NORME INTERNATIONALE

ISO 24370

Première édition
2005-06-01

Céramiques techniques — Méthode d'essai de ténacité à la rupture des céramiques monolithiques à température ambiante sur éprouvette entaillée en chevron

Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Test method for fracture toughness of monolithic ceramics at room temperature by chevron-notched beam (CNB) method

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 24370:2005
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/384d92a5-7614-4306-b8d6-911a01b121b8/iso-24370-2005

Numéro de référence
ISO 24370:2005(F)

© ISO 2005

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 24370:2005
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/384d92a5-7614-4306-b8d6-911a01b121b8/iso-24370-2005



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2005

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 Symboles **2**

5 Principe **3**

6 Appareillage **3**
6.1 Machine d'essai 3
6.2 Montages de flexion 3
6.3 Micromètre 4
6.4 Microscope optique 4
6.5 Équipement de détection de stabilité 5

7 Éprouvettes **5**
7.1 Géométrie, taille, préparation et chanfreinage des bords 5
7.1.1 Géométrie recommandée 5
7.1.2 Géométrie alternative 7
7.1.3 Préparation des éprouvettes et chanfreinage 8
7.1.4 Découpe de l'entaille en chevron 8
7.2 Nombre d'éprouvettes 8

8 Mode opératoire **9**
8.1 Environnements d'essai autorisés 9
8.1.1 Environnement ambiant du laboratoire 9
8.1.2 Environnement spécifique à l'application 9
8.1.3 Environnement inerte 9
8.2 Dimensions et alignement de l'éprouvette 9
8.2.1 Dimensions de l'éprouvette 9
8.2.2 Mesure de la dimension de la pointe du chevron, des dimensions du chevron et de l'épaisseur de l'entaille 9
8.2.3 Mesure de la portée intérieure et de la portée extérieure 10
8.2.4 Recommandations générales relatives aux essais de pliage 10
8.2.5 Rupture de l'éprouvette 10
8.3 Mesurages post-essai 10
8.4 Interprétation post-essai 10

9 Calcul **12**
9.1 Calcul du coefficient minimal d'intensité de contrainte Y^*_{min} 12
9.1.1 Géométrie de l'éprouvette recommandée 12
9.1.2 Géométrie alternative de l'éprouvette 13
9.2 Calcul de la valeur de ténacité à la rupture, $K_{I,CNB}$ 13

10 Rapport d'essai **13**

Bibliographie **15**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 24370:2005
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/384d92a5-7614-4306-b8d6-
iso-24370-2005

© ISO 2005 – 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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/IEC, 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.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 206, *Céramiques techniques*.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 24370:2005
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/384d92a5-7614-4306-b8d6-911a01b121b8/iso-24370-2005

© ISO 2005 – Tous droits réservés

Céramiques techniques — Méthode d'essai de ténacité à la rupture des céramiques monolithiques à température ambiante sur éprouvette entaillée en chevron

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode d'essai pour déterminer la ténacité à la rupture des matériaux en céramique monolithique à température ambiante sur éprouvette entaillée en chevron.

La présente Norme internationale s'applique aux céramiques monolithiques et aux céramiques renforcées par des trichites ou des particules qui sont considérées comme macroscopiquement homogènes. Elle ne s'applique pas aux composites céramiques renforcés par des fibres continues.

La présente Norme internationale s'applique généralement aux matériaux céramiques dont la ténacité à la rupture est inférieure à environ 12 MPa($m^{1/2}$). La méthode d'essai s'applique aux matériaux présentant une courbe plate de résistance à la propagation des fissures et peut s'appliquer aux matériaux présentant une courbe croissante de résistance à la propagation des fissures (courbe en R).

2 Références normatives

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 24370:2005

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 7500-1:2004, *Matériaux métalliques — Vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux — Partie 1: Machines d'essai de traction/compression — Vérification et étalonnage du système de mesure de force*

ISO 14704:2000, *Céramiques techniques — Méthode d'essai de résistance en flexion des céramiques monolithiques à température ambiante*

3 Termes et définitions

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

3.1
facteur d'intensité de contrainte
K_I
amplitude de la singularité du champ de contraintes élastiques à la pointe d'une fissure soumise à un déplacement en mode d'ouverture (mode I)

Note 1 à l'article: Ce coefficient est fonction de la force appliquée, de la taille et la géométrie de l'éprouvette et de la longueur de la fissure.

3.2
ténacité à la rupture
terme générique utilisé pour mesurer la résistance de l'extension d'une fissure

© ISO 2005 – Tous droits réservés

3.3
valeur de ténacité à la rupture
$K_{I,CNB}$
valeur de la résistance à l'extension d'une fissure, c'est-à-dire la ténacité à la rupture, telle que mesurée par la méthode sur éprouvette entaillée en chevron

Note 1 à l'article: Le facteur d'intensité de contrainte mesuré correspond à une résistance à l'extension d'une fissure à extension stable dans une éprouvette entaillée en chevron. Le mesurage est effectué selon le mode opératoire opérationnel décrit ici et satisfait à toutes les exigences de validité.

Note 2 à l'article: La définition, l'interprétation et le mesurage de $K_{I,CNB}$ présument une courbe plate de résistance à la propagation des fissures.

3.4
facteur d'intensité de contrainte critique
K_{Ic}
valeur critique de K_I à laquelle la rupture se produit

4 Symboles

l_0	dimension de la pointe du chevron, méthode sur éprouvette entaillée en chevron (Figure 2)
l_1	dimension du chevron, méthode sur éprouvette entaillée en chevron, [$l_1 = (l_{11} + l_{12})/2$]
l_{11}	dimension du chevron, méthode sur éprouvette entaillée en chevron (Figure 2)
l_{12}	dimension du chevron, méthode sur éprouvette entaillée en chevron (Figure 2)
B	épaisseur de l'éprouvette (Figure 2)
K_I	facteur d'intensité de contrainte, mode I
K_{Ic}	facteur d'intensité de contrainte critique, mode I
$K_{I,CNB}$	valeur de ténacité à la rupture, méthode sur éprouvette entaillée en chevron
S_o	portée extérieure du montage de flexion
S_i	portée intérieure du montage de flexion
L	longueur de l'éprouvette
F_{max}	force maximale appliquée à l'éprouvette par la machine d'essai, puis enregistrée (Figure 5)
F_{Tare}	force appliquée à l'éprouvette par le montage supérieur
F	force totale appliquée à l'éprouvette ($F_{max} + F_{Tare}$). Cette valeur est utilisée dans le calcul de $K_{I,CNB}$
T	épaisseur de l'entaille ou encoche résultant de la découpe de l'entaille en chevron (Figure 2)
W	largeur de l'éprouvette (Figure 2)
Y^*_{min}	valeur minimale du coefficient d'intensité de contrainte Y^*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 24370:2005
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/384d92a5-7614-4306-b8d6-911a01b121b8/iso-24370-2005

© ISO 2005 – Tous droits réservés

5 Principe

La présente Norme internationale est destinée à être utilisée pour le développement et la comparaison de matériaux ainsi que pour l'assurance de la qualité, la caractérisation, l'analyse de fiabilité et la production de données de conception. La méthode sur éprouvette entaillée en chevron mesure la valeur de ténacité à la rupture $K_{I,CNB}$ en provoquant une rupture sur une éprouvette de flexion dotée d'une entaille en chevron (Figures 1 et 2). L'éprouvette est rompue par flexion en quatre points. La force en fonction du déplacement et la déformation de la face arrière ou le temps sont enregistrés afin d'identifier une rupture instable. La valeur de ténacité à la rupture $K_{I,CNB}$ est calculée à partir de la charge de rupture et du coefficient minimal d'intensité de contrainte. Les Références [1] et [2] fournissent des informations générales concernant cette méthode d'essai. Une étude de comparaison interlaboratoires internationale portant sur la méthode d'entaille en chevron est décrite dans la Référence [3], et une comparaison de cette méthode avec d'autres méthodes normalisées est donnée dans les Références [2] et [4].

NOTE Les céramiques présentent généralement une extension stable des fissures à partir d'une entaille en chevron si l'entaille est suffisamment étroite (<0,30 mm) et si les autres dimensions de l'entaille sont dans les tolérances spécifiées. Si une extension stable des fissures n'est pas obtenue, alors la ténacité à la rupture ne peut pas être mesurée directement.

6 Appareillage

6.1 Machine d'essai

iTeh STANDARD PREVIEW

Une machine d'essai appropriée, capable d'appliquer une vitesse de traverse uniforme, doit être utilisée. La machine d'essai doit être conforme à la classe 1 de l'ISO 7500-1:2004, avec une précision de 1 % de la force de rupture indiquée.

(standards.iteh.ai)

6.2 Montages de flexion

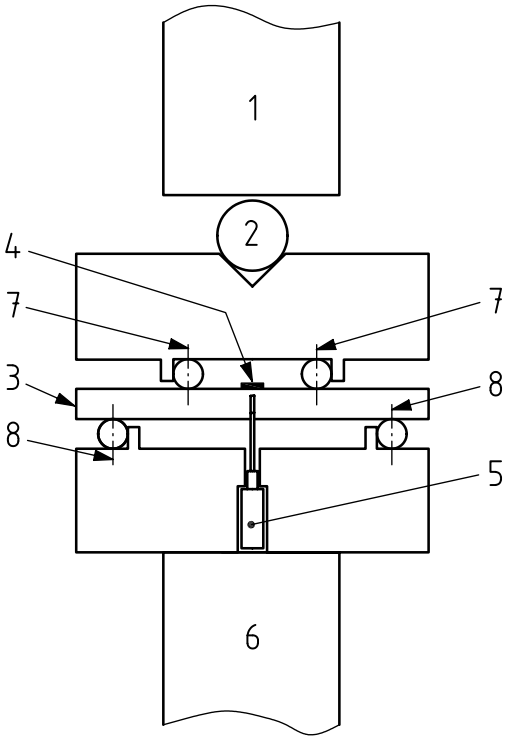
ISO 24370:2005
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3f4d92a5-7614-430b-b8d6-

Une représentation schématique d'un montage et d'une éprouvette de flexion type est fournie à la Figure 1. Les montages de flexion doivent satisfaire aux exigences de l'ISO 14704. Il convient que les montages soient semi-articulés. Les éprouvettes doivent être en contact avec des roulements à cylindres lisses d'un diamètre compris entre 4,50 mm et 5,00 mm. Il convient que le diamètre soit uniforme à ±0,015 mm.

Les roulements doivent pouvoir rouler librement afin de réduire le plus possible le frottement, les deux roulements intérieurs doivent pouvoir rouler librement vers l'intérieur et les deux roulements extérieurs doivent pouvoir rouler librement vers l'extérieur. Il convient que la portée intérieure, S_i, mesure 20 mm ± 0,5 mm et la portée extérieure, S_o, mesure 40 mm ± 0,5 mm. En variante, la portée intérieure et la portée extérieure peuvent respectivement mesurer 10 mm et 30 mm.

Lorsque des environnements d'essai spécifiques autres que l'air du laboratoire sont utilisés, une chambre adéquate permettant de maintenir l'environnement autour du montage d'essai est exigée. Pour les environnements gazeux tels que l'azote sec, un sac en polyéthylène peut être utilisé. Pour les environnements liquides tels que l'huile de silicone ou l'eau, l'éprouvette peut être revêtue et placée dans le montage ou bien le montage et l'éprouvette peuvent être immergés dans une chambre contenant le liquide.

© ISO 2005 – Tous droits réservés



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 24370:2005
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/384d92a5-7614-4306-b8d6-911a01b121b8/iso-24370-2005

Légende

1 tige de fonçage
2 bille
3 éprouvette
4 jauge de déformation
5 capteur de déplacement
6 tige de support
7 portée intérieure du montage de flexion, S_i
8 portée extérieure du montage de flexion, S_o

Figure 1 — Exemple schématique de flexion en quatre points d'une éprouvette entaillée en chevron

6.3 Micromètre

Un micromètre tel qu'indiqué dans l'ISO 3611[11], mais avec une résolution de 0,002 mm, doit être utilisé pour mesurer les dimensions de l'éprouvette. Le micromètre doit avoir des faces de mesure à touche fixe telles qu'indiquées dans l'ISO 3611[11]. Le micromètre ne doit pas comporter de pointe arrondie ou affutée, car cela pourrait endommager l'éprouvette. D'autres instruments de mesure des dimensions peuvent être utilisés à condition qu'ils aient une résolution de 0,002 mm ou plus fine.

6.4 Microscope optique

Il convient d'utiliser un microscope mobile ou optique équipé d'un oculaire filaire étalonné pour mesurer les dimensions des entailles en chevron l_0, l_{11}, l_{12} et T. Des grossissements × 10 à × 50 sont généralement exigés. Les performances de mesurage dimensionnel du système de mesure doivent être étalonnées à l'aide d'un étalon de référence.

© ISO 2005 – Tous droits réservés

6.5 Équipement de détection de stabilité

La stabilité de l'essai est détectée en surveillant le déplacement au centre de l'éprouvette, le déplacement du point de charge, le déplacement de l'organe de commande, le déplacement de la traverse ou la déformation de la face arrière. La force peut également être enregistrée en fonction du temps. Des exemples de force en fonction de la déformation, de la course de l'organe de commande et du temps sont présentés à la Figure 3.

La déformation en face arrière et les extensomètres placés à l'intérieur ou à proximité du montage de flexion sont parfaits pour détecter la stabilité de l'essai[5][6][7]. Les extensomètres du système d'essai qui sont placés à distance par rapport à l'éprouvette d'essai sont moins sensibles aux événements locaux dans l'éprouvette et peuvent ne pas détecter une extension stable. La force de surveillance en fonction du temps est une méthode moins efficace pour détecter l'extension stable des fissures. C'est particulièrement le cas pour les matériaux présentant une faible ténacité à la rupture [par exemple, < 3,0 MPa($m^{1/2}$)] et un module d'élasticité élevé (par exemple, 400 GPa). La Référence [2] traite de l'expérience acquise avec différentes méthodes de surveillance.

Si un extensomètre en contact avec l'éprouvette est utilisé, il convient que la force de l'extensomètre sur l'éprouvette soit inférieure à 0,2 N.

7 Éprouvettes

7.1 Géométrie, taille, préparation et chanfreinage des bords

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

7.1.1 Géométrie recommandée

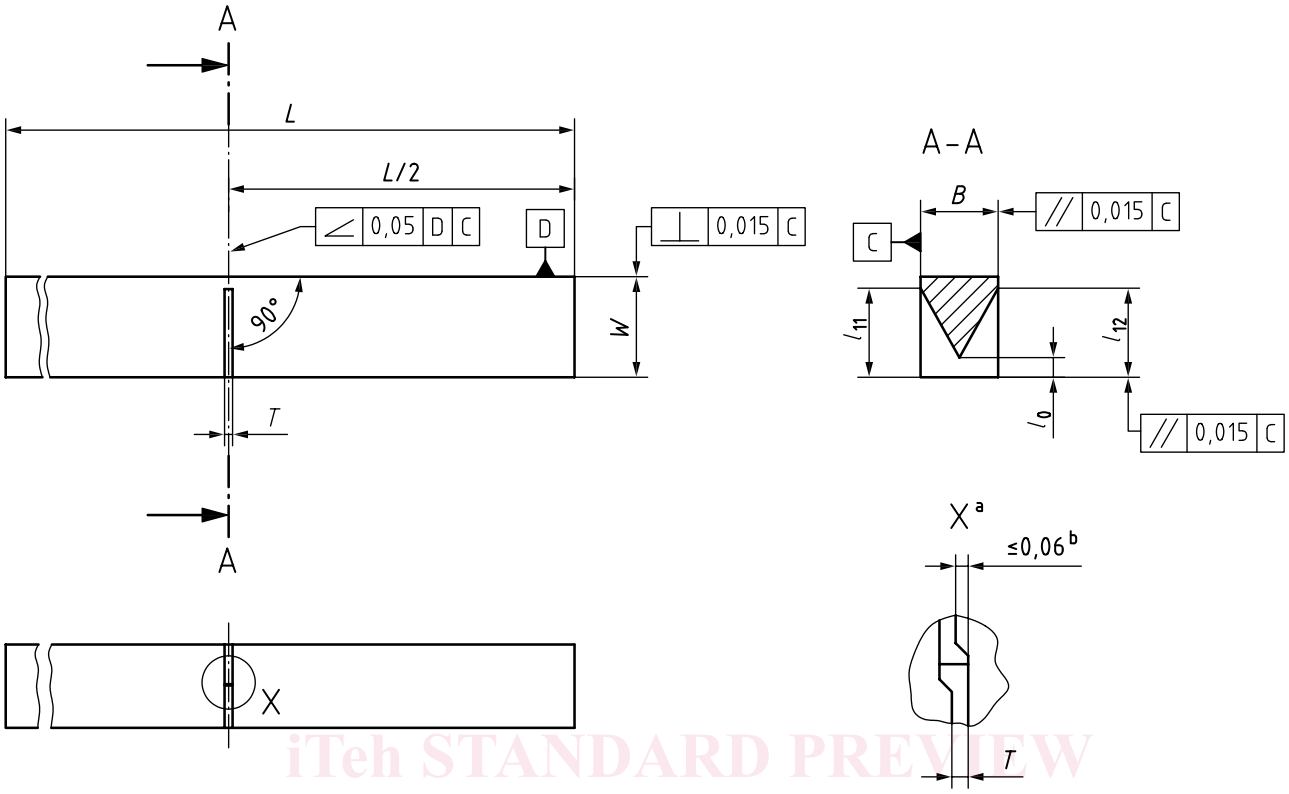
Il convient d'utiliser des poutres rectangulaires dont les dimensions sont indiquées à la Figure 2. Il convient que les tolérances sur les sections transversales soient de ±0,20 mm.

ISO 24370:2005

Il convient que la tolérance de parallélisme sur les faces longitudinales opposées soit de 0,015 mm. L'éprouvette d'essai illustrée à la Figure 2 a donné une excellente corrélation avec d'autres méthodes d'essai normalisées pour une grande variété de céramiques[2] et a été utilisée pour le développement d'un matériau de référence[4]. Le coefficient d'intensité de contrainte est basé sur le modèle d'hypothèse de fissure traversante et est bien corrélé aux modèles d'analyse par éléments finis (FEA) pour la plage autorisée[2].

© ISO 2005 – Tous droits réservés

Dimensions en millimètres



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 24370:2005
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/384d92a5-7614-4306-b8d6-911a01b121b8/iso-24370-2005

Légende

L longueur de l'éprouvette, min. 45

$L/2$ 22,5 ± 0,50

B épaisseur de l'éprouvette, 3,00 ± 0,20

W largeur de l'éprouvette, 4,00 ± 0,20

l_0 dimension de la pointe du chevron, méthode sur éprouvette entaillée en chevron, 0,80 ± 0,08

l_{11} dimension du chevron, méthode sur éprouvette entaillée en chevron, min. 3,80, W max.; pas de surcoupe

l_{12} dimension du chevron, méthode sur éprouvette entaillée en chevron, min. 3,80, W max.; pas de surcoupe

T épaisseur de l'entaille ou encoche, max. 0,30

Ne pas chanfreiner les bords.

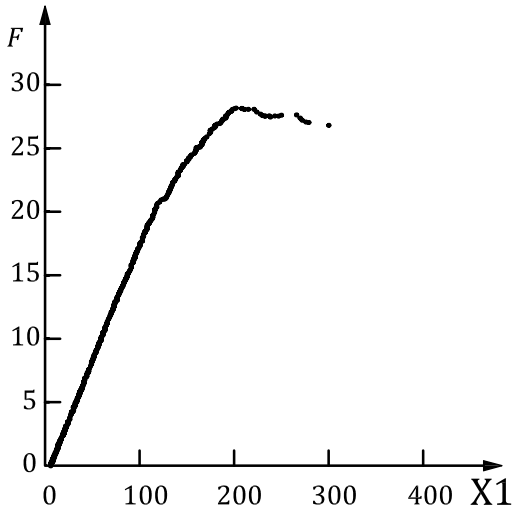
Il convient que les plans d'entaille se rejoignent à moins de 0,06 mm.

[a] Détail de la pointe de l'entaille.

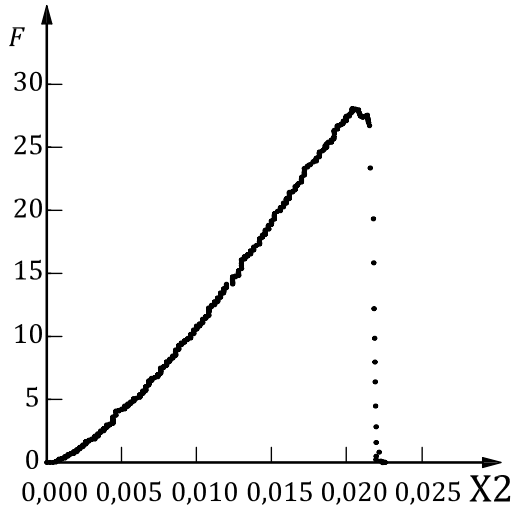
[b] Pointe du chevron sur l'axe médian à 0,06 mm près.

Figure 2 — Configuration des éprouvettes et terminologie pour la géométrie recommandée

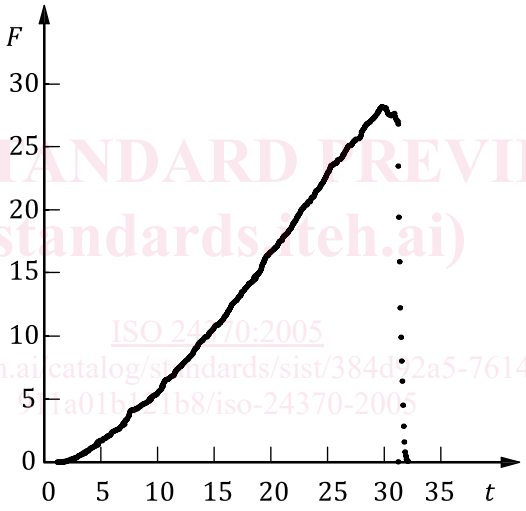
© ISO 2005 – Tous droits réservés



a) Force en fonction de la déformation



b) Force en fonction de la course de l'organe de commande



c) Force en fonction du temps

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 24370:2005
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/384c...2a5-7614-4306-b8d6-...a01b...21b8/iso-24370-2005

Légende

X_1 déformation de la face arrière (× 10^6)

X_2 course de l'organe de commande, en millimètres

t temps, en secondes

F force, en newtons

NOTE 1 Une vitesse d'acquisition de données de 20 Hz a été utilisée.

NOTE 2 Le matériau d'essai était le carbure de silicium alpha.

Figure 3 — Exemples de force en fonction de la déformation, de la course de l'organe de commande et du temps

7.1.2 Géométrie alternative

Dans certains cas, des circonstances telles que la disponibilité du matériau d'essai, les configurations d'essai existantes, la capacité d'usinage ou d'autres considérations peuvent imposer un choix de géométrie et/ou de dimensions d'éprouvette différentes de celles recommandées en 7.1.1. Dans ces cas, d'autres géométries et dimensions de base (par exemple, *L, W, B*) peuvent généralement être utilisées

© ISO 2005 – Tous droits réservés