
Produits réfractaires — Détermination de la dilatation thermique

Refractory products — Determination of thermal expansion

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 16835:2014](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/346c8624-940a-4415-b697-d323b4d94221/iso-16835-2014)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/346c8624-940a-4415-b697-
d323b4d94221/iso-16835-2014](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/346c8624-940a-4415-b697-d323b4d94221/iso-16835-2014)



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 16835:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/346c8624-940a-4415-b697-d323b4d94221/iso-16835-2014>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2014

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
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
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 Méthode par contact avec éprouvette d'essai cylindrique	3
4.1 Principe	3
4.2 Appareillage	3
4.2.1 Appareillage d'essai de dilatation thermique	3
4.2.2 Four	7
4.2.3 Détecteur de l'ampleur de déformation de l'éprouvette d'essai	7
4.2.4 Appareillage de mesurage de la température	8
4.2.5 Pieds à coulisse	8
4.2.6 Echantillon de référence	8
4.3 Eprouvette d'essai	8
4.3.1 Forme de l'éprouvette d'essai	8
4.3.2 Préparation de l'éprouvette d'essai	9
4.4 Mode opératoire	10
4.4.1 Mesurage de l'éprouvette d'essai	10
4.4.2 Mesurage de l'échantillon de référence	10
4.5 Calcul et tracé	10
5 Méthode par contact avec éprouvette d'essai en forme de tige	13
5.1 Principe	13
5.2 Appareillage, équipements et échantillon de référence	13
5.2.1 Appareillage d'essai de dilatation thermique	13
5.2.2 Micromètre ou pieds à coulisse	16
5.2.3 Echantillon de référence	16
5.3 Eprouvette d'essai	16
5.3.1 Dimensions et forme de l'éprouvette d'essai	16
5.3.2 Préparation de l'éprouvette d'essai	16
5.4 Mode opératoire	17
5.4.1 Mesurage du facteur de correction de la différence d'allongement	17
5.4.2 Mesurage de la différence d'allongement de l'éprouvette d'essai	18
5.5 Calcul et tracé	18
6 Méthode sans contact	20
6.1 Principes	20
6.2 Mode opératoire	21
6.3 Calcul et tracé d'une représentation graphique	21
7 Rapport d'essai	23
Annexe A (informative) Caractéristiques des méthodes d'essai	25
Annexe B (informative) Valeurs recommandées du pourcentage et du coefficient de dilatation thermique linéique d'un échantillon de référence	26
Annexe C (informative) Exemple d'appareillage et d'éprouvette d'essai pour une méthode sans contact	28
Bibliographie	34

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 16835 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 33, *Matériaux réfractaires*, sous-comité SC , .

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 16835:2014
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/346c8624-940a-4415-b697-d323b4d94221/iso-16835-2014>

Produits réfractaires — Détermination de la dilatation thermique

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les méthodes d'essai de la dilatation thermique des produits réfractaires. La présente Norme décrit une méthode de détermination du pourcentage de dilatation thermique linéique, de la courbe de dilatation thermique linéique et du coefficient de dilatation thermique linéique.

La présente Norme internationale comprend les trois méthodes d'essai suivantes de dilatation thermique de produits réfractaires :

- a) Méthode par contact avec éprouvette d'essai cylindrique.
- b) Méthode par contact avec éprouvette d'essai en forme de tige.
- c) Méthode sans contact.

Les caractéristiques de ces méthodes sont présentées à l'Annexe A.

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

2 Références normatives

ISO 16835:2014

Les documents ci-après, dans leur intégrité ou non, sont des références normatives indispensables à 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 836, *Terminologie des matériaux réfractaires*

CEI 60584-1, *Thermocouples – Partie 1 : Tables de références*

CEI 60584-2, *Thermocouples – Partie 2 : Tolérances*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 836 ainsi que les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

température initiale

T_0

température initiale pour le recueil des résultats de dilatation thermique (température ambiante enregistrée)

3.2

matériau de référence

matériau dont le pourcentage de dilatation thermique linéique et le coefficient de dilatation thermique linéique sont connus

3.3
température limite basse

T_1
température la plus basse sur la plage de mesurage de la dilatation thermique linéique

3.4
température limite haute

T_2
température la plus haute sur la plage de mesurage de la dilatation thermique linéique

3.5
dilatation thermique linéique

ε_i
rapport de la variation de longueur $\Delta L_i (=L_i-L_0)$ entre la longueur L_i à la température T_i et la longueur L_0 à la température initiale T_0 sur la longueur L_0

Note $\varepsilon_i = \Delta L_i / L_0$

3.6
pourcentage de dilatation thermique linéique

E_i
dilatation thermique linéique exprimée en pourcentage

Note $E_i = \varepsilon_i \times 100$; $E_i = \Delta L_i / L_0$ multiplié par 100

3.7
courbe de dilatation thermique linéique

courbe(s) ayant pour axe des abscisses la température et pour axe des ordonnées le pourcentage de dilatation thermique linéique.

Note Il existe deux types de courbes, une courbe de montée en température et une courbe de descente en température.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 16835:2014
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/346c8624-940a-4415-b697-d323b4d94221/iso-16835-2014>

3.8
courbe de montée en température

courbe relative aux variations de dilatation thermique linéique causées par une hausse de la température. En temps normal, appelée courbe de dilatation thermique linéique

3.9
courbe de descente en température

courbe relative aux variations de dilatation thermique linéique causées par une baisse de la température. Elle est utilisée pour l'examen de la variation de taille de l'échantillon après chauffage.

3.10
coefficient moyen de dilatation thermique linéique

$\alpha_{T_2-T_1}$
rapport de la variation de longueur $\Delta L (=L_2-L_1)$ d'un échantillon dans un intervalle de température $\Delta T (=T_2-T_1)$, sur le produit de cet intervalle de température et de la longueur initiale L_0 à la température initiale.

Note En d'autres termes $\alpha_{T_2-T_1} = \Delta L / (L_0 \Delta T)$. Les longueurs L_1 et L_2 de l'échantillon correspondent respectivement aux températures T_1 et T_2 . L'unité de cette grandeur est $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

3.11
coefficient de dilatation thermique linéique

α_{T_i}
Valeur moyenne du coefficient de dilatation thermique linéique $\Delta L / (L_0 \Delta T_i)$ lorsque $\Delta T (=T_2-T_1)$ tend vers zéro.

Note Il s'agit de la pente de la tangente à la droite de relation entre la dilatation thermique linéique $\varepsilon_i = \Delta L_i / L_0$ à une certaine température T_i et la température T_i . L'unité de cette grandeur est $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

3.12

échantillon de référence

matériau dont le pourcentage de dilatation thermique linéique et le coefficient de dilatation thermique linéique sont connus

NOTE la forme de l'échantillon de référence doit être identique à celle de l'éprouvette d'essai.

3.13

différence d'allongement

différence de longueur entre l'éprouvette d'essai et l'échantillon de référence initialement de même longueur que l'éprouvette d'essai après les avoir chauffés d'une température limite inférieure à une température limite supérieure

4 Méthode par contact avec éprouvette d'essai cylindrique

4.1 Principe

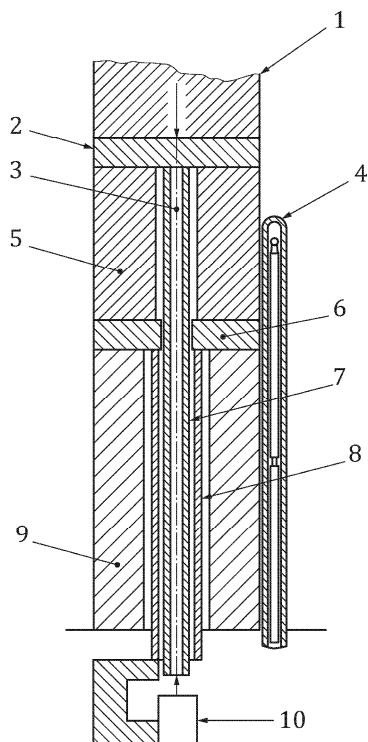
L'ampleur de la variation dimensionnelle de l'éprouvette d'essai cylindrique est mesurée de façon continue au moyen d'un instrument de mesurage de type par contact lors du chauffage à une vitesse (rampe) spécifiée dans un four. Le pourcentage de dilatation thermique linéique, la courbe du pourcentage de dilatation thermique linéique, le coefficient moyen de dilatation thermique linéique et le coefficient de dilatation thermique linéique sont ainsi obtenus.

4.2 Appareillage

4.2.1 Appareillage d'essai de dilatation thermique

4.2.1.1 Généralités

La colonne de chargement (1), l'éprouvette d'essai (5) et la colonne support (9) de l'appareillage d'essai de dilatation thermique doivent être installées dans un four en alignant leurs axes de manière à ce qu'elles soient maintenues verticalement durant l'essai comme illustré sur les Figures 1 et 2. La structure de l'appareillage doit être conçue de manière à permettre de calculer la dilatation thermique de l'éprouvette produite suite à l'application d'une pression de 0,01 Mpa dans la direction de son axe et à l'augmentation de la température à partir de l'ampleur de la variation relative de la longueur des tubes de détection (7) et (8), mis en contact par le biais des rondelles d'espacement (2) et (6) avec les surfaces inférieure et supérieure de l'éprouvette d'essai. La force de contact ne doit pas varier de plus de $\pm 1\text{N}$.



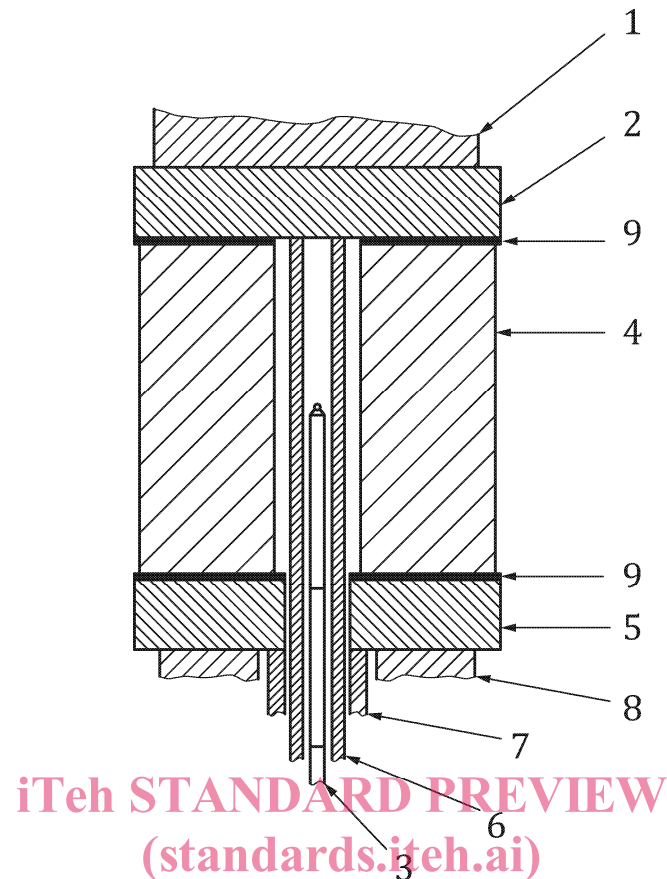
iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Légende

- 1 colonne de chargement
- 2 Rondelle d'espacement supérieure
- 3 Thermocouple pour le mesurage de la température de l'éprouvette d'essai
- 4 Thermocouple pour la régulation de la température du four
- 5 Eprouvette d'essai
- 6 Rondelle d'espacement inférieure
- 7 Tube pour la détection de la position supérieure de l'éprouvette d'essai
- 8 Tube pour la détection de la position inférieure de l'éprouvette d'essai
- 9 Colonne support
- 10 Instrument de mesurage

ISO 16835:2014
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/346c8624-940a-4415-b697-d323b4d94221/iso-16835-2014>

Figure 1 — Schéma de l'appareillage d'essai de dilatation thermique (cas d'un mesurage du pourcentage de variation de l'éprouvette d'essai au niveau de la partie inférieure de l'appareillage)



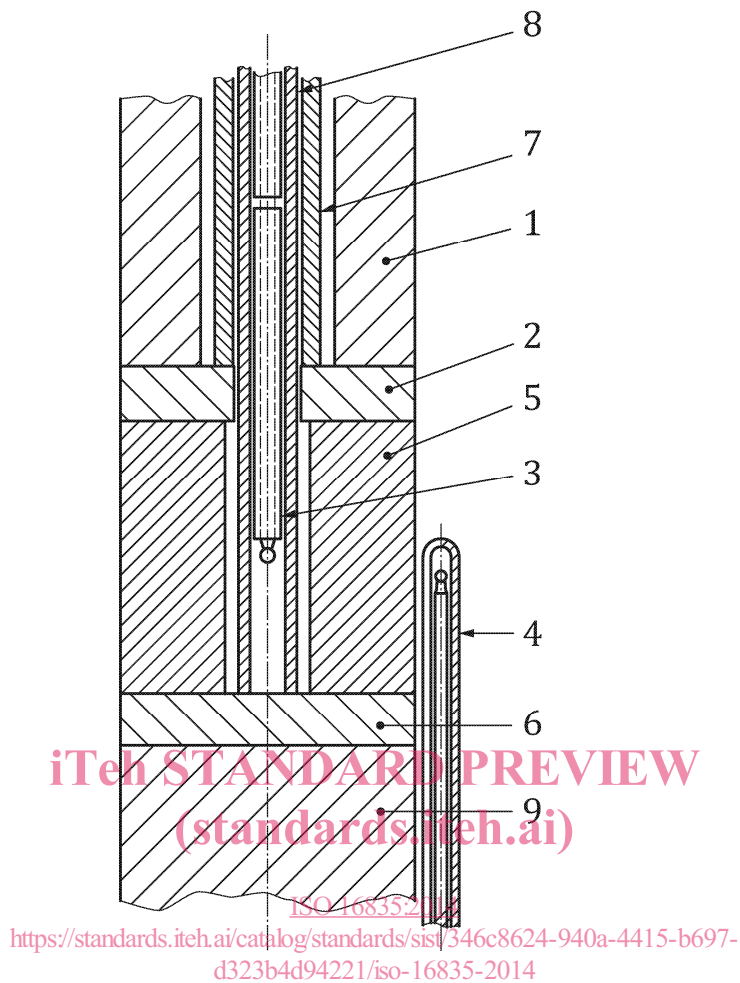
ISO 16835:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/346c8624-940a-4415-b697-d323b4d94221/iso-16835-2014>

Légende

- 1 colonne de chargement (diamètre externe : 45 mm ou plus)
- 2 Rondelle d'espacement supérieure (diamètre externe : 50,5 mm)
- 3 Thermocouple pour le mesurage de la température de l'éprouvette d'essai
- 5 Eprouvette d'essai (diamètre externe : 50 mm \pm 2 mm, diamètre interne : 12 mm \pm 1 mm)
- 6 Rondelle d'espacement inférieure (diamètre externe : 50,5 mm, diamètre interne : 10 mm)
- 7 Tube pour la détection de la position supérieure de l'éprouvette d'essai (diamètre externe : 8 mm, diamètre interne : 5 mm)
- 8 Tube pour la détection de la position inférieure de l'éprouvette d'essai (diamètre externe : 15 mm, diamètre interne : 10 mm)
- 9 Colonne support (diamètre externe : 45 mm, diamètre interne : 20 mm)
- 11 Tôle en platine-rhodium (diamètre externe : 50,5 mm, diamètre interne : 10 mm)

Figure 2 — Schéma détaillé de l'appareillage d'essai de dilatation thermique (cas d'un mesurage du pourcentage de variation de l'éprouvette d'essai au niveau de la partie inférieure de l'appareillage)



Légende

- 1 Colonne de chargement
- 2 Rondelle d'espacement supérieure
- 3 Thermocouple pour le mesurage de la température de l'éprouvette d'essai
- 4 Thermocouple pour la régulation de la température du four
- 5 Epreuve d'essai
- 6 Rondelle d'espacement inférieure
- 7 Tube pour la détection de la position supérieure de l'éprouvette d'essai
- 8 Tube pour la détection de la position inférieure de l'éprouvette d'essai
- 9 Colonne support

Figure 3 — Schéma de l'appareillage d'essai de dilatation thermique (cas d'un mesurage du pourcentage de variation de l'éprouvette d'essai au niveau de la partie supérieure de l'appareillage)

4.2.1.2 Constitution de l'appareillage d'essai de dilatation thermique

L'appareillage doit comprendre les éléments suivants.

- a) Colonne de chargement fixe (1) : la colonne de chargement fixe cylindrique (1) doit être constituée d'un matériau réfractaire d'au moins 45 mm de diamètre externe. Pour l'appareillage de la Figure 3, la colonne de chargement doit être dotée d'un orifice concentrique servant au passage des tubes pour la détection des positions supérieure et inférieure.

Il faut veiller à ce que la tige n'entre pas en contact avec les parois internes du four au niveau de son couvercle supérieur.

- b) Colonne support (9) : la colonne support (9) doit être un matériau réfractaire cylindrique résistant au feu d'au moins 45 mm de diamètre externe. Pour l'appareillage des Figures 1 et 2, la colonne support doit être dotée d'un orifice concentrique servant au passage des tubes pour la détection des positions supérieure et inférieure.
- c) Rondelles d'espacement (2) et (6) : les rondelles d'espacement (2) et (6) doivent être constituées d'un matériau réfractaire et doivent être insérées afin d'éviter que l'éprouvette d'essai n'adhère à (1) et à (9) par fusion suite à une réaction chimique, par exemple une rondelle d'au moins 50 mm de diamètre externe et de 5 mm à 10 mm d'épaisseur en matériau réfractaire d'alumino-silicate tel que la mullite ou l'alumine frittée à haute température, ou en matériau réfractaire basique tel que la magnésie ou la spinelle. L'orifice concentrique servant de passage de (7) doit être ménagé au niveau de (6) dans l'appareillage de la Figure 1 et de la Figure 2, et à (2) dans l'appareil de la Figure 3. Les deux extrémités de (1) et (9) doivent être disposées de façon à être horizontales et en parallèle, et les rondelles d'espacement (2) et (6) mises en contact avec l'éprouvette doivent être disposées de façon à être perpendiculaires à l'axe.

Si l'éprouvette d'essai est susceptible de réagir au contact d'autres matériaux réfractaires, particulièrement la silice, le feuillet en platine ou en alliage platine-rhodium (11) d'environ 0,2 mm d'épaisseur doit être placée entre l'éprouvette d'essai et les deux rondelles d'espacement comme représenté sur la Figure 2.

- d) Tube pour la détection de la position inférieure de l'éprouvette d'essai (8) : le tube pour la détection de la position inférieure de l'éprouvette d'essai (8) doit être un tube en alumine dont l'embout pénètre la colonne support (9) dans l'appareillage des Figures 1 et 2 ou la colonne support (1) dans l'appareillage de la Figure 3. Il est mis en contact avec la rondelle d'espacement inférieure, laquelle est en contact étroit avec la surface inférieure de l'éprouvette d'essai. Il doit pouvoir bouger librement afin de ne jamais entrer en contact avec la colonne support.
- e) Tube pour la détection de la position supérieure de l'éprouvette d'essai (7) : le tube pour la détection de la position supérieure de l'éprouvette d'essai (7) doit être un tube en alumine dont l'embout pénètre la colonne support (9), la rondelle d'espacement (6) et l'éprouvette d'essai (5) dans l'appareillage des Figures 1 et 2. Il est mis en contact avec la rondelle d'espacement supérieure, laquelle est en contact étroit avec la surface supérieure de l'éprouvette d'essai. Il doit pouvoir bouger librement afin de ne jamais entrer en contact avec la colonne support, la rondelle d'espacement et l'éprouvette d'essai. Dans l'appareillage de la Figure 3, les structures des éléments d) et e) sont inversées.
- f) Matériau et préparation des montages : en ce qui concerne les montages, un matériau pouvant endurer la charge sans déformation ni réaction à la température d'essai finale (la plus haute), doit être sélectionné.

En d'autres termes, il convient que la température correspondante à T_5 de l'échantillon soit inférieure ou égale à celle correspondante à T_1 du matériau des montages. T_1 et T_5 sont obtenus conformément à l'ISO 1893:2007.

4.2.2 Four

Le four doit être un four tubulaire dont l'axe convient au système de mesure, il doit être en mesure de chauffer l'éprouvette d'essai à la température d'essai finale (la plus haute) à une vitesse de montée en température spécifiée [voir c) en 4.4.1] dans l'atmosphère, mais aussi de chauffer uniformément une zone de 12,5 mm à compter des faces supérieures et inférieures de l'éprouvette d'essai à une température spécifiée de 500 °C ou plus ± 20 °C. L'uniformité du chauffage dans cette zone autour de l'éprouvette d'essai doit être vérifiée au préalable.

NOTE Il est recommandé d'employer un four de type à chargement par va-et-vient vertical ou du type à ouverture/fermeture afin de ne pas perturber le réglage du système de mesure.

4.2.3 Détecteur de l'ampleur de déformation de l'éprouvette d'essai

Une jauge à cadran ou un transducteur à transformateur différentiel branché(e) à un enregistreur automatique doit être utilisé(e). La jauge ou le transducteur est fixé(e) à l'embout de (8), au niveau de la tête dans le cas d'une jauge à cadran, et au niveau du noyau dans le cas d'un transducteur à transformateur différentiel.

Ensuite, les détecteurs sont mis en contact avec l'embout de (7). L'ampleur de la déformation relative produite par la déformation de l'éprouvette d'essai est mesurée. La sensibilité de l'instrument de mesurage doit permettre d'obtenir des mesures à 0,005 mm près.

4.2.4 Appareillage de mesurage de la température

4.2.4.1 Thermocouple pour le mesurage de la température de l'éprouvette d'essai

Le thermocouple pour le mesurage de la température de l'éprouvette d'essai doit être inséré dans le tube en alumine (7) qui pénètre l'éprouvette d'essai de façon à pouvoir mesurer la température au centre de l'éprouvette d'essai et doit être agencé de façon à ce que son point chaud arrive au centre de l'éprouvette d'essai.

4.2.4.2 Thermocouple pour la régulation de la température du four

Le thermocouple utilisé pour la régulation de la température du four doit être doté d'un tube de protection et doit être disposé de façon à ce que son point chaud soit à proximité immédiate de l'éprouvette d'essai (voir Figure 1).

NOTE Il peut être disposé à proximité immédiate de l'unité de chauffage selon la structure du four.

4.2.4.3 Type et précision du thermocouple

Le thermocouple doit être un système composé de platine/platine-rhodium et le thermocouple sélectionné doit permettre de détecter la température d'essai finale (la plus haute). La précision du thermocouple doit être vérifiée.

4.2.5 Pieds à coulisse

Des pieds à coulisse dotés d'une échelle de lecture graduée au minimum tous les 0,05 mm doivent être utilisés.

4.2.6 Echantillon de référence

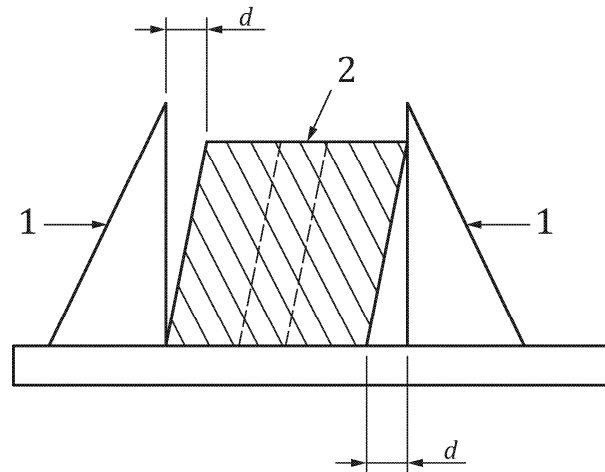
En ce qui concerne l'échantillon de référence, un matériau en alumine frittée de haute pureté ayant la même forme que l'éprouvette d'essai mentionnée en 4.3 doit être utilisé. Les valeurs recommandées du pourcentage et du coefficient de dilatation thermique linéique de l'échantillon de référence sont présentées à l'Annexe B.

4.3 Eprouvette d'essai

4.3.1 Forme de l'éprouvette d'essai

La forme de l'éprouvette d'essai doit être la suivante.

- a) L'éprouvette d'essai doit être cylindrique de façon concentrique et présenter un diamètre externe de $50 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, un diamètre interne de $12 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ et une longueur de $50 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.
- b) L'éprouvette d'essai doit être disposée de sorte que ses surfaces supérieure et inférieure soient parallèles et soient perpendiculaires à l'axe central. Les deux surfaces doivent être rectifiées et polies de telle sorte que la différence de longueur mesurée par les pieds à coulisse entre deux points quelconques sur chacune des surfaces n'excède pas 0,2 mm. La surface d'extrémité de l'éprouvette d'essai doit être placée sur une plaque de maintien et lorsqu'une équerre est appliquée le long de la ligne génératrice de l'éprouvette d'essai cylindrique, la déviation d entre l'équerre et la ligne génératrice doit être de 0,5 mm ou en dessous (voir Figure 4).



Légende

- 1 Equerre
- 2 Echantillon

Figure 4 — Méthode de mesure de la verticalité (la dimension d est mesurée par une jauge d'épaisseur.)

- c) Afin de confirmer que les surfaces supérieure et inférieure de l'éprouvette d'essai sont lisses sur toute la surface, le papier filtre de 0,15 mm d'épaisseur, sur lequel un papier carbone est placé, doit être disposé sur la plaque de surface et chaque surface doit être comprimée pour adhésion. Les deux surfaces de l'éprouvette d'essai peuvent être colorées en utilisant un tampon encreur à la place du papier carbone. Lorsqu'une partie non colorée apparaît sur la surface par cette opération, elle doit être polie de nouveau.

De plus, l'aspect lisse de la surface peut être confirmé en utilisant une équerre.

4.3.2 Préparation de l'éprouvette d'essai

4.3.2.1 Réfractaire façonné

Sauf indication contraire, prélever une éprouvette à partir de l'échantillon d'essai de telle sorte que la direction longitudinale de l'éprouvette d'essai soit parallèle à la direction de pressage de l'échantillon lors de sa mise en forme.

De plus, la direction de prélèvement de l'éprouvette d'essai peut être choisie selon l'accord passé entre les parties intéressées par le produit, et selon la finalité du résultat de la dilatation thermique. Pour les réfractaires non frittés, le frittage à effectuer dans des conditions de température définies peut intervenir avant ou après avoir prélevé l'éprouvette d'essai sur l'échantillon.

4.3.2.2 Réfractaire non façonné

L'éprouvette d'essai doit soit être directement façonnée selon la forme spécifiée en 4.3.1, soit être découpée selon une forme définie. La nécessité du frittage ainsi que la température de frittage doivent faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées par le produit. Les conditions de préparation, de mise en forme et de frittage ainsi que les dimensions de l'éprouvette d'essai doivent être mentionnées dans le rapport d'essai.