

NORME
INTERNATIONALE

ISO
22007-2

Troisième édition
2022-06

**Plastiques — Détermination de
la conductivité thermique et de la
diffusivité thermique —**

**Partie 2:
Méthode de la source plane transitoire
(disque chaud)**

*Plastics — Determination of thermal conductivity and thermal
diffusivity —*

Part 2: Transient plane heat source (hot disc) method

ISO 22007-2:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c2f8bf99-fec5-49ac-aebc-2eb99ebd84cc/iso-22007-2-2022>



Numéro de référence
ISO 22007-2:2022(F)

© ISO 2022

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 22007-2:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c2f8bf99-fec5-49ac-aebc-2eb99ebd84cc/iso-22007-2-2022>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

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
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Principe	3
5 Appareillage	3
6 Éprouvettes	5
6.1 Éprouvettes en masse	5
6.2 Éprouvettes en masse anisotropes	6
6.3 Éprouvettes en plaque	7
6.4 Éprouvettes à pellicules minces	7
7 Mode opératoire	7
8 Calcul des propriétés thermiques	9
8.1 Éprouvettes en masse	9
8.2 Éprouvettes en masse anisotropes	13
8.3 Éprouvettes en plaque	14
8.4 Éprouvettes à pellicules minces	15
8.5 Éprouvettes à faible conductivité thermique	16
8.5.1 Remarques introductives	16
8.5.2 Éprouvettes en masse à faible conductivité thermique	16
8.5.3 Éprouvettes en masse anisotropes à faible conductivité thermique	18
8.5.4 Éprouvettes à pellicules minces à faible conductivité thermique	18
9 Étalonnage et vérification	18
9.1 Étalonnage de l'appareil	18
9.2 Vérification de l'appareil	19
10 Fidélité et biais	19
11 Rapport d'essai	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'attention est attirée 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 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 www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 5, *Propriétés physicochimiques*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 249, *Plastiques*, du Comité européen de normalisation (CEN) conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 22007-2:2015), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- la [Figure 2](#) a été corrigée;
- le terme «profondeur de pénétration» (en 3.1 dans la précédente édition) a été supprimé;
- dans le corps du texte, quelques Notes ont été modifiées;
- dans le corps du texte, une référence à la théorie des coefficients de sensibilité a été faite.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 22007 se trouve sur le site web de l'ISO.

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.

Introduction

Une intensification significative du développement et de l'utilisation de matériaux nouveaux et améliorés pour de larges plages d'applications physiques, chimiques, biologiques et médicales a engendré la nécessité de disposer de meilleures données de performance issues des méthodes de mesure des propriétés de transmission thermique. L'introduction de méthodes alternatives relativement simples, rapides et de bonne précision serait un grand avantage pour les communautés scientifiques et techniques^[1].

Un certain nombre de techniques de mesurage décrites comme méthodes par contact transitoire ont été développées et plusieurs d'entre elles ont été commercialisées. Ces techniques sont largement utilisées et sont appropriées pour les essais de nombreux types de matériaux. Dans certains cas, elles peuvent être utilisées pour mesurer simultanément ou séparément plusieurs propriétés^{[2],[3]}.

Un avantage supplémentaire relatif à certaines de ces méthodes est qu'il est désormais possible de mesurer les propriétés massiques réelles d'un matériau. Cette caractéristique a pour origine la possibilité d'éliminer l'influence de la résistance de contact thermique (voir [8.1.1](#)) présente dans l'interface entre la sonde et les surfaces de l'éprouvette^{[1],[3],[4],[5],[6]}.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 22007-2:2022](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c2f8bf99-fec5-49ac-aebc-2eb99ebd84cc/iso-22007-2-2022>

Plastiques — Détermination de la conductivité thermique et de la diffusivité thermique —

Partie 2: Méthode de la source plane transitoire (disque chaud)

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une méthode pour déterminer la conductivité thermique et la diffusivité thermique, et de ce fait la capacité calorifique spécifique par unité de volume, des plastiques. Le dispositif expérimental peut être conçu pour s'accorder à différentes tailles d'éprouvette. Les mesurages peuvent être effectués dans des environnements gazeux et sous vide sur une plage de températures et de pressions.

Cette méthode donne des lignes directrices pour les essais de solides homogènes, isotropes et anisotropes, ayant une structure uniaxiale. L'homogénéité du matériau s'étend au travers de l'éprouvette et aucune barrière thermique (excepté celle à côté de la sonde) n'est présente dans une plage définie par la(les) profondeur(s) de vérification (voir 3.1).

Cette méthode est appropriée pour les matériaux ayant des valeurs de conductivité thermique, λ , comprises approximativement dans la plage $0,010 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} < \lambda < 500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, des valeurs de diffusivité thermique, α , comprises dans la plage $5 \times 10^{-8} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1} < \alpha < 10^{-4} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ et des températures, T , comprises approximativement dans la plage $50 \text{ K} < T < 1\,000 \text{ K}$.

NOTE 1 La capacité calorifique spécifique par unité de volume, C ($C = \rho \cdot c_p$, où ρ est la masse volumique et c_p est la chaleur massique par unité de masse et à pression constante), peut être obtenue en divisant la conductivité thermique, λ , par la diffusivité thermique, α , c'est-à-dire $C = \lambda/\alpha$, et se situe approximativement dans la plage $0,005 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1} < C < 5 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$. Elle est également appelée chaleur volumique.

NOTE 2 Si l'objectif est de déterminer la résistance thermique ou la conductivité thermique apparente dans la direction de l'épaisseur d'un produit non homogène (par exemple un panneau fabriqué) ou d'une plaque non homogène de matière, on se réfère à l'ISO 8301, l'ISO 8302 et l'ISO 472.

Les propriétés de transmission thermique des liquides peuvent être déterminées à condition que des précautions soient prises pour minimiser la convection thermique.

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 22007-1, *Plastiques — Détermination de la conductivité thermique et de la diffusivité thermique — Partie 1: Principes généraux*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 22007-1 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 profondeur de vérification

d_p
mesure de la distance parcourue par l'onde calorifique dans l'éprouvette, dans la direction du flux de chaleur, dans l'intervalle de temps utilisé pour le calcul

Note 1 à l'article: La profondeur de vérification est donnée par:

$$d_p = \kappa \sqrt{\alpha \cdot t_{\max}}$$

où

t_{\max} est la durée maximale de l'intervalle de temps utilisé pour calculer les propriétés de transmission thermique;

α est la diffusivité thermique du matériau de l'éprouvette;

κ est une constante qui dépend de la sensibilité des enregistrements de température.

Note 2 à l'article: Elle est exprimée en mètres (m).

Note 3 à l'article: Une valeur type pour les mesurages par disque chaud est $\kappa = 2$; celle-ci est appliquée tout au long du présent document.

3.2 coefficient de sensibilité

β_Ψ
coefficient défini par la formule:

$$\beta_\Psi = \Psi \frac{\partial[\Delta T(t)]}{\partial \Psi}$$

où

Ψ est la conductivité thermique, λ , la diffusivité thermique, α , ou la capacité calorifique spécifique par unité de volume, C ;

$\Delta T(t)$ est l'augmentation moyenne de température de la sonde.

Note 1 à l'article: Différents coefficients de sensibilité sont définis pour la conductivité thermique, la diffusivité thermique et la chaleur massique par unité de volume^[Z].

Note 2 à l'article: Afin de définir l'intervalle de temps utilisé pour déterminer la conductivité thermique et la diffusivité thermique à partir d'une seule expérience, la théorie des coefficients de sensibilité est utilisée. Cette théorie, qui traite un grand nombre d'expériences et considère comme variables les constantes, Ψ , a permis d'établir que:

$$0,30 < t_{\max} \cdot \alpha / r^2 < 1,0$$

où r est le rayon moyen de la spirale extérieure de la sonde.

Considérant que $\kappa = 2$, cette expression peut s'écrire comme suit:

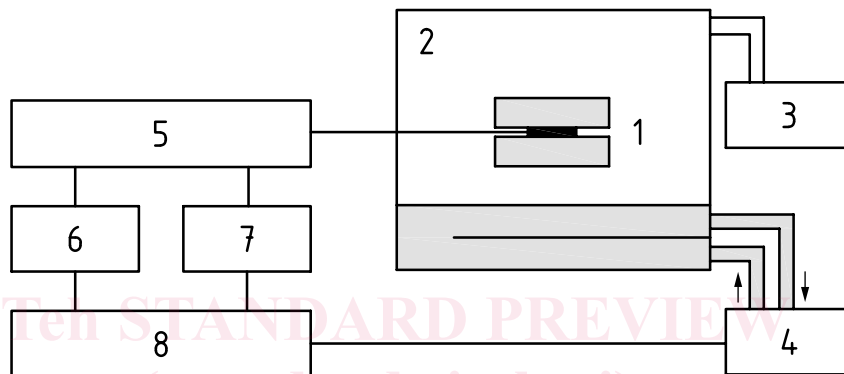
$$1,1r < d_p < 2,0r$$

4 Principe

Une éprouvette contenant une sonde avec un disque chaud intégré, de chaleur massique négligeable, doit être stabilisée à une température donnée. Un choc thermique sous la forme d'une fonction par échelon est produit par un courant électrique traversant la sonde pour générer un champ de température dynamique au sein de l'éprouvette. L'augmentation de température de la sonde est mesurée comme une fonction du temps. La sonde fonctionne comme un détecteur de température relié à une source de chaleur (c'est-à-dire un détecteur autochauffant). La réponse est alors analysée conformément au modèle élaboré pour la sonde spécifique et aux conditions aux limites prévues.

5 Appareillage

5.1 La [Figure 1](#) illustre de façon schématique l'appareillage.

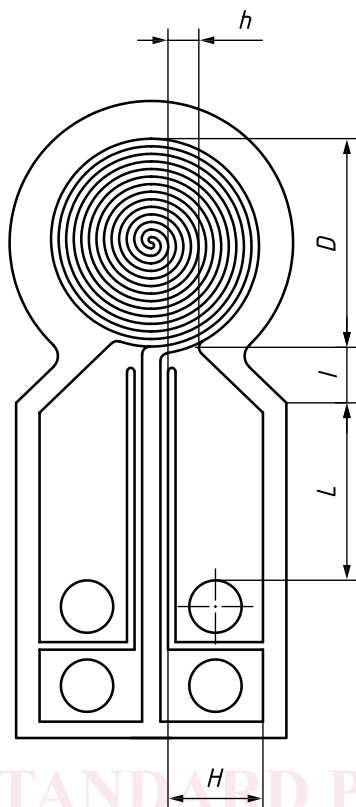


Légende

- | | | | |
|---|-----------------------|---|-------------------|
| 1 | éprouvette avec sonde | 5 | circuit en pont |
| 2 | enceinte | 6 | voltmètre |
| 3 | pompe à vide | 7 | source de tension |
| 4 | thermostat | 8 | ordinateur |

Figure 1 — Schéma de montage de base de l'appareil

5.2 Une sonde à disque chaud type est illustrée à la [Figure 2](#). Des sondes appropriées peuvent être conçues avec des diamètres allant de 2 mm à 200 mm en fonction de la taille de l'éprouvette et des propriétés de transmission thermique du matériau à soumettre à l'essai. La sonde est construite comme un ruban métallique bifilaire en spirale gravé de (10 ± 2) μm d'épaisseur et recouvert des deux côtés d'une fine pellicule d'isolation (de 7 μm à 100 μm). Il convient d'utiliser du nickel ou du molybdène pour le ruban métallique élément chauffant/détecteur de chaleur du fait du coefficient de température relativement élevé de la résistivité et de la stabilité électrique sur une large plage de températures de ces matériaux. Il convient d'utiliser du polyimide, du mica, du nitrure d'aluminium ou de l'oxyde d'aluminium pour les pellicules d'isolation en fonction de la température d'utilisation maximale. Les bras de la spirale bifilaire constituant une sonde essentiellement circulaire doivent avoir une largeur de $(0,20 \pm 0,03)$ mm pour les sondes de diamètre total inférieur ou égal à 15 mm et une largeur de $(0,35 \pm 0,05)$ mm pour les sondes de plus grand diamètre. La distance entre les extrémités des bras doit être la même que la largeur des bras.



Légende

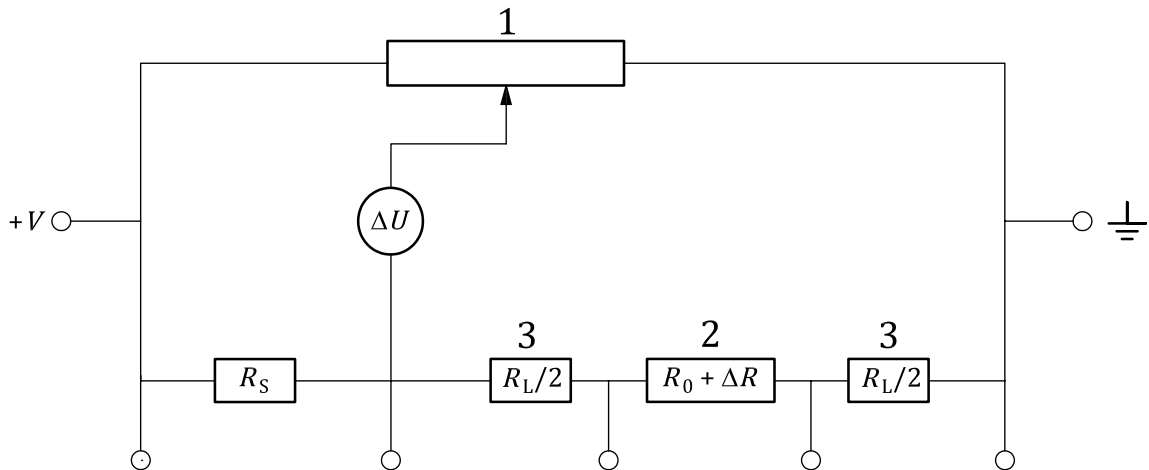
D diamètre du détecteur

H, h, L, l dimensions du détecteur

Les distances indiquées sur cette figure doivent être mesurées dans une unité de longueur quelconque mais la même, lorsqu'elles sont utilisées pour calculer la perte de chaleur au travers des conducteurs électriques selon le paragraphe 8.5.2.

Figure 2 — Sonde à disque chaud avec élément chauffant/détecteur en forme de spirale bifilaire

5.3 Un pont électrique doit être utilisé pour enregistrer l'augmentation transitoire de la résistance de la sonde. Au moyen du pont, qui est initialement équilibré, l'augmentation de résistance de la sonde doit être suivie par l'enregistrement du déséquilibre du pont avec un voltmètre sensible (voir Figure 3). Avec cette disposition, la sonde est placée en série avec une résistance, qui doit être conçue de sorte que sa résistance soit maintenue strictement constante sur tout le transitoire. Ces deux composantes sont combinées avec un potentiomètre de précision, dont la résistance doit être environ 100 fois plus grande que la somme des résistances de la sonde et de la résistance série. Le pont doit être relié à une source d'alimentation susceptible de fournir 20 V et un courant allant jusqu'à 1 A. Le voltmètre numérique qui permet d'enregistrer les différences de tension doit avoir une résolution correspondant à 6,5 caractères numériques à un temps d'intégration de 1 cycle de courant porteur. La résistance série, R_S , doit être proche de la résistance initiale de la sonde avec ses conducteurs, $R_0 + R_L$, afin de maintenir la puissance de sortie dans la sonde aussi constante que possible pendant le mesurage.



Légende

1	potentiomètre	R_L	résistance totale des conducteurs de la sonde
2	sonde	R_S	résistance série
3	conducteurs de la sonde	R_0	résistance initiale de la sonde avant l'initiation du chauffage transitoire
		ΔR	augmentation de la résistance de la sonde pendant la phase de chauffage transitoire
		ΔU	tension déséquilibrée créée par l'augmentation de la résistance de la sonde

NOTE Cette disposition expérimentale permet de déterminer les écarts de température par rapport à la ligne droite itérative (voir le traitement des données expérimentales en 8.1) jusqu'à 50 μK ou plus.

Figure 3 — Diagramme d'un pont électrique pour l'enregistrement de l'augmentation de la résistance de la sonde

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso-22007-2-2022-49ac-aebc-2eb99ebd84cc/iso-22007-2-2022>

5.4 Un environnement à température constante contrôlée à $\pm 0,1$ K ou mieux doit être établi pendant la durée d'un mesurage (voir Figure 1). L'enceinte n'a besoin d'être évacuée que dans le cas d'éprouvettes en plaque (voir 6.3).

6 Éprouvettes

6.1 Éprouvettes en masse

6.1.1 Pour les éprouvettes en masse, l'exigence relative à l'épaisseur de l'éprouvette dépend des propriétés thermiques du matériau constitutif de l'éprouvette. L'expression de la profondeur de vérification comprend la diffusivité, qui n'est pas connue avant le mesurage. En d'autres termes, la profondeur de vérification doit être calculée à l'issue d'une expérience initiale. Si, avec cette nouvelle information, la profondeur de vérification est en dehors des limites données en 8.1.3, l'expérience doit être répétée avec une durée de mesure totale adaptée, jusqu'à ce que les conditions requises soient remplies.

La forme de l'éprouvette peut être cylindrique, carrée ou rectangulaire. L'usinage pour obtenir une certaine forme n'est pas nécessaire, tant qu'une surface plane (voir 6.1.4) de chacune des deux moitiés de l'éprouvette fait face au détecteur et que les exigences relatives à la taille du détecteur définies en 8.1.3 sont satisfaites.