

---

---

**Revêtements métalliques et autres  
revêtements inorganiques — Méthodes  
d'essai pour mesurer la résistance  
au cyclage thermique et la résistance  
au choc thermique des revêtements  
barrières thermiques**

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

*Metallic and other inorganic coatings — Test methods for measuring  
thermal cycle resistance and thermal shock resistance for thermal  
barrier coatings*

ISO 14188:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f07e9806-c497-4f13-a88b-7f86881f6e04/iso-14188-2012>



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

ISO 14188:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f07e9806-c497-4f13-a88b-7f86881f6e04/iso-14188-2012>



### DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du 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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

<b>Sommaire</b>		Page
<b>Avant-propos</b> .....		<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....		<b>v</b>
<b>1</b>	<b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>Principe</b> .....	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Méthodes d'essai</b> .....	<b>3</b>
<b>5.1</b>	<b>Généralités</b> .....	<b>3</b>
<b>5.2</b>	<b>Méthode d'essai de résistance au cyclage thermique</b> .....	<b>3</b>
<b>5.3</b>	<b>Méthode d'essai de résistance au choc thermique</b> .....	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Rapports d'essai</b> .....	<b>14</b>
<b>6.1</b>	<b>Généralités</b> .....	<b>14</b>
<b>6.2</b>	<b>Rapport d'essai de la méthode d'essai de résistance au cyclage thermique</b> .....	<b>14</b>
<b>6.3</b>	<b>Rapport d'essai de la méthode d'essai de la résistance au choc thermique</b> .....	<b>14</b>
<b>Bibliographie</b> .....		<b>15</b>

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

[ISO 14188:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f07e9806-c497-4f13-a88b-7f86881f6e04/iso-14188-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f07e9806-c497-4f13-a88b-7f86881f6e04/iso-14188-2012>

## 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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

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.

L'ISO 14188 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques*.

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

[ISO 14188:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f07e9806-c497-4f13-a88b-7f86881f6e04/iso-14188-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f07e9806-c497-4f13-a88b-7f86881f6e04/iso-14188-2012>

## Introduction

Les revêtements barrières thermiques sont des systèmes de matériaux de haute technologie. Ils sont généralement appliqués sur la surface des sections chaudes de pièces en superalliage à base de nickel ou de cobalt, telles que les aubes, pales et chambres de combustion des turbines à gaz et des moteurs d'avion fonctionnant à de hautes températures.

Le rôle de ces revêtements est d'isoler les substrats métalliques exposés de manière prolongée à des températures élevées en utilisant des matériaux d'isolation thermique qui peuvent résister à une différence de température sensible entre les alliages porteurs de charge et les surfaces de revêtement. En protégeant ces pièces, les revêtements permettent des températures de fonctionnement élevées car elles limitent l'exposition des pièces de structure à ces températures et prolongent ainsi leur durée de vie.

La présente Norme internationale spécifie les méthodes d'essai applicables aux revêtements barrières thermiques, pour mesurer la résistance au cyclage thermique et la résistance au choc thermique à l'aide de modes opératoires de chauffage et de refroidissement adaptés.

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

[ISO 14188:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f07e9806-c497-4f13-a88b-7f86881f6e04/iso-14188-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f07e9806-c497-4f13-a88b-7f86881f6e04/iso-14188-2012>

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

[ISO 14188:2012](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f07e9806-c497-4f13-a88b-7f86881f6e04/iso-14188-2012>

# Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques — Méthodes d'essai pour mesurer la résistance au cyclage thermique et la résistance au choc thermique des revêtements barrières thermiques

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les méthodes d'essai applicables aux revêtements barrières thermiques pour mesurer la résistance au cyclage thermique à l'aide de modes opératoires de chauffage et de refroidissement cycliques constants, et pour mesurer la résistance au choc thermique à l'aide d'une technique de chauffage et de trempe.

Ces mesures servent à évaluer la résistance du revêtement barrière thermique aux contraintes thermiques.

La présente Norme internationale s'applique à l'inspection des systèmes de revêtement barrière thermique, y compris les matériaux et les traitements, mais pas au contrôle des procédés de projection thermique.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour 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 14232, *Projection thermique — Poudres — Composition et conditions techniques de livraison*

ISO 14916, *Projection thermique — Mesure de l'adhérence par essais de traction*

## 3 Termes et définitions

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

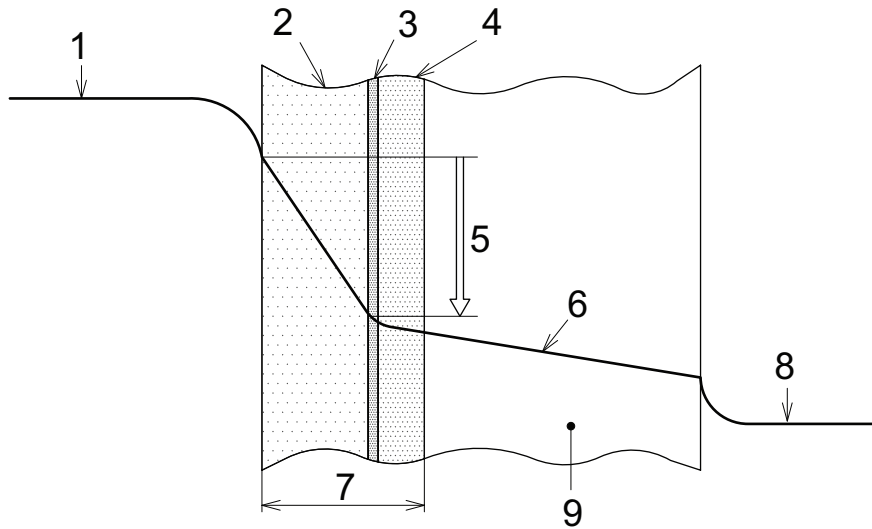
### 3.1

#### revêtement barrière thermique

#### TBC

revêtement bicouche composé d'une couche de liaison métallique et d'une couche supérieure d'oxyde visant à limiter le transfert de chaleur à travers le revêtement, de l'extérieur de la couche supérieure au matériau de base

**NOTE** Lorsqu'un TBC est exposé à une température de fonctionnement élevée, un oxyde à croissance thermique (TGO) se forme au-dessus de la couche de liaison. En général, le substrat appartient à une classe d'alliage à haute teneur en nickel résistant à la chaleur, du type UNS N 06002. Les revêtements illustrés à la Figure 1 sont appliqués par des procédés de dépôt physique ou chimique en phase vapeur ou de projection thermique tels que la projection plasma et la projection par flamme supersonique (HVOF) selon l'ISO 14232.



**Légende**

- 1 température du gaz de combustion
- 2 couche supérieure
- 3 TGO
- 4 couche de liaison
- 5 effet de barrière thermique
- 6 température
- 7 TBC
- 8 température de l'air de refroidissement
- 9 substrat

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

ISO 14188:2012

Figure 1 — Vue en coupe schématique et effets du TBC

**3.2**

**oxyde à croissance thermique**

**TGO**

oxyde qui se forme entre la couche supérieure et la couche de liaison lorsque le système de revêtement est chauffé à une certaine température

**3.3**

**part des surfaces d'écaillage**

proportion de la surface d'écaillage totale par rapport à la surface de TBC effective

**3.4**

**nombre critique de cycles jusqu'à l'écaillage**

nombre de cycles thermiques précédant immédiatement l'obtention d'une part de surface d'écaillage de 30 %

**NOTE**

Les zones de délaminage ou de fissuration sont exclues de l'évaluation de la surface d'écaillage.

**3.5**

**différence de températures du choc thermique**

écart de température entre les traitements par chauffage et par eau de refroidissement des éprouvettes au cours des essais de choc thermique

**3.6**

**résistance au choc thermique**

différence de températures du choc thermique, qui provoque une diminution de l'adhérence à la traction immédiatement avant une réduction de 30 % par rapport à l'adhérence à la traction en l'absence de choc thermique



## 4 Principe

Les méthodes d'essai incluent d'une part l'essai de résistance au cyclage thermique à l'aide de modes opératoires de chauffage et de refroidissement cycliques constants, qui consiste à mesurer la part des surfaces d'écaillage, et d'autre part l'essai de résistance au choc thermique par la mesure de l'adhérence à la traction suite à l'application d'un choc thermique. Le choc thermique est réalisé en chauffant les éprouvettes dans un four à la température appropriée puis en les trempant dans l'eau. Les revêtements sont appliqués par des procédés de dépôt physique ou chimique en phase vapeur ou de projection thermique, tels que la projection plasma et la projection par flamme supersonique (HVOF) en utilisant des poudres de charge (ISO 14232).

## 5 Méthodes d'essai

### 5.1 Généralités

- a) Toutes les mesures liées à des quantités physiques, des dimensions et des systèmes de grandeurs et d'unités doivent être effectuées conformément aux Normes internationales correspondantes (voir Bibliographie).
- b) Lors de la commande d'essais selon la présente Norme internationale, un accord entre les parties contractantes, sous la forme d'un contrat écrit ou d'un bon de commande, est requis sur les points suivants:
  - 1) les modes opératoires de manipulation et de coupe, la méthode d'application des revêtements, une mention indiquant si la surface de revêtement doit être utilisée telle que revêtue;
  - 2) pour l'essai de cyclage thermique, la sélection des éprouvettes, la position et la taille du perçage sur l'éprouvette, le nombre des cycles thermiques et leurs éventuelles interruptions, ainsi que la limite supérieure de la plage de températures hautes, le temps de chauffage, le temps de maintien à haute température, le temps de refroidissement et le temps de maintien à basse température d'un cycle thermique.

ISO 14188:2012

### 5.2 Méthode d'essai de résistance au cyclage thermique

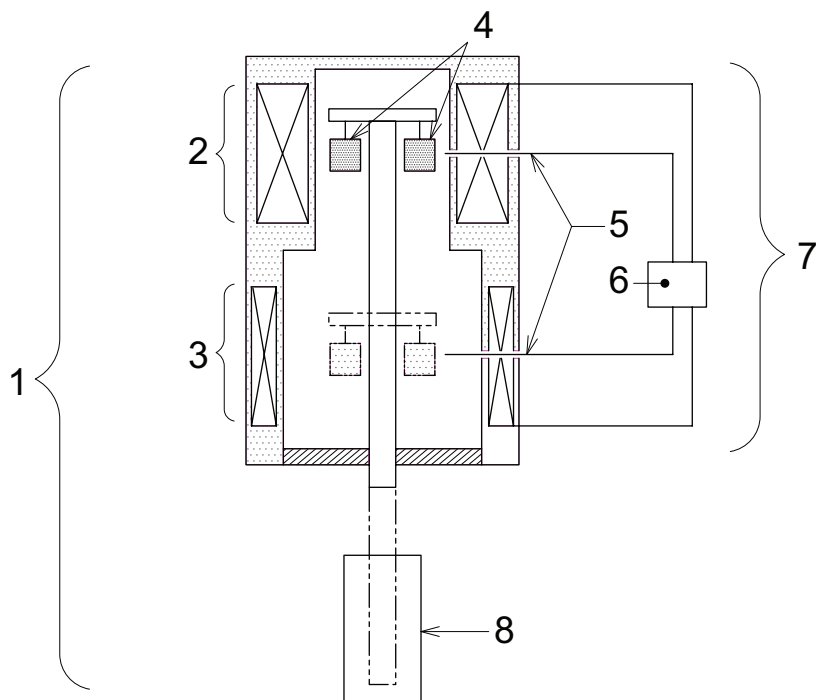
497-4f13-a88b-7f86881f6e04/iso-14188-2012

#### 5.2.1 Généralités

La méthode d'essai couvre un essai de résistance au cyclage thermique à l'aide de modes opératoires de chauffage et de refroidissement cycliques constants et consiste à mesurer la part de surfaces d'écaillage. Cette méthode est utile lors de la sélection des matériaux, des processus de revêtement et des conditions de traitement pour le système de TBC utilisé dans les turbines à gaz fonctionnant à des températures élevées.

#### 5.2.2 Appareillage

L'appareillage comprend un dispositif de chauffage et de refroidissement ainsi qu'un système de régulation de la température. Il est illustré à la Figure 2.



a) Type vertical

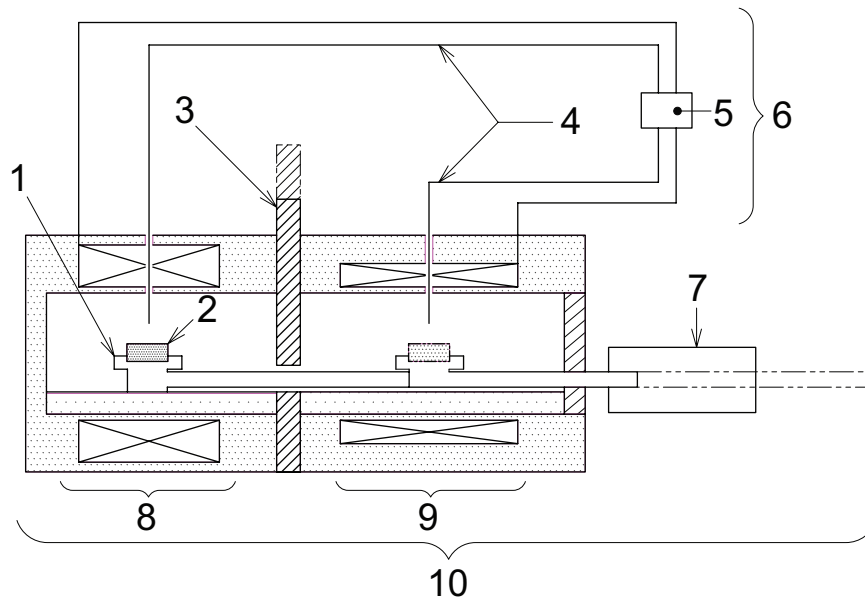
**Légende**

- 1 dispositif de chauffage et de refroidissement
- 2 bain haute température
- 3 bain basse température
- 4 éprouvette
- 5 thermocouple
- 6 régulateur de température
- 7 système de régulation de la température
- 8 dispositif de déplacement de l'éprouvette

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

ISO 14188:2012  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f07e9806-c497-4f13-a88b-7f86881f6e04/iso-14188-2012>

Figure 2 — Dispositif type pour la méthode d'essai de résistance au cyclage thermique (suite)



b) Type horizontal

**Légende**

- 1 support pour éprouvettes
- 2 éprouvette
- 3 plaque de séparation (déplacement vertical possible)
- 4 thermocouple
- 5 régulateur de température
- 6 système de régulation de la température
- 7 dispositif de déplacement de l'éprouvette
- 8 bain haute température
- 9 bain basse température
- 10 dispositif de chauffage et de refroidissement

iTech STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 14188:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f07e9806-c497-4f13-a88b-7f86881f6e04/iso-14188-2012>

**Figure 2 — Dispositif type pour la méthode d'essai de résistance au cyclage thermique****5.2.2.1 Dispositif de chauffage et de refroidissement**

- a) Le dispositif de chauffage et de refroidissement est composé de bains haute et basse températures, respectivement. L'atmosphère des deux bains est l'air.
- b) L'éprouvette est placée alternativement dans les deux bains qui sont fixes; l'éprouvette peut également être fixe et les deux bains être alternés.
- c) Les éprouvettes peuvent être exposées directement à l'air ambiant au lieu d'utiliser le bain basse température.
- d) Le système de régulation de la température est constitué du régulateur de température et des thermocouples (voir Figure 2). La température est régulée de sorte à garantir que la température des éprouvettes est dans la plage indiquée dans le Tableau 1.