NORME INTERNATIONALE

ISO 18608

Première édition
2017-03

Céramiques techniques — Propriétés mécaniques des céramiques composites à température ambiante sous pression atmosphérique — Évaluation de la résistance à la propagation de fissure par un essai de sensibilité à l'entaille

Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Mechanical properties of ceramic composites at ambient temperature in air atmospheric pressure — Determination of the resistance to crack propagation by notch sensitivity testing

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
Document Preview
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f490eb9-9bc9-4b31-9d7c-fe7bdafbf249/iso-18608-2017

Numéro de référence
ISO 18608:2017(F)

© ISO 2017

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18608:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f490eb9-9bc9-4b31-9d7c-fe7bdafbf249/iso-18608-2017

DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017

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 sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 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

Sommaire

Page

Avant-propos ..... **iv**
1 Domaine d'application **1**
2 Références normatives **1**
3 Termes et définitions **1**
4 Principe **2**
5 Signification et utilisation **3**
6 Appareillage **4**
6.1 Machine d'essai 4
6.2 Système de mise en charge 4
6.2.1 Généralités 4
6.2.2 Mors 4
6.2.3 Dispositifs de couplage du système de mise en charge 5
6.3 Système d'enregistrement des données 5
6.4 Micromètres 5
6.5 Appareil de mesure de la taille du ligament 5
7 Éprouvettes **5**
7.1 Éprouvettes non entaillées 5
7.2 Éprouvettes entaillées 5
7.3 Entailles 6
8 Préparation des éprouvettes **7**
8.1 Usinage et préparation 7
8.2 Nombre d'éprouvettes 7
9 Mode opératoire d'essai **7**
9.1 Essai sur l'éprouvette de référence 7
9.2 Essai sur éprouvette entaillée 7
9.2.1 Vitesse de déplacement 7
9.2.2 Mesurage des dimensions de l'éprouvette 7
9.2.3 Technique de l'essai 8
9.2.4 Validité de l'essai 8
10 Calcul des résultats **8**
10.1 Origine des éprouvettes 8
10.2 Résistance à la traction des éprouvettes non entaillées 8
10.3 Résistance à la traction de l'éprouvette entaillée 8
10.4 Tracé du diagramme de sensibilité à l'entaille 9
10.5 Calcul de la ténacité équivalente pour les différentes classes de comportement 9
10.5.1 Comportement de classe A 9
10.5.2 Comportement de classe B 10
10.5.3 Comportement de classe C 10
11 Rapport d'essai **10**
Bibliographie **11**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 18608:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/51490eb9-9be9-4b31-9d7e-fe7bdafbf249/iso-18608-2017

© ISO 2017 – Tous droits réservés

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. 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.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 18608:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/51490e89-98e9-4b51-9d7e-4e7bdafb1249/iso-18608-2017

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 206, *Céramiques techniques.*

© ISO 2017 – Tous droits réservés

Céramiques techniques — Propriétés mécaniques des céramiques composites à température ambiante sous pression atmosphérique — Évaluation de la résistance à la propagation de fissure par un essai de sensibilité à l'entaille

1 Domaine d'application

Le présent document décrit une méthode permettant de classer les matériaux composites à matrice céramique (CMC) en fonction de leur sensibilité à la propagation de fissure, à partir d'essais de traction réalisés sur des éprouvettes entaillées à différentes profondeurs. On peut distinguer deux classes de matériaux à matrice céramique: les matériaux dont la résistance présente une sensibilité à l'entaille et ceux dont la résistance n'est pas influencée par la présence d'entailles. Pour les matériaux présentant une sensibilité à l'entaille, le présent document définit une méthode de détermination de la ténacité à la rupture équivalente.

Le paramètre, K_{eq}, est défini comme la ténacité d'un matériau homogène présentant la même sensibilité à la propagation de fissure que le matériau composite à matrice céramique étudié. Par définition, le paramètre, K_{eq}, permet de comparer des matériaux composites à matrice céramique à d'autres matériaux, en fonction de leur sensibilité à la propagation de fissure.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Pour les matériaux qui ne sont pas sensibles à la présence d'entailles, le concept de ténacité équivalente, K_{eq}, ne s'applique pas.

ISO 18608:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/ae0d0d0a-0d0d-0d0d-0d0d-0d0d0d0d0d0d/iso-18608-2017

Le présent document s'applique à tous les composites à matrice céramique à renfort fibreux continu, unidirectionnel (1 D), bidirectionnel (2 D), et tridirectionnel (x D, avec $2 < x \leq 3$), sollicités suivant un axe principal de renfort.

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 3611, *Spécifications géométriques des produits (GPS) — Équipement de mesurage dimensionnel: Micromètres d'extérieur — Caractéristiques de conception et caractéristiques métrologiques*

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

ISO 15733:2015, *Céramiques techniques — Propriétés mécaniques des céramiques composites à température ambiante sous air à pression atmosphérique — Détermination des propriétés en traction*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 15733 ainsi que les suivants s'appliquent.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

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 https://www.electropedia.org/

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

3.1
ligament
partie d'une éprouvette entaillée sur deux bords opposés qui est située entre les entailles

Note 1 à l'article: La largeur du ligament est désignée par b et sa section transversale par A.

3.2
profondeur d'entaille
a
distance entre la surface de l'éprouvette et la pointe de l'entaille

3.3
largeur de l'éprouvette entaillée
b_n
largeur de l'éprouvette entaillée en dehors de la section transversale entaillée

3.4
force de traction maximale
F_m
force de traction la plus élevée exercée sur l'éprouvette, enregistrée lors d'un essai jusqu'à rupture

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3.5
résistance à la traction d'une éprouvette non entaillée
$\sigma_{t,m}$
résistance à la traction déterminée par mesurage conformément à l'ISO 15733

ISO 18608:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f190eb9-9bc9-4b31-9d7c-fe7bdafbf249/iso-18608-2017

Note 1 à l'article: La valeur de cette caractéristique est désignée par σ_r.

3.6
résistance à la traction d'une éprouvette entaillée
$\sigma_{t,m,n}$
rapport de la force maximale de traction à la superficie de la section transversale du ligament

Note 1 à l'article: La valeur de cette caractéristique est désignée par σ_n.

3.7
ténacité équivalente
K_{eq}
ténacité d'un matériau homogène et isotrope qui présente la même dépendance du rapport de contraintes σ_n/σ_r vis-à-vis de la profondeur de l'entaille, que le composite étudié

4 Principe

Des essais de traction sont effectués sur des éprouvettes possédant deux entailles transversales sur les faces opposées, et de différente profondeur. Les résultats d'essai sont comparés aux résultats d'essais de traction effectués sur des éprouvettes sans entaille. Les dimensions de la section transversale entre les entailles sont égales à celles de la section des éprouvettes non entaillées.

Les valeurs de résistance à la rupture observées en fonction de la profondeur d'entaille permettent de déterminer la plage des dimensions d'entaille sur laquelle le composite considéré présente une sensibilité à l'entaille.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

5 Signification et utilisation

La ténacité est une propriété du matériau qui caractérise l'amorçage de la rupture à partir d'une fissure pointue (obtenue généralement par fissuration par fatigue, dans des conditions de déformation plane). La ténacité des matériaux à l'amorçage de la fissure à partir d'une fissure préexistante créée par fatigue est caractérisée par la valeur de l'un des paramètres suivants:

a) $K_{Ic,}$ valeur critique de K_I (le facteur d'intensité de contrainte du champ de contrainte élastique au voisinage du front de fissure) au point d'instabilité de l'extension de la fissure;

b) G_{Ic}, valeur critique de G_I (taux de restitution d'énergie de déformation lors de l'extension de la fissure par unité de surface de fissure nouvellement créée) au point d'instabilité de l'extension de la fissure;

c) J_{Ic}, valeur critique de J_I (intégrale sur un contour ou une surface utilisée pour caractériser le champ contrainte-déformation local autour du front de fissure) au début de l'extension stable de la fissure.

L'intégrale J joue un rôle important dans la mécanique de la rupture non linéaire. Elle s'applique aux corps élastiques non linéaires tandis que la mécanique de la rupture élastique linéaire (K_{Ic} et G_{Ic}) étudie les corps élastiques linéaires.

Plusieurs problèmes apparaissent lors de la détermination - voire de la définition - des valeurs de K_{Ic}, G_{Ic} et J_{Ic} qui caractérisent les composites à matrice céramique renforcés par des fibres, en raison des caractéristiques suivantes:

a) les CMC sont, en général, très hétérogènes et constitués de différents composants (fibres et matrice), et ils comportent des pores et des fissures;

b) dans certains CMC, une zone d'endommagement avec fissures matricielles multiples se forme en tête d'entaille, avant la rupture ultime;

c) les déformations correspondantes sont non linéaires.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 18608:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f190eb9-9bc9-4b31-9d7c-fe7bdafbf249/iso-18608-2017

La courbe d'évolution de la charge en fonction du déplacement suivant l'axe de chargement obtenue lors de l'essai de rupture sur une éprouvette entaillée implique un domaine non linéaire induit par une microfissuration matricielle diffuse, à la pointe de l'entaille. L'échelle de mesure de la zone d'endommagement varie du millimètre au centimètre (d'un diamètre de fil de fibres à plusieurs diamètres). À la charge maximale, une fissure macroscopique se forme à partir de la rupture aléatoire de fibres dans la zone d'endommagement. Par conséquent, l'extension d'une fissure dans un CMC ne résulte pas du mécanisme d'extension d'une seule fissure macroscopique, contrairement à ce que l'on observe dans le cas des matériaux monolithiques.

En raison de l'hétérogénéité de la microstructure, la distribution des contraintes dans la zone d'endommagement diffère de celle induite à l'extrémité de la pointe de la fissure, dans les corps élastiques linéaires. Le paramètre K_I ne décrit pas le champ de contrainte dans la région située à l'extrémité de la pointe de la fissure. Une valeur critique K_{Ic} ne peut être définie.

Lors de la détermination du taux de restitution de l'énergie de déformation, G_I, et de l'intégrale, J, la principale difficulté est due à la présence de la zone microfissurée à la pointe de l'entaille (qui n'est pas petite en comparaison des dimensions de l'éprouvette) et de la surface irrégulière de la fissure macroscopique. D'où la difficulté de définir ou de mesurer l'augmentation de longueur de la fissure.

Des essais de traction effectués sur des éprouvettes comportant des trous ou des entailles ont démontré que de nombreux CMC présentent une sensibilité à l'entaille relativement faible sur une large plage de longueurs d'entaille. La contrainte de rupture dans le ligament représente généralement (80 à 100) % de la résistance du matériau non entaillé. L'absence de sensibilité à l'entaille résulte de la relaxation des contraintes à la pointe de l'entaille due au développement de la zone d'endommagement. En conséquence, les fibres de cette zone sont soumises à des contraintes d'une intensité comparable à celle des contraintes imposées.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

Une mesure de la sensibilité à l'entaille à une valeur donnée de la longueur d'entaille s'obtient par le rapport de la contrainte de rupture d'une éprouvette de traction entaillée (σ_n) à la contrainte de rupture d'une éprouvette de traction correspondante non entaillée (σ_r):

a) lorsque $\sigma_n < \sigma_r$, le composite présente une sensibilité à l'entaille;

b) lorsque $\sigma_n \geq \sigma_r$, le composite ne présente pas de sensibilité à l'entaille.

Le rapport des contraintes σ_n/σ_r est un paramètre utile à la conception des composants. Il permet de choisir des composites capables de supporter entailles, trous, etc.

Aux fins de comparaison des matériaux, une ténacité équivalente K_{eq} est définie sur la plage des profondeurs d'entaille pour laquelle le rapport des contraintes est inférieur à 1.

K_{eq} représente la ténacité d'un matériau monolithique homogène équivalent qui présente la même sensibilité à l'entaille que le composite réel. K_{eq} se calcule à partir de la dépendance du rapport des contraintes σ_n/σ_r vis-à-vis de la profondeur d'entaille, à l'aide des équations de mécanique de la rupture élastique linéaire.

Sur la plage des profondeurs d'entaille sur laquelle le CMC présente une sensibilité à l'entaille, le calcul de la ténacité équivalente pour les différentes profondeurs d'entaille ne donne généralement pas une seule valeur de K_{eq}. Par mesure de prudence, c'est la valeur minimale qui est utilisée.

Dans le cas de certains CMC, on observe, avec l'augmentation de la profondeur d'entaille, une transition passant d'une insensibilité à l'entaille à une sensibilité à l'entaille. Il n'est pas recommandé de procéder à la détermination de la ténacité équivalente lorsque la plage d'insensibilité à l'entaille se prolonge au-delà de la valeur minimale de profondeur d'entaille (1 mm).

Des essais supplémentaires à différentes profondeurs d'entaille peuvent être effectués pour permettre de mieux appréhender la plage des profondeurs d'entaille sur laquelle le CMC ne présente pas de sensibilité à l'entaille.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 18608:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f490eb9-9bc9-4b31-9d7c-fe7bdafbf249/iso-18608-2017

6 Appareillage

6.1 Machine d'essai

La machine doit être équipée d'un système permettant de mesurer l'effort appliqué à l'éprouvette, qui, lorsqu'elle est soumise à l'essai conformément à l'ISO 7500-1, doit satisfaire aux exigences de la classe 1 ou mieux de ladite norme.

6.2 Système de mise en charge

6.2.1 Généralités

Le système de mise en charge est constitué d'une traverse mobile et d'une traverse fixe, de tiges de chargement et des mors. Des dispositifs de couplage du système de mise en charge peuvent, en outre, être utilisés pour relier les mors aux tiges de chargement.

Le système de mise en charge doit aligner l'axe de l'éprouvette sur la direction d'application de la charge sans provoquer de flexion ni de torsion de l'éprouvette. L'alignement doit être vérifié et documenté. Le pour cent de flexion maximal ne doit pas dépasser 5 à une déformation longitudinale de 500×10^{-6}.

6.2.2 Mors

Les mors transmettent l'effort axial appliqué par la machine d'essai à l'éprouvette. Ils doivent prévenir tout glissement de l'éprouvette dans la section de serrage. Le choix d'un type particulier de mors est fonction de la forme de l'éprouvette et a une influence critique sur l'alignement.

 © ISO 2017 – Tous droits réservés

Lorsque les mors ont été conçus pour transmettre l'effort axial à l'éprouvette par frottement, il est recommandé de pouvoir faire varier la pression de serrage.

Il convient de veiller à éviter de soumettre l'éprouvette à une charge en torsion lors du serrage des mors.

6.2.3 Dispositifs de couplage du système de mise en charge

Des dispositifs de couplage du système de mise en charge peuvent être utilisés pour relier les mors aux tiges de chargement. Leur fonction principale est d'assurer l'alignement axial des mors dans le système de mise en charge.

NOTE 1 Les dispositifs de couplage du système de mise en charge sont de deux types: fixes ou non fixes. Les dispositifs de couplage fixes sont généralement des mécanismes de réglage de l'angularité et/ou de la concentricité. Les dispositifs de couplage non fixes favorisent l'auto-alignement du système de mise en charge lors du déplacement de la traverse. Cette opération d'auto-alignement est limitée par le frottement inhérent aux parties mobiles des dispositifs de couplage.

NOTE 2 L'opération d'auto-alignement des dispositifs de couplage non fixes du système peut produire une mise en charge non uniforme du ligament de l'éprouvette après apparition d'un endommagement qui peut modifier la forme de la courbe de traction.

NOTE 3 L'utilisation de dispositifs de couplage et de mors bien alignés ne garantit pas que l'éprouvette soit soumise à une faible flexion. La flexion dépend aussi du type et du fonctionnement des mors, ainsi que du type d'éprouvette.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

6.3 Système d'enregistrement des données

Il est possible d'utiliser un enregistreur étalonné pour enregistrer la courbe effort-déformation. Toutefois, il est recommandé d'utiliser une chaîne d'acquisition de données numériques couplée à un enregistreur analogique.

ISO 18608:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f490eb9-9bc9-4b31-9d7c-fe7bdafbf249/iso-18608-2017

6.4 Micromètres

Les micromètres utilisés pour mesurer les dimensions de l'éprouvette doivent être conformes à l'ISO 3611.

6.5 Appareil de mesure de la taille du ligament

Un projecteur de profil ou tout autre appareil approprié doit être utilisé pour mesurer la largeur du ligament entre les entailles.

7 Éprouvettes

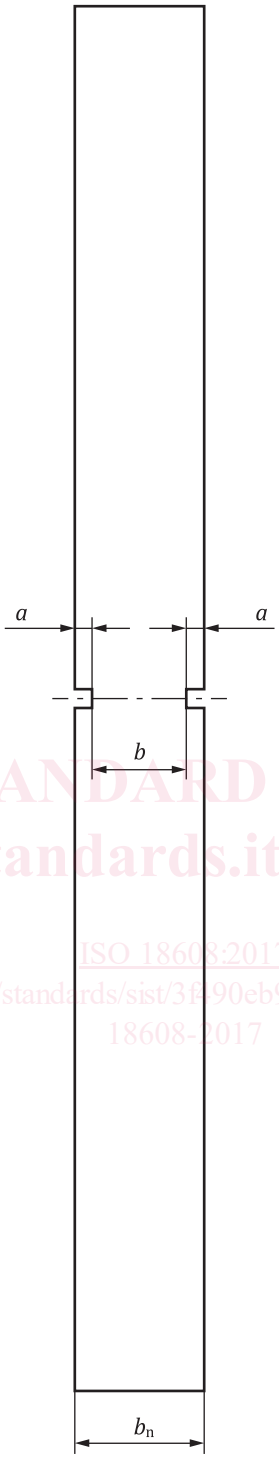
7.1 Éprouvettes non entaillées

Toutes les éprouvettes planes mentionnées dans l'ISO 15733 peuvent être utilisées, excepté celles de type 2.

7.2 Éprouvettes entaillées

Elles doivent être planes et doivent avoir les mêmes dimensions de section transversale du ligament et la même longueur totale que les éprouvettes non entaillées (voir Figure 1).

© ISO 2017 – Tous droits réservés



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 18608:2017
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f490eb9-9bc9-4b31-9d7c-fe7bdafbf249/iso-18608-2017

Figure 1 — Éprouvettes entaillées, avec les dimensions *a*, *b* et b_n définies dans l'Article 3

7.3 Entailles

Deux entailles identiques doivent être situées au milieu de deux côtés opposés de l'éprouvette, dans le même plan, perpendiculairement à l'axe de la charge, avec une largeur maximale de 0,5 mm et un écart maximal de 0,1 mm par rapport à ce plan.

NOTE Les entailles peuvent être préparées par différents moyens (meulage, sciage, etc.). Pour l'application du présent document, la forme du fond de l'entaille n'est pas critique.

© ISO 2017 – Tous droits réservés