Norme internationale ISO 7345

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION•МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ•ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Isolation thermique — Grandeurs physiques et définitions

Thermal insulation — Physical quantities and definitions

Première édition — 1985-05-15

CDU 699.86 : 001.4 **Réf. nº : ISO 7345-1985 (F)**

Descripteurs : isolation thermique, indice physique, définition, symbole, unité de mesure.

Prix basé sur 6 pages

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 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.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 7345 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 163, *Isolation thermique*.

Sommaire

Isolation thermique — Grandeurs physiques et définitions

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale définit les grandeurs physiques utilisées dans le domaine de l'isolation thermique, et donne les unités et symboles correspondants.

NOTE — Étant donné que l'objet de la présente Norme internationale est limité à l'isolation thermique, certaines définitions données au chapitre 2 diffèrent de celles données dans l'ISO 31/4, *Grandeurs et unités de chaleur*. Pour identifier de telles différences, un astérisque a été inséré avant le terme concerné.

2 Grandeurs physiques et définitions

	Symbole de la grandeur	Symbole de l'unité
2.1 chaleur; quantité de chaleur	Q	J
2.2 flux thermique: Quantité de chaleur transmise à (ou fournie par) un système divisée par le temps: $\Phi = \frac{dQ}{dt}$	Φ	W
2.3 densité de flux thermique: Flux thermique divisé par la surface: $q = \frac{d\Phi}{dA}$ NOTE — Le mot «densité» doit être remplacé par «densité surfacique» s'il y a risque de confusion avec «densité linéique» (2.4).	q	W/m^2
2.4 densité linéique de flux thermique: Flux thermique divisé par la longueur: $q_l = \frac{d\Phi}{dl}$	q_l	W/m
2.5 conductivité thermique: Quantité définie par la relation suivante: $\vec{q} = -\lambda \operatorname{grad} T$ NOTE — Un traitement rigoureux du concept de conductivité thermique est donné dans l'annexe qui traite aussi de la façon d'utiliser la notion de conductivité thermique pour des matériaux poreux isotropes ou anisotropes, ainsi que de l'influence de la température et des conditions d'essai.	λ	W/(m·K)
2.6 résistivité thermique: Quantité thermique définie par la relation suivante: $\operatorname{grad} T = -r\vec{q}$ NOTE — Un traitement rigoureux du concept de résistivité thermique est donné dans l'annexe.	r	(m·K)/W

	Symbole de la grandeur	Symbole de l'unité
2.7 *résistance thermique: [1] Quotient de la différence de température par la densité de flux thermique en régime stationnaire: $$R = \frac{T_1 - T_2}{q}$$ NOTES 1 Pour une couche plane à laquelle le concept de conductivité thermique peut s'appliquer, et lorsque cette propriété est constante en fonction de la température ou varie linéairement avec elle (voir l'annexe): $$R = \frac{d}{\lambda}$$ où d est l'épaisseur de la couche. Ceci suppose la définition de deux températures de référence, T_1 et T_2, ainsi que de la surface à travers laquelle la densité de flux thermique est uniforme. La résistance thermique peut être associée soit à un matériau, soit à une structure ou à une surface. Si T_1 ou T_2 n'est pas la température d'une surface solide, mais celle d'un fluide, on doit définir dans chaque cas particulier une température de référence (qui tient compte de la convection naturelle ou forcée et du rayonnement des surfaces environnantes, etc.). Quand on donne les valeurs de résistance thermique, T_1 et T_2 doivent être indiquées. 2 Le terme «résistance thermique» doit être remplacé par «résistance thermique surfacique» s'il y a risque de confusion avec «résistance thermique linéique» (2.8).	R	$(m^2 \cdot K)/W$
2.8 *résistance thermique linéique: [2] Quotient de la différence de température par la densité linéique du flux thermique en régime stationnaire: $$R_l = \frac{T_1 - T_2}{q_l}$$ NOTE — Ceci suppose la définition de deux températures de référence, T_1 et T_2, ainsi que de la longueur sur laquelle la densité linéique du flux thermique est uniforme. Si, dans le système, T_1 et T_2 n'est pas la température d'une surface solide mais celle d'un fluide, on doit définir une température de référence dans chaque cas particulier (qui tient compte de la convection naturelle ou forcée et du rayonnement des surfaces environnantes, etc.). Quand on donne les valeurs de résistance thermique linéique, T_1 et T_2 doivent être indiquées.	R_l	$(m \cdot K)/W$
2.9 coefficient de transfert thermique surfacique: Quotient de la densité du flux thermique au niveau d'une surface, en régime stationnaire, par la différence de température entre cette surface et l'environnement: $$h = \frac{q}{T_s - T_a}$$ NOTE — Ceci implique la définition de la surface par laquelle la chaleur est transmise, de la température, T_s, de cette surface, et de la température ambiante, T_a (qui tient compte de la convection naturelle ou forcée et du rayonnement des surfaces environnantes, etc.).	h	$W/(m^2 \cdot K)$
2.10 conductance thermique: Inverse de la résistance thermique de surface à surface dans des conditions de densité de flux thermique uniforme: $$\Lambda = \frac{1}{R}$$ NOTE — Le terme «conductance thermique» doit être remplacé par «conductance thermique surfacique» s'il y a risque de confusion avec «conductance thermique linéique» (2.11).	Λ	$W/(m^2 \cdot K)$

1) Dans l'ISO 31/4, cette quantité est désignée comme «coefficient d'isolation thermique», avec le symbole M.

2) Voir note de bas de page relative au 2.7.

	Symbole de la grandeur	Symbole de l'unité
2.11 conductance thermique linéique: Inverse de la résistance thermique linéique de surface à surface dans des conditions de densité linéique de flux thermique uniforme: $\Lambda_l = \frac{1}{R_l}$	Λ_l	W/(m·K)
2.12 coefficient de transmission thermique: Quotient du flux thermique par unité de surface, en régime stationnaire, par la différence de température entre les milieux situés de part et d'autre d'un système: $U = \frac{\Phi}{(T_1 - T_2)A}$	U	W/(m²·K)
NOTES 1 Ceci suppose la définition du système, des deux températures de référence, T_1 et T_2, et des autres conditions aux limites. 2 Le terme «coefficient de transmission thermique» doit être remplacé par «coefficient surfacique de transmission thermique» s'il y a risque de confusion avec «coefficient linéique de transmission thermique» (2.13). 3 L'inverse du coefficient de transmission thermique est la résistance thermique totale entre les milieux situés de part et d'autre du système.		
2.13 coefficient linéique de transmission thermique: Quotient du flux thermique par unité de longueur, en régime stationnaire, par la différence de température entre les milieux situés de part et d'autre d'un système: $U_l = \frac{\Phi}{(T_1 - T_2)\,l}$	U_l	W/(m·K)
NOTES 1 Ceci suppose la définition du système, des deux températures de référence, T_1 et T_2, et des autres conditions aux limites. 2 L'inverse du coefficient linéique de transmission thermique est la résistance thermique linéique totale entre les milieux situés de part et d'autre du système.		
2.14 capacité thermique: Quantité définie par l'équation $C = \frac{dQ}{dT}$	C	J/K
NOTE — Lorsque la température d'un système augmente de dT comme résultat de l'addition d'une petite quantité de chaleur dQ, la quantité dQ/dT représente la capacité thermique.		
2.15 capacité thermique massique: Capacité thermique divisée par la masse.	c	J/(kg·K)
2.15.1 capacité thermique massique à pression constante	c_p	J/(kg·K)
2.15.2 capacité thermique massique à volume constant	c_V	J/(kg·K)
2.16 *diffusivité thermique: La conductivité thermique divisée par la masse volumique et la capacité thermique massique: $a = \frac{\lambda}{\varrho c}$	a	m²/s
NOTES 1 Pour les fluides, la capacité thermique massique à prendre en considération est c_p. 2 La définition implique que le milieu est homogène et opaque.		

	Symbole de la grandeur	Symbole de l'unité
3 La diffusivité thermique concerne le régime non stationnaire et peut être mesurée directement ou calculée à partir de la formule ci-dessus, en utilisant les valeurs mesurées séparément pour chacune des grandeurs. 4 Entre autres, la diffusivité thermique rend compte de la variation de température provoquée en un point à l'intérieur d'un matériau par une variation de température à la surface. Plus la diffusivité thermique d'un matériau est grande et plus la température à l'intérieur du matériau sera sensible aux changements de la température de surface.		
2.17 effusivité thermique: La racine carrée du produit de la conductivité thermique, de la masse volumique et de la capacité thermique massique: $b = \sqrt{\lambda \varrho c}$ NOTES 1 Pour les fluides, la capacité thermique massique est c_p. 2 Cette propriété concerne le régime non stationnaire. Elle peut être mesurée ou calculée à partir de la formule ci-dessus, en utilisant les valeurs mesurées séparément pour chacune des grandeurs. Entre autres, l'effusivité thermique rend compte de la variation de température de surface provoquée par une variation de la densité du flux thermique en surface. Plus l'effusivité thermique d'un matériau est faible et plus la température de surface sera sensible aux changements de densité de flux de chaleur en surface.	b	$J/(m^2 \cdot K \cdot s^{1/2})$
3 Symboles et unités pour les autres grandeurs		
3.1 température thermodynamique	T	K
3.2 température Celsius	θ	°C
3.3 épaisseur	d	m
3.4 longueur	l	m
3.5 largeur	b	m
3.6 aire	A	m^2
3.7 volume	V	m^3
3.8 diamètre	D	m
3.9 temps	t	s
3.10 masse	m	kg
3.11 masse volumique	ϱ	kg/m^3

4 Indices

Pour éviter toute ambiguité, il sera souvent nécessaire d'utiliser des indices ou d'autres signes d'identification. Dans ces cas, leur signification devra être explicitée.

Toutefois, les indices suivants sont recommandés.

intérieur	i
extérieur	e
superficiel	s
superficiel intérieur	si
superficiel extérieur	se
conduction	cd
convection	cv
rayonnement	r
contact	c
espace gazeux (d'air)	g
ambiant	a

Annexe

Concept de conductivité thermique

A.0 Introduction

Pour faciliter la compréhension de l'applicabilité du concept de conductivité thermique, la présente annexe donne une démarche mathématique plus rigoureuse.

A.1 Gradient thermique en un point P, grad T

C'est un vecteur porté par la normale, n, à la surface isotherme passant par P. Sa valeur algébrique est la dérivée de la température T par rapport à la distance à P comptée le long de cette normale, n, dont le vecteur unitaire est $\vec{e}_n$. Par définition

$$\operatorname{grad} T \cdot \vec{e}_n = \frac{\partial T}{\partial n} \qquad \ldots (1)$$

A.2 Densité (surfacique) de flux thermique, q, en un point P (d'une surface par laquelle la chaleur est transmise)

Elle est définie comme

$$q = \left(\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}A}\right)_{\mathrm{P}} \qquad \ldots (2)$$

Quand on considère la chaleur échangée par conduction, en chaque point du corps où il y a effectivement de la conduction, la quantité q dépend de l'orientation de la surface (c'est-à-dire de l'orientation de la normale en P à la surface d'aire A), et il est possible de trouver une direction, n, normale à une surface d'aire A_n contenant P pour laquelle la valeur de q est maximale et sera définie par le vecteur $\vec{q}$:

$$\vec{q} = \left(\frac{\partial \Phi}{\partial A_n}\right)_{\mathrm{P}} \vec{e}_n \qquad \ldots (3)$$

Pour n'importe quelle autre surface d'aire A_s contenant P, la densité (surfacique) de flux thermique, q, est la composante de $\vec{q}$ selon la direction s de la normale à cette surface, en P.

A.3 Résistivité thermique, r, en un point P

C'est la quantité qui permet de calculer par la loi de Fourier le vecteur grad T au point P, à partir du vecteur $\vec{q}$ au point P. La situation la plus simple (matériaux thermiquement isotropes) est celle où grad T et $\vec{q}$ sont parallèles et opposés, ce qui permet de définir r en chaque point comme la constante de proportionnalité reliant les vecteurs grad T et $\vec{q}$:

$$\operatorname{grad} T = -r\vec{q} \qquad \ldots (4)$$

Dans ce cas, r est également l'opposé du rapport, au même point, des composantes de grad T et de $\vec{q}$ selon une direction quelconque s et il ne dépend pas de la direction s choisie.

Dans le cas général (matériaux thermiquement isotropes ou anisotropes), chacune des trois composantes qui définissent grad T est une combinaison linéaire des composantes du vecteur $\vec{q}$. La résistivité thermique est donc définie par le tenseur $[\vec{\vec{r}}]$ des neuf coefficients de cette combinaison linéaire et par l'intermédiaire de la relation formelle suivante:

$$\operatorname{grad} T = -[\vec{\vec{r}}] \cdot \vec{q} \qquad \ldots (5)$$

Si la résistivité thermique r ou $[\vec{\vec{r}}]$ est constante par rapport aux coordonnées et au temps, elle peut être considérée comme une propriété thermique à une température donnée.

A.4 Conductivité thermique, λ, en un point P

C'est la quantité qui permet le calcul du vecteur $\vec{q}$ au point P à partir du vecteur grad T en P, c'est-à-dire que le résultat de sa multiplication par la résistivité thermique est égal à un ou au tenseur-unité. Si $\vec{q}$ et grad T sont parallèles et opposés, on aura

$$\vec{q} = -\lambda \operatorname{grad} T$$

$$\lambda r = 1 \qquad \ldots (6)$$

Comme la résistivité thermique, la conductivité thermique est dans le cas le plus général un tenseur $[\vec{\vec{\lambda}}]$ des neuf coefficients de la combinaison linéaire des composants de grad T qui définissent chaque composante de $\vec{q}$ par l'intermédiaire de la relation formelle suivante:

$$\vec{q} = -\vec{\vec{\lambda}} \operatorname{grad} T \qquad \ldots (7)$$

Il est évident que $[\vec{\vec{\lambda}}]$ peut être obtenu en inversant $[\vec{\vec{r}}]$ et réciproquement. Si la conductivité thermique λ ou $[\vec{\vec{\lambda}}]$ est constante par rapport aux coordonnées et au temps, elle peut être considérée comme une propriété thermique à une température donnée.

La conductivité thermique peut être fonction de la température et de la direction (matériau anisotrope); il est, par conséquent, nécessaire de connaître la relation qui la relie à ces paramètres.

Considérons un corps d'épaisseur d, limité par deux faces planes parallèles et isothermes de température T_1 et T_2, chacune d'entre elles ayant une aire A. Les côtés latéraux limitant les faces principales du corps sont supposés adiabatiques et perpendiculaires à ces faces. Supposons que le matériau constituant ce corps est stable, homogène et isotrope (ou anisotrope avec un axe de symétrie perpendiculaire aux faces principales). Dans ces conditions sont applicables les relations suivantes, dérivées de la loi de Fourier en régime stationnaire si la conductivité thermique λ ou $[\vec{\vec{\lambda}}]$ ou la résistivité thermique r ou $[\vec{\vec{r}}]$ sont indépendantes de la température:

$$\lambda = \frac{1}{r} = \frac{\Phi d}{A(T_1 - T_2)} = \frac{d}{R} \qquad \ldots (8)$$

$$R = \frac{A(T_1 - T_2)}{\Phi} = \frac{d}{\lambda} = rd \qquad \ldots (9)$$

Si toutes les conditions ci-dessus sont réalisées à ceci près que λ ou $[\vec{\lambda}]$ est fonction linéaire de la température, les relations précédentes s'appliquent encore si on calcule λ à la température moyenne $T_m = (T_1 + T_2)/2$.

D'une façon similaire, si un corps de longueur l est limité par deux surfaces isothermes cylindriques coaxiales de températures T_1 et T_2 et de diamètres respectifs D_i et D_e, et si les extrémités du corps sont des surfaces planes adiabatiques perpendiculaires aux cylindres, les relations suivantes dérivées de la loi de Fourier en régime stationnaire s'appliquent si la conductivité thermique λ ou la résistivité thermique r sont indépendantes de la température:

$$\lambda = \frac{1}{r} = \frac{\Phi \ln \dfrac{D_e}{D_i}}{2\pi l (T_1 - T_2)} = \frac{\dfrac{D}{2} \ln \dfrac{D_e}{D_i}}{R} \qquad \ldots (10)$$

$$R = \frac{(T_1 - T_2)\pi l D}{\Phi} = \frac{1}{\lambda}\frac{D}{2} \ln \frac{D_e}{D_i} = r \frac{D}{2} \ln \frac{D_e}{D_i} \ldots (11)$$

où D peut être soit le diamètre extérieur, soit le diamètre intérieur ou tout autre diamètre bien défini.

Si toutes les conditions ci-dessus sont réalisées, excepté le fait que λ est une fonction linéaire de la température, les relations précédentes s'appliquent encore si la conductivité thermique est calculée à la température moyenne $T_m = (T_1 + T_2)/2$.

Avec les limitations mentionnées ci-dessus, les formules (8) et (10) sont normalement utilisées pour calculer la conductivité thermique d'un milieu homogène et opaque à la température moyenne T_m.

Souvent les mêmes formules (8) et (10) sont utilisées pour calculer une propriété thermique des milieux poreux, pour lesquels les transferts de chaleur sont plus complexe et peuvent se faire selon trois modes: rayonnement, conduction et parfois convection. La propriété thermique mesurée qui prend en compte tous ces transferts peut encore être désignée sous le nom de conductivité thermique (quelquefois appelée conductivité thermique apparente, équivalente ou effective) si, pour un milieu homogène en porosité, elle est essentiellement indépendante des dimensions géométriques de l'éprouvette, des propriétés émissives des surfaces qui limitent l'éprouvette et de la différence de température $(T_1 - T_2)$.

Lorsque ces conditions ne sont pas remplies, la résistance thermique surfacique doit être utilisée pour caractériser une éprouvette de géométrie donnée soumise à une différence donnée de température $(T_1 - T_2)$ et dans des conditions données pour les émittances des surfaces qui la bornent.