
**Revêtements métalliques et autres
revêtements inorganiques —
Mesurage du module de Young des
revêtements barrières thermiques par
flexion de poutre**

*Metallic and other inorganic coatings — Measurement of Young's
modulus of thermal barrier coatings by beam bending*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 19477:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5677aa8c-26bf-4fed-9fa0-edf0d4eacfl4/iso-19477-2016>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 19477:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5677aa8c-26bf-4fed-9fa0-edf0d4eacfl4/iso-19477-2016>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2016, 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.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Principe	2
5 Appareillage permettant de mesurer le module de Young	2
5.1 Machine d'essai.....	3
5.2 Montage d'essai de flexion quatre points.....	3
5.3 Instrument de mesure de la déformation.....	4
6 Éprouvettes	4
7 Méthode de mesure	5
7.1 Dimensions de l'éprouvette.....	5
7.2 Courbe force-déformation.....	5
8 Calcul du module de Young	8
9 Rapport d'essai	9
Annexe A (informative) Méthode de mesure du module de Young d'une éprouvette de TBC ayant une porosité importante	11
Bibliographie	14

ISO 19477:2016
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5677aa8c-26bf-4fed-9fa0-edf0d4eacfl4/iso-19477-2016>

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

Introduction

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

La fonction de ces revêtements est de protéger 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 composants, les revêtements permettent un fonctionnement à des températures élevées et prolongent ainsi leur durée de vie.

Bien que le module de Young soit une propriété importante des revêtements barrières thermiques, la norme ISO existante décrit uniquement une méthode permettant de mesurer le module de Young de céramiques monolithiques.

La présente Norme internationale spécifie une méthode permettant de mesurer le module de Young de revêtements barrières thermiques constitués de plusieurs couches formées sur un substrat par projection thermique.

La méthode de mesure de la présente Norme internationale est applicable pour le mesurage du module de Young de divers revêtements obtenus par projection thermique.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 19477:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5677aa8c-26bf-4fed-9fa0-edf0d4eacfl4/iso-19477-2016>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 19477:2016

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5677aa8c-26bf-4fed-9fa0-edf0d4eacfl4/iso-19477-2016>

Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques — Mesurage du module de Young des revêtements barrières thermiques par flexion de poutre

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode permettant de mesurer le module de Young dans le plan, à température ambiante, de revêtements barrières thermiques formés par projection thermique sur des substrats.

2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de façon normative dans le présent document et sont indispensables à son application. 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 1463, *Revêtements métalliques et couches d'oxyde — Mesurage de l'épaisseur de revêtement — Méthode par coupe micrographique*

ISO 3611, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Équipement de mesure dimensionnel: Micromètres d'extérieur — Caractéristiques de conception et caractéristiques métrologiques*

ISO 4287, *Spécification géométrique des produits (GPS) — État de surface: Méthode du profil — Termes, définitions et paramètres d'état de surface*

ISO 13385 (toutes les parties), *Spécification géométrique des produits (GPS) — Équipement de mesure dimensionnel*

ISO 7500-1, *Matériaux métalliques — Étalonnage et vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux — Partie 1: Machines d'essai de traction/compression — Étalonnage et vérification du système de mesure de force*

ISO 14188, *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*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 14188 ainsi que les suivants s'appliquent.

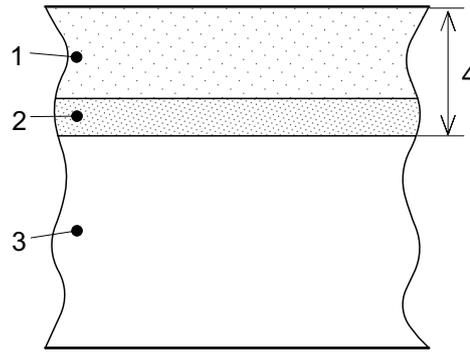
3.1

revêtement barrière thermique

TBC

revêtement bicouche composé d'une couche de liaison (BC) métallique et d'une couche supérieure (TC) céramique visant à limiter le transfert de chaleur à travers le revêtement, de l'extérieur de la couche supérieure au substrat

Note 1 à l'article: Voir [Figure 1](#).



Légende

- 1 TC
- 2 BC
- 3 substrat
- 4 TBC

Figure 1 — Vue en coupe schématique d'un TBC

[SOURCE: ISO 14188:2012, 3.1, modifié.]

3.2
poutre composite
poutre constituée de plusieurs couches

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4 Principe

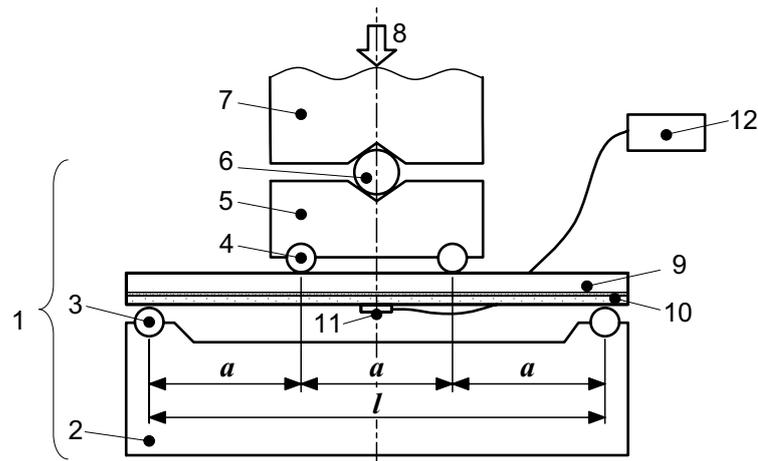
ISO 19477:2016

Les méthodes fondamentales permettant de mesurer les modules de Young du substrat, de la couche de liaison (BC) et de la couche supérieure (TC) consistent à mesurer la courbe force-déformation de trois types d'éprouvettes (substrat, substrat avec BC et substrat avec TBC) par la méthode de flexion quatre points, et à effectuer des calculs conformément à la théorie de la poutre composite^{[1][2][3][4][5]}.

5 Appareillage permettant de mesurer le module de Young

Un exemple d'appareillage permettant de mesurer le module de Young est représenté schématiquement à la [Figure 2](#).

L'appareillage comprend un montage d'essai de flexion quatre points, une machine d'essai et un instrument de mesure de la déformation.



Légende

1	montage d'essai de flexion quatre points	9	éprouvette
2	socle d'appui	10	TBC
3	rouleau d'appui	11	extensomètre
4	rouleau de charge	12	instrument de mesure de la déformation
5	dispositif de chargement	a	distance entre les rouleaux de charge
6	bille	l	distance entre les rouleaux d'appui
7	machine d'essai		
8	force		

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Figure 2 — Appareillage type permettant de mesurer le module de Young (dans le cas où la force de traction est appliquée au TBC)

5.1 Machine d'essai

La machine d'essai est spécifiée conformément à l'ISO 7500-1.

5.2 Montage d'essai de flexion quatre points

Le montage d'essai de flexion quatre points est constitué d'un dispositif de chargement, d'un rouleau de chargement, d'un socle d'appui, d'un rouleau d'appui et d'une bille, comme suit.

- Le dispositif de chargement, le rouleau de chargement, le socle d'appui, le rouleau d'appui et la bille doivent avoir une rigidité suffisante pour empêcher leur déformation plastique pendant les essais.
- La largeur du dispositif de chargement, du rouleau de chargement, du socle d'appui et du rouleau d'appui doit être supérieure à celle de l'éprouvette.
- La distance entre les rouleaux de chargement doit être comprise entre 15 mm et 30 mm.
- La distance entre les rouleaux d'appui doit être égale au triple de la distance entre les rouleaux de chargement.
- Les rayons des rouleaux d'appui et des rouleaux de chargement doivent être identiques et compris entre 2,0 mm et 3,0 mm.
- La rugosité de surface R_a des rouleaux doit être $\leq 0,4 \mu\text{m}$ conformément à l'ISO 4287.
- La bille est utilisée pour s'assurer que la force est répartie de façon homogène entre les rouleaux de chargement gauche et droit.

5.3 Instrument de mesure de la déformation

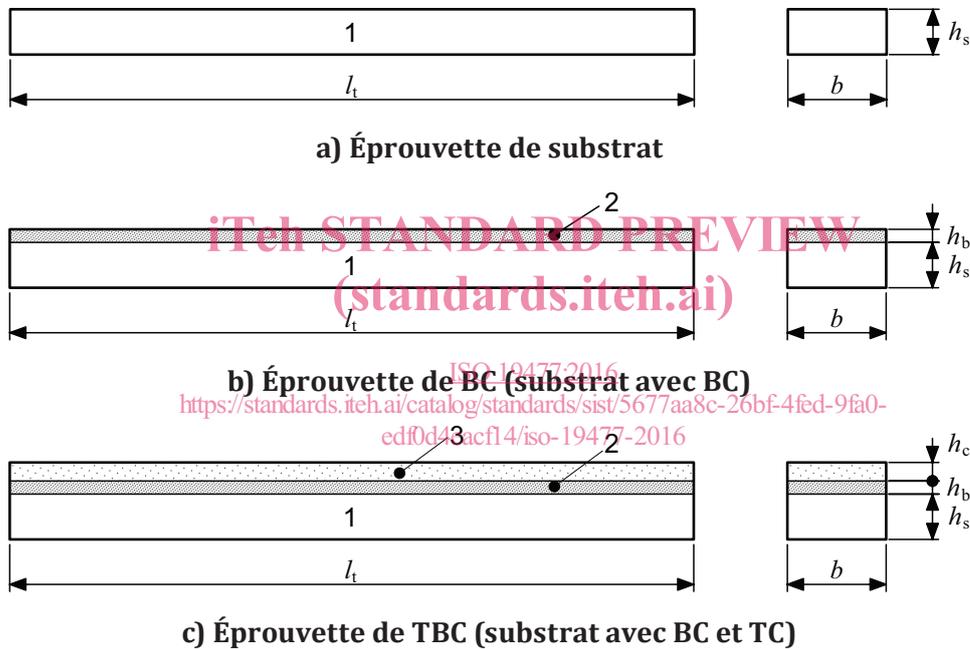
L'instrument de mesure de la déformation doit être spécifié comme suit:

- a) l'instrument de mesure de la déformation doit être capable d'identifier, avec une précision de $\pm 1\%$, la déformation mesurée par l'extensomètre;
- b) il convient normalement que la longueur de l'extensomètre soit $\leq 5\text{ mm}$.

6 Éprouvettes

Les éprouvettes doivent être spécifiées comme suit:

- a) les trois types d'éprouvettes, à savoir éprouvettes de substrat, de BC et de TBC, doivent être utilisés;
- b) la forme des éprouvettes est un type de poutre (voir [Figure 3](#)) et les dimensions de l'éprouvette doivent être telles qu'indiquées dans le [Tableau 1](#);



Légende

- 1 substrat
- 2 BC
- 3 TC
- l_t longueur totale
- b largeur
- h_s épaisseur du substrat
- h_b épaisseur de BC
- h_c épaisseur de TC

Figure 3 — Forme des éprouvettes

Tableau 1 — Dimensions de l'éprouvette

Symbole	Désignation	Dimension
l (mm)	distance entre les rouleaux d'appui	$3 a$
l_t (mm)	longueur totale	$l + 6 \leq l_t$
b (mm)	largeur	$4 \leq b \leq (1/6) l$
h_s (mm)	épaisseur du substrat	$1,5 \leq h_s \leq 3,0$
h_b (mm)	épaisseur de BC	$0,10 \leq h_b$ et $h_s / 20 \leq h_b$ pour une éprouvette de BC
h_c (mm)	épaisseur de TC	$0,20 \leq h_c$ et $(h_s + h_b) / 10 \leq h_c$ pour une éprouvette de TBC

- c) la tolérance sur l'épaisseur du substrat doit être de $\pm 0,01$ mm;
- d) les faces latérales des éprouvettes de BC et de TBC doivent être polies pour éliminer le revêtement déposé sur les faces latérales. Le polissage doit être réalisé avec précaution afin de ne pas endommager le revêtement.

7 Méthode de mesure

7.1 Dimensions de l'éprouvette

Les dimensions de l'éprouvette doivent être mesurées comme suit:

- a) la longueur totale de l'éprouvette doit être mesurée conformément à l'ISO 13385;
- b) la largeur de l'éprouvette doit être mesurée conformément à l'ISO 3611;
- c) l'épaisseur du substrat doit être mesurée conformément à l'ISO 3611;
- d) l'épaisseur de BC et TC doit être mesurée sur une image de la section transversale du revêtement conformément à l'ISO 1463.

7.2 Courbe force-déformation

- a) L'extensomètre doit être fixé sur la surface du revêtement pour les éprouvettes de BC et de TBC.
- b) L'extensomètre doit être fixé dans la partie centrale de l'éprouvette, parallèlement à la direction longitudinale, comme illustré à la [Figure 4](#).

Pour une éprouvette de TBC de porosité importante, où la colle utilisée pour fixer l'extensomètre peut pénétrer de façon significative dans le revêtement, il convient de réaliser le mesurage conformément à l'[Annexe A](#).