Classification en fonction des sources d'énergie utilisées pour la projection.....	22
--	-----------

Annexe B (informative) Index de mots-clés.....	23
---	-----------

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 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 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 le comité technique ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 14916:1999) qui a fait l'objet d'une révision technique.

Introduction

Il convient de faire parvenir les demandes d'interprétations officielles des aspects techniques du présent document au Secrétariat de l'ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques*, via le Comité membre national dont une liste peut être trouvée à l'adresse www.iso.org.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 14917:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/feabc6e3-e4f5-4de6-ba28-26a062cbbca8/iso-14917-2017>

Projection thermique — Terminologie, classification

1 Domaine d'application

Le présent document définit les procédés et les termes généraux relatifs à la projection thermique. Il classe les procédés de projection thermique en fonction du type de matériau d'apport, du mode de projection et du type de source d'énergie. Il spécifie les abréviations associées aux procédés de projection, aux revêtements obtenus par projection et aux étapes de fabrication.

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 6508-1, *Matériaux métalliques — Essai de dureté Rockwell — Partie 1: Méthode d'essai*

ISO 17836, *Projection thermique — Détermination du rendement de dépôt en projection thermique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions 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:

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

projection thermique

TS

procédé dans lequel des matériaux d'apport sont portés à l'état plastique ou fondu à l'intérieur ou à l'extérieur d'appareils de projection (pistolet ou chalumeau), puis projetés sur un substrat préparé à cet effet

Note 1 à l'article: Le substrat peut subir une certaine fusion localisée en surface dans la zone d'impact des particules uniquement.

Note 2 à l'article: Pour obtenir des propriétés spécifiques du dépôt, celui-ci peut subir ultérieurement un traitement thermique, mécanique ou un colmatage.

4 Variantes de procédés

4.1 Classement selon la nature du matériau d'apport

On distingue les variantes suivantes:

- la projection thermique au fil;
- la projection thermique à la baguette;
- la projection thermique au cordon;

- la projection thermique d'une poudre;
- la projection thermique d'une suspension.

4.2 Classement selon le mode de projection

4.2.1 Projection thermique manuelle

Toutes les opérations caractéristiques du procédé de projection thermique se font à la main.

4.2.2 Projection thermique mécanisée

Toutes les opérations caractéristiques du procédé de projection thermique sont mécanisées.

4.2.3 Projection thermique automatique

Toutes les opérations caractéristiques du procédé de projection thermique sont entièrement mécanisées, y compris la manutention (par exemple le chargement et le déchargement des pièces), et sont intégrées dans un système programmé. La surveillance et le contrôle de l'ensemble du procédé de projection thermique peuvent également être inclus, conformément à la méthode en boucle fermée.

4.3 Classification et abréviations relatives à la projection thermique, aux revêtements et leurs propriétés technologiques, aux traitements après projection thermique

4.3.1 Projection thermique, revêtements et propriétés

Voir le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Projection thermique, revêtements et propriétés (abréviations en majuscules)

Abréviation	Élément	Spécifié au paragraphe	Spécifié dans la norme
TS	Projection thermique (en général)	3.1	—
BC	Couche de liaison	6.4.3	—
TC	Couche de finition	6.4.4	—
SF	Alliage autofondant		ISO 14920/ISO 14232
DE	Rendement de dépôt	6.3.16	ISO 17836
R _H	Résistance d'adhérence en traction	6.5.1	ISO 14916

4.3.2 État des revêtements obtenus par projection thermique et traitements après projection thermique

Voir le [Tableau 2](#).

Tableau 2 — État des revêtements obtenus par projection thermique et traitements après projection thermique (abréviations en minuscules)

Abréviation	État	Spécifié dans la norme ou décrit au paragraphe
as	après projection	6.4.1
f	fondu	ISO 14920
sm	fini	ISO 14924
m/c	usiné	ISO 14924
s	colmaté	ISO 14924

4.3.3 Classification selon la source d'énergie et/ou selon le type de matériau d'apport — Abréviations relatives aux procédés de projection thermique et aux procédés spéciaux de rechargement par soudage

La classification selon la source d'énergie nécessite des sous-classes du fait de la diversité des matériaux d'apport. La [Figure A.1](#) présente un organigramme général des procédés de projection thermique avec les sous-classes. Voir également les [Tableaux 3](#) et [4](#).

Tableau 3 — Classification et abréviations relatives aux procédés de projection thermique (abréviations en majuscules)

Procédés de projection thermique standard	Abréviations des procédés	Description du procédé au paragraphe	
Projection thermique au moyen de combustibles gazeux ou liquides	Procédés de projection thermique à la flamme	5.1	
	Projection à la flamme utilisant un fil (projection thermique au fil par combustion)	WFS	5.1.2
	Projection à la flamme utilisant un cordon	CFS	5.1.2
	Projection à la flamme utilisant une baguette	RFS	5.1.2
	Projection à la flamme utilisant une poudre	PFS	5.1.3
	Projection à la flamme à grande vitesse		5.2
	Projection à la flamme oxygène-combustible à grande vitesse	HVOF	5.2.1
	Projection à la flamme air-combustible à grande vitesse	HVAF	5.2.1
	Projection à la flamme d'une suspension à grande vitesse	HVFSS	5.2.3
Projection par détonation (projection au canon à détonation)	DGS	5.2.4	
Projection thermique par dilatation de gaz à haute pression sans combustion	CGS	5.3	
Projection thermique par arc électrique ou décharge dans un gaz	Projection à l'arc (projection à l'arc utilisant un fil)	AS	5.4
	Projection au plasma atmosphérique	APS	5.5.1
	Projection d'une suspension par plasma atmosphérique	APSS	5.5.2
	Projection au plasma sous vide / Projection au plasma basse pression / Projection au plasma en atmosphère contrôlée	VPS (Europe) LPPS™ (États-Unis, Asie) ^a CAPS	5.5.3
Projection thermique par arc électrique ou décharge dans un gaz (seulement quelques utilisateurs)	Projection au plasma stabilisé par l'eau	WSPS	5.6.1
	Projection au plasma à couplage inductif	ICPS	5.6.2
	Projection au plasma à arc transféré	PTWA	5.6.3

^a LPPS™ est un exemple de produit approprié disponible dans le commerce. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'ISO approuve ou recommande l'emploi exclusif de ce produit.

Tableau 4 — Classification et abréviations relatives aux procédés spéciaux de rechargement par soudage (abréviations en majuscules)

Procédés spéciaux de rechargement par soudage		Abréviations des procédés	Description du procédé au paragraphe
Rechargement au moyen d'un faisceau de lumière	Rechargement par laser	LC	5.7
Rechargement par arc électrique ou décharge dans un gaz	Rechargement au plasma à arc transféré	PTA	5.8

5 Description des procédés

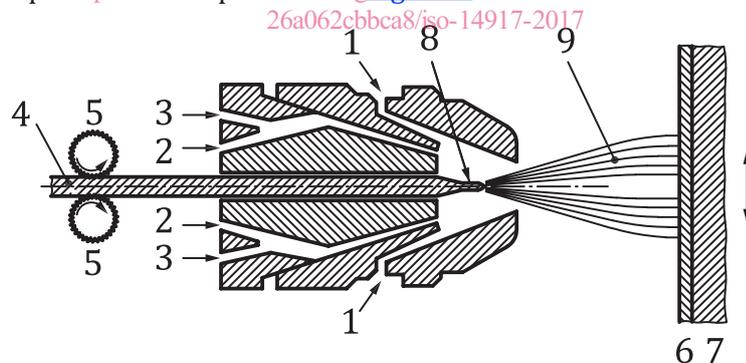
5.1 Projection à la flamme

5.1.1 Généralités

La projection à la flamme est un procédé dans lequel un matériau d'apport est fondu dans la flamme à l'aide d'un chalumeau oxygène-gaz combustible, puis projeté sur un substrat. Le matériau peut être à l'origine sous forme d'une poudre, d'une baguette, d'un cordon ou d'un fil. Le matériau chaud est projeté sur le substrat par le jet oxygène-gaz combustible seul ou mélangé à un gaz pulvérisateur, par exemple de l'air comprimé.

5.1.2 Projection à la flamme utilisant un fil (projection thermique au fil par combustion)

Pour la projection à la flamme utilisant un fil, le fil métallique d'apport (fil plein ou fil fourré) est introduit dans le pistolet en continu. Il est amené à l'état fondu par la flamme d'un chalumeau oxygène-gaz combustible et projeté sur la surface du substrat préparée à cet effet par entraînement dans un gaz pulvérisateur, par exemple de l'air comprimé. Voir Figure 1.



Légende

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1 air comprimé | 6 dépôt obtenu par projection |
| 2 gaz combustible | 7 substrat |
| 3 oxygène | 8 pointe du fil en fusion |
| 4 fil, cordon ou baguette | 9 jet |
| 5 dispositif d'avance du fil | |

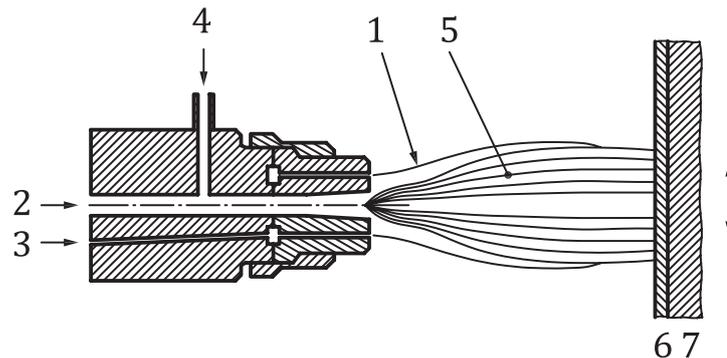
Figure 1 — Projection à la flamme utilisant un fil

Les gaz combustibles le plus souvent utilisés sont l'acétylène, le propane et l'hydrogène.

Les variantes sont la projection à la flamme utilisant une baguette (RFS) dans laquelle des baguettes de matériau coupées dans la longueur sont utilisées, et la projection à la flamme utilisant un cordon (CFS) dans laquelle des cordons de matériau de rechargement sont utilisés.

5.1.3 Projection à la flamme utilisant une poudre

Dans ce type de projection, le matériau d'apport est injecté dans le pistolet, sous forme de poudre, et est porté à l'état plastique ou fondu (partiellement ou totalement) par la flamme oxygène-gaz combustible. Sous l'effet de la dilatation des gaz de combustion, il est projeté sur le substrat préparé. Dans certains cas, un jet de gaz supplémentaire peut être utilisé pour accélérer les particules de poudre. Voir [Figure 2](#).



Légende

- | | | | |
|---|-----------------------|---|-----------------------------|
| 1 | flamme | 5 | jet |
| 2 | gaz combustible | 6 | dépôt obtenu par projection |
| 3 | oxygène | 7 | substrat |
| 4 | poudre et gaz porteur | | |

iTech STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 14917:2017
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/feabc6e3-e4f5-4de6-ba28-26a062cbhca8/iso-14917-2017>

Figure 2 — Projection à la flamme utilisant une poudre

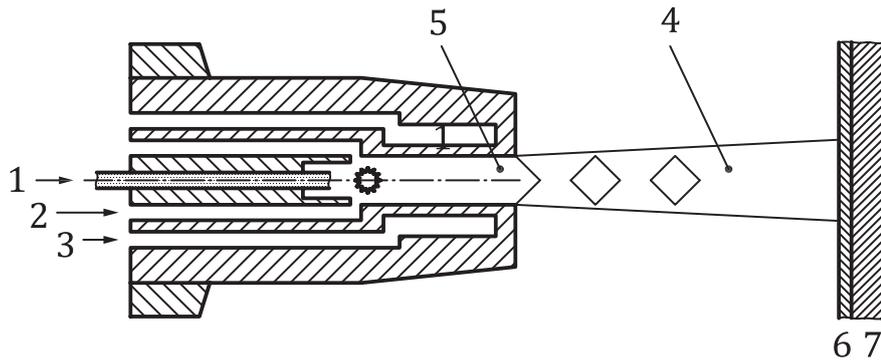
5.2 Projection à la flamme à grande vitesse

5.2.1 Projection à la flamme à grande vitesse avec un combustible gazeux

Dans la projection à la flamme à grande vitesse, une combustion continue est obtenue dans la chambre de combustion qui, associée à la buse d'expansion, crée une vitesse d'écoulement extrêmement élevée dans le jet de gaz. Le matériau d'apport est injecté de manière axiale dans la chambre de combustion ou de manière radiale dans le flux gazeux à grande vitesse. De l'air ou de l'azote sous pression est couramment utilisé comme gaz de protection.

En fonction de l'emplacement de l'injecteur de poudre, le temps de séjour des particules dans la flamme est différent, ce qui a une incidence sur leur vitesse et leur température. Des revêtements présentant une densité et une adhérence élevées sont produits par l'énergie cinétique élevée transmise au jet. Voir [Figure 3](#).

Des gaz combustibles tels que l'acétylène, le propane, le propylène, le méthyl-acétylène-propadiène et l'hydrogène peuvent être utilisés conjointement avec de l'oxygène (HVOF) ou de l'air (HVOF) pour provoquer la combustion.



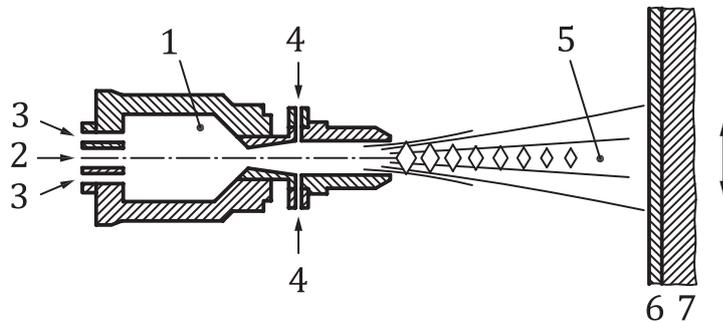
Légende

- | | | | |
|---|---|---|-----------------------------|
| 1 | poudre et gaz porteur | 5 | combustion |
| 2 | oxygène-combustible ou air-combustible | 6 | dépôt obtenu par projection |
| 3 | refroidissement du brûleur (eau ou air) | 7 | substrat |
| 4 | jet | | |

Figure 3 — Projection à la flamme à grande vitesse avec des combustibles gazeux

5.2.2 Projection à la flamme à grande vitesse avec un combustible liquide

Dans la projection à la flamme à grande vitesse avec un combustible liquide tel que le kérosène, la N-paraffine¹⁾, etc., la pression de combustion est plus élevée que lors de la projection avec un combustible gazeux. La poudre est injectée de manière radiale à un endroit où les gaz de combustion sont déjà entièrement dilatés et partiellement refroidis, ce qui crée des revêtements ayant une densité et une adhérence plus élevées. Parfois, des contraintes de compression résiduelles peuvent être générées dans le revêtement. Voir [Figure 4](#).



Légende

- | | | | |
|---|-----------------------|---|-----------------------------|
| 1 | chambre de combustion | 5 | jet |
| 2 | combustible liquide | 6 | dépôt obtenu par projection |
| 3 | oxygène/air | 7 | substrat |
| 4 | poudre et gaz porteur | | |

Figure 4 — Projection à la flamme à grande vitesse avec un combustible liquide

1) La N-paraffine est d'usage courant aux États-Unis.