
**Céramiques techniques — Propriétés
mécaniques des céramiques
composites à température ambiante
— Détermination de la résistance
au cisaillement interlaminaire
et du module de cisaillement des
composites renforcés par des fibres
continues, par la compression
d'éprouvettes à double entaille et par
l'essai Iosipescu**

*Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) —
Mechanical properties of ceramic composites at room temperature —
Determination of the interlaminar shear strength and shear modulus
of continuous-fibre-reinforced composites by the compression of
double-notched test pieces and by the Iosipescu test*



iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO 20505:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9e81e22a-f121-41fe-9f92-dfb2b5e7a1ae/iso-20505-2023>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2023

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	4
4.1 Généralités	4
4.2 Essai à double entaille	4
4.3 Essai Iosipescu	4
5 Appareillage	5
5.1 Machine d'essai	5
5.2 Système de mise en charge	5
5.2.1 Généralités	5
5.2.2 Dispositifs d'essai	6
5.3 Jauges de déformation pour éprouvette Iosipescu	8
5.4 Acquisition de données	9
5.5 Dispositifs de mesure des dimensions	9
6 Éprouvettes	9
6.1 Éprouvettes à double entaille	9
6.2 Éprouvette Iosipescu	11
7 Préparation des éprouvettes	12
7.1 Usinage et préparation	12
7.2 Collage des jauges	12
7.3 Nombre d'éprouvettes	12
8 Modes opératoires d'essai	13
8.1 Vitesse de déplacement	13
8.2 Mesurage des dimensions des éprouvettes	13
8.3 Conduite de l'essai	13
8.3.1 Montage des éprouvettes	13
8.3.2 Mesurages	14
8.4 Validité de l'essai	15
9 Calcul des résultats	16
9.1 Résistance au cisaillement	16
9.1.1 Éprouvettes à double entaille	16
9.1.2 Éprouvette Iosipescu	17
9.2 Cisaillement (essai Iosipescu)	17
9.3 Courbes contrainte-cisaillement	17
9.4 Modules de cisaillement élastique et pseudo-élastique	18
9.5 Statistiques	18
10 Rapport d'essai	19
Annexe A (informative) Vérification du champ de contraintes de cisaillement dans l'essai Iosipescu	20
Bibliographie	21

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'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

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.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 206, *Céramiques techniques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 20505:2005), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- révision du domaine d'application afin d'introduire la possibilité de mesurer le module de cisaillement interlaminaire en utilisant un échantillon Iosipescu équipé de jauges;
- ajout de nouvelles entrées à l'[Article 3](#);
- spécification en [5.3](#) et [7.2](#) des exigences relatives à l'échantillon Iosipescu équipé de jauges;
- définition en [9.3](#), [9.4](#) et [9.5](#) des formules de calcul du module de cisaillement;
- ajout de l'orientation du matériau à la [Figure 2](#) et la [Figure 3](#);
- ajout d'un paragraphe concernant la validité de l'essai ([8.4](#));
- mise à jour du [Tableau 1](#) et du [Tableau 2](#);
- remplacement de l'[Annexe A](#) par une méthode de vérification du champ de contraintes de cisaillement dans l'essai Iosipescu pour s'assurer qu'il n'y a aucun effet de couplage qui empêcherait la détermination des caractéristiques de cisaillement interlaminaire du matériau en utilisant le présent document;

- modifications mineures d'ordre rédactionnel;
- structure révisée;
- symboles et notation modifiés conformément à l'ISO 19634.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO 20505:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9e81e22a-f121-41fe-9f92-dfb2b5e7a1ae/iso-20505-2023>

Céramiques techniques — Propriétés mécaniques des céramiques composites à température ambiante — Détermination de la résistance au cisaillement interlaminaire et du module de cisaillement des composites renforcés par des fibres continues, par la compression d'éprouvettes à double entaille et par l'essai Iosipescu

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une méthode permettant de déterminer la résistance au cisaillement interlaminaire à température ambiante, par la compression d'une éprouvette à double entaille, ainsi qu'une autre méthode pour déterminer la résistance au cisaillement interlaminaire et le module de cisaillement à température ambiante par l'essai Iosipescu. Le présent document s'applique à tous les composites à matrice céramique renforcés par des fibres continues, présentant une architecture de fibres unidirectionnelle (1D), bidirectionnelle (2D) et multidirectionnelle (xD, avec $x > 2$), la majeure partie du renfort étant constituée d'un empilement de strates.

Le présent document s'applique au développement et à la comparaison de matériaux ainsi qu'à l'assurance de la qualité, la caractérisation, la fiabilité et la production de données de conception. La méthode plus simple d'essai de compression d'une éprouvette à double entaille s'applique uniquement lorsque la résistance au cisaillement doit être mesurée.

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

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 17161, *Céramiques techniques — Céramiques composites — Détermination du degré de non-alignement lors des essais mécaniques uniaxiaux*

ISO 19634, *Céramiques techniques — Céramiques composites — Notations et symboles*

ISO 20507, *Céramiques techniques — Vocabulaire*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 20507 et l'ISO 19634 ainsi que les 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:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>;
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>.

3.1

section de cisaillement

section située entre les entailles de l'éprouvette

Note 1 à l'article: Étant donné l'orientation de l'éprouvette (voir [Figures 2](#) et [3](#)), le plan de cisaillement est orthogonal à la direction 3 et parallèle à l'empilement de strates (plans 1, 2). Par conséquent, le mécanisme de cisaillement apparaît entre les strates des composites et les propriétés de cisaillement résultantes, par rapport à la définition donnée dans l'ISO 20507, sont dites «interlaminaires».

3.2

aire initiale de la section de cisaillement

S_0
aire de la section de cisaillement avant essai entre les entailles de l'éprouvette à température ambiante

3.3

aire de la section de cisaillement

S_e
aire de la section effective de l'éprouvette sollicitée en cisaillement à température ambiante

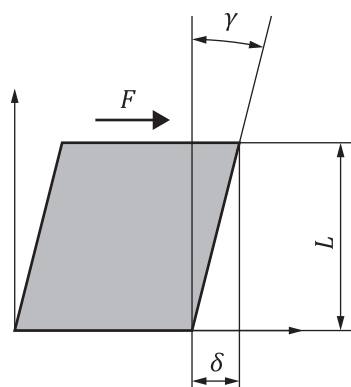
Note 1 à l'article: Cette aire de la section effective sollicitée en cisaillement est déterminée lorsqu'une rupture valide se produit dans un plan parallèle au plan de cisaillement dans une éprouvette Iosipescu.

3.4

force de cisaillement

F
force parallèle à la section de cisaillement, supportée par l'éprouvette à tout moment pendant l'essai de cisaillement

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



Légende

F force de cisaillement
 γ cisaillement

L hauteur de l'élément cubique
 δ déplacement

Figure 1 — Force de cisaillement et cisaillement

3.5**force de cisaillement maximale** F_m

force maximale parallèle à la section de cisaillement, appliquée au cours d'un essai ou au moment de la rupture

3.6**résistance au cisaillement interlaminaire** $\sigma_{ILSS,m,i,3}$

rapport de la force de cisaillement maximale sur l'aire initiale de la section de cisaillement

Note 1 à l'article: Par rapport à l'orientation du matériau définie dans l'ISO 19634, l'indice «i» désigne la direction de la charge par rapport à l'orientation du matériau, et l'indice «3» l'orientation orthogonale du matériau par rapport au plan de cisaillement (voir [Figures 2](#) et [3](#)).

3.7**cisaillement** γ

variation d'angle entre deux côtés adjacents d'un élément de volume cubique soumis à des contraintes de cisaillement

Note 1 à l'article: Bien que le cisaillement soit défini sous forme d'angle, pour les petites déformations, cette mesure devient le rapport du déplacement δ sur la hauteur de l'élément sous contrainte L (voir [Figure 1](#)).

3.8**déformation** ε_{ij} ε_θ

rapport du déplacement sur la longueur initiale de la jauge de déformation

Note 1 à l'article: Les indices «ij» et « θ » indiquent l'orientation de la jauge de déformation par rapport à l'orientation de l'éprouvette.

3.9**contrainte de cisaillement** $\sigma_{ILSS,i,3}$

rapport de la force de cisaillement sur l'aire initiale de la section de cisaillement à tout moment pendant l'essai

Note 1 à l'article: Par rapport à l'orientation du matériau définie dans l'ISO 19634, l'indice «i» désigne la direction de la charge par rapport à l'orientation du matériau, et l'indice «3» l'orientation orthogonale du matériau par rapport au plan de cisaillement (voir [Figures 2](#) et [3](#)).

3.10**zone de mesure**

partie de l'éprouvette, dans le plan perpendiculaire à la direction 1 ou 2 (voir [Figures 2](#) et [3](#)), située entre les entailles

3.11**module de cisaillement élastique** $G_{i,3}$

rapport de la contrainte de cisaillement sur le cisaillement

Note 1 à l'article: Pour une utilisation générale, le plan de référence pour $G_{i,3}$ est défini par les axes i et 3.

Note 2 à l'article: Si le plan est défini par l'axe normal, le module élastique est noté G_1 .

3.12

module de cisaillement pseudo-élastique

$G_{p,i,3}$

penne de la partie linéaire ne débutant pas à l'origine de la courbe contrainte-cisaillement, si elle existe, $G_{p,i,3}$ étant défini sous forme de coefficient de proportionnalité:

$$G_{p,i,3}(\sigma'_{ILSS}, \sigma''_{ILSS}) = \frac{\sigma''_{ILSS} - \sigma'_{ILSS}}{\gamma'' - \gamma'}$$

où $(\gamma', \sigma'_{ILSS})$ et $(\gamma'', \sigma''_{ILSS})$ se situent sur la partie linéaire de la courbe contrainte-cisaillement

Note 1 à l'article: Pour une utilisation générale, le plan de référence pour $G_{p,i,3}$ est défini par les axes i et 3.

Note 2 à l'article: Si le plan est défini par l'axe normal, le module élastique est noté G_{pi} .

Note 3 à l'article: Pour un matériau présentant un comportement contrainte-déformation non linéaire, seuls des couples contrainte-déformation peuvent être fixés.

4 Principe

4.1 Généralités

La résistance au cisaillement interlaminaire des composites céramiques renforcés par des fibres continues, telle que déterminée par le présent document, peut être mesurée par la compression d'éprouvettes à double entaille ou par l'essai Iosipescu. Le module de cisaillement interlaminaire doit être mesuré par l'essai Iosipescu.

NOTE L'essai est réalisé à une vitesse de déplacement constante, jusqu'à la rupture.

4.2 Essai à double entaille

Une éprouvette à double entaille de largeur uniforme est sollicitée en compression afin d'induire une rupture par cisaillement entre deux entailles centrales usinées jusqu'à mi-épaisseur et équidistantes sur les faces opposées (voir [Figure 2](#)).

NOTE Plusieurs tentatives ont été faites pour mesurer le cisaillement et le module de cisaillement sur une éprouvette à double entaille en utilisant une jauge de déformation virtuelle via une analyse par corrélation d'images numériques. Cependant, les résultats ne sont pas suffisamment homogènes pour valider la détermination du module de cisaillement par cette méthode d'essai.

4.3 Essai Iosipescu

Une éprouvette comportant deux entailles centrales en V (voir [Figure 3](#)) est soumise à un déplacement de sa partie B parallèlement au plan des strates, alors que sa partie A est maintenue fixe.

Le déplacement de la partie B par rapport à la partie A génère un champ de cisaillement présumé uniforme dans la zone de mesure.

La force et le déplacement sont mesurés et enregistrés simultanément, ce qui permet de déterminer ensuite le module de cisaillement et la résistance au cisaillement.

NOTE Avant la rupture, pour un niveau de contrainte de cisaillement élevé, les jauges de déformation ont souvent tendance à se décoller. Par conséquent, cette méthode d'essai ne convient pas pour obtenir une courbe contrainte-cisaillement valide au voisinage de la résistance au cisaillement interlaminaire.

Les [Figures 2](#) et [3](#) représentent schématiquement les éprouvettes utilisées.

Compte tenu de l'orientation de l'empilement de strates par rapport aux entailles et des définitions de l'ISO 19634 concernant l'orientation du matériau, il est possible de définir $\sigma_{ILSS,13}$ et G_{13} (ou G_1) ainsi que $\sigma_{ILSS,23}$ et G_{23} (ou G_2).