

Le materie plastiche quali isolanti termici

Delineate le caratteristiche strutturali generali degli isolanti termici si forniscono dati sulla conduttività termica delle materie plastiche artificiali e si accenna brevemente ai metodi di misura di tale conduttività, particolarmente nel caso di piccoli campioni.

1. - Gli isolanti termici naturali sono classificabili in due grandi categorie: quelli che presentano una struttura cellulare, a piccole cavità separate e indipendenti, come il sughero; e quelli fibrosi, composti da agglomerati di fibre vegetali o animali.

In entrambi i casi, ma particolarmente nel secondo, con l'alleggerimento del complesso e quindi con l'allontanamento degli elementi strutturali, prendono vigore correnti convettive interne che peggiorano la coibenza, per cui si manifestano zone di ottimo corrispondenti a particolari valori della densità apparente¹.

In ogni caso si tende a valori minimi che sono quelli stessi che corrispondono alla pura conduzione dell'atmosfera gassosa che avvolge o permea l'isolante, valori quindi che non si possono sorpassare se non mutando tale atmosfera con gas meno conduttori, o rarefacendola grandemente, come usa attualmente per isolanti leggerissimi disposti nelle intercapedini di grossi vasi Dewar per uso industriale.

2. - Con le materie plastiche artificiali, si è cercato per lo più di ottenere strutture cellulari, più o meno alleggerite, quali coibenti. Per sè, allo stato compatto, tali materie, aventi d'ordinario densità maggiori di 1, sono mediocri conduttori del calore, come mostra la tabella seguente:

Materiale	Densità media nello stato compatto	Calore specifico watt/kg. °C	Coefficiente di conduzione termica nello stato compatto * watt/m. °C
Cloruro di polivinile	1,7	0,27	0,07
Polistirene	1,06	0,27	0,06
Cellulosa fenolica	1,3 ÷ 1,5	0,30 ÷ 0,34	0,12 ÷ 0,27
Metacrilato di polimetile	1,18	0,30	0,15
Acetato di cellulosa	1,3	0,30	0,19
Etilcellulosa	1,08 ÷ 1,18	0,27 ÷ 0,40	0,12 ÷ 0,19

¹ Si vedano i rilievi da me fatti sugli agglomerati di fibre di vetro (*L'Industria*, 1939, n. 6) e di amianto (*Il Calore*, 1946, n. 2).

* Per avere i dati espressi in kcal./m.h. °C si divida per 0,86.

Alcuni di questi materiali, come l'acetato di cellulosa, fondono al crescere della temperatura, ma non bruciano; altri, come il polistirene bruciano molto lentamente.

Con alcune di queste sostanze, prodotte allo stato poroso, o ridotte in sottili lastre corrugate e sovrapposte, si producono dei buoni isolanti termici.

Ad esempio il polistirene poroso, ridotto ad una densità apparente di 45 kg/m³ ha una conduttività termica intorno a 0,035 w/m. °C; press'a poco lo stesso valore si raggiunge con pacchi di lastre corrugate di acetato di cellulosa, aventi una densità apparente, dedotta dalle dimensioni esterne, di soli 15 kg/m³.

Naturalmente si tratta in questi casi di materiali di riempimento, che presentano scarsa resistenza meccanica.

Si può dire che in questo campo le applicazioni, pur numerose, sono appena agli inizi, ed è facilmente prevedibile una loro larghissima diffusione.

3. - Dei metodi di misura a regime permanente sono utilizzabili quello della lastra piana circolare, o quadrata, in cui l'anello di guardia può essere sostituito da disposizioni coibenti, e quello della sbarra se sono ottenibili campioni di forma abbastanza allungata.

Quanto al primo metodo, raggiunto stabilmente l'equilibrio di temperatura fra la lastra e l'anello che la circonda, il coefficiente di conduzione potrà essere ricavato dalla nota relazione:

$$K = q \cdot e / (S \cdot \Delta t) \quad (1)$$

in cui:

q è la quantità di calore che passa all'ora, e è lo spessore, S l'area della sua superficie, Δt la differenza di temperatura fra la faccia calda e la faccia fredda, misurata ordinariamente mediante giunti termoelettrici.

Quanto al secondo metodo, poichè difficilmente data la piccola lunghezza delle sbarre si può ammettere che la temperatura della estremità libera sia abbastanza prossima alla temperatura ambiente, occorrerà ricorrere alla formula generale:

$$\theta = M e^{-mx} + N e^{mx} \quad (2)$$

in cui:

θ è la differenza locale di temperatura rispetto all'ambiente alla distanza x dalla sezione iniziale, M ed N sono costanti di integrazione dipendenti dalle condizioni ai limiti, ed:

$$m = \sqrt{hp / (kA)} \quad (3)$$

è funzione del coefficiente h di emissione del calore essendo p ed A rispettivamente il perimetro e l'area della sezione retta del campione. — Per evitare la incertezza nel valore di h è opportuno che la determinazione sia fatta per confronto con un campione di conduttività nota, le cui condizioni superficiali siano uguali a quelle del campione in esame.

In tal caso dette θ_0 , θ_1 , θ_2 differenze locali di temperatura rispetto all'ambiente in tre sezioni del campione e posto:

$$n = (\theta_0 + \theta_2) / (2 \theta_1) \quad (4)$$

si ha semplicemente, indicando con l'indice e le grandezze relative al campione di riferimento che corrispondono ad uguali distanze dalla sezione iniziale:

$$k = k_0 \frac{10 \xi (n^2 + \sqrt{n^2 - 1})}{10 \xi (n + \sqrt{n^2 - 1})} \quad (5)$$

4. - Dei metodi di misura a regime variabile può essere applicato il metodo della sfera o quello recente a dispositivo di contatto del VERNOTTE.

Una sfera del materiale in istudio è posta bruscamente in un termostato a temperatura diversa dall'ambiente nel quale era prima la sfera stessa e si segue l'andamento della temperatura del suo centro, al quale arriva un sottile giunto termoelettrico.

Detti: θ la differenza, al tempo τ , fra la temperatura al centro e la temperatura del termostato; θ_0 la stessa differenza all'istante iniziale, α la diffusività termica (pari al rapporto della conduttività al calore specifico dell'unità di volume), r il raggio della sfera, l'andamento della temperatura centrale dopo un tempo sufficiente (e cioè per $\theta/\theta_0 < 0,7$) soddisfa con discreta approssimazione alla relazione:

$$\log_{10} (\theta/\theta_0) = 0,31 - (4,13 \alpha \tau) / r^2 \quad (6)$$

dalla quale, calcolato il parametro adimensionale $\alpha \tau / r^2$, si ricaverà α e quindi k . A formule analoghe

si giunge con campioni di forma pure semplice, quali il cubo e il cilindro a sezione circolare.

Il metodo del Vernotte (che non risulta però finora praticamente applicato) consiste nel seguire il raffreddamento nel tempo di un cilindretto metallico riscaldato la cui base è premuta contro il materiale di cui si vuol determinare la conduttività e che per il resto è ben isolato rispetto all'ambiente.

Detti: t_0 , la temperatura iniziale del cilindretto, t quella al tempo τ , C la capacità termica del cilindretto stesso riferita all'unità dell'area di contatto, c e p rispettivamente il calore specifico e la massa specifica del materiale in istudio, dalla teoria del fenomeno si ha:

$$t = t_0 + \frac{C}{\sqrt{\pi k c p}} \frac{t_0}{\sqrt{\tau}} + \frac{C^2}{k c p} \left(\frac{dt}{d\tau} \right) \quad (7)$$

Si può evitare l'integrazione della (7) ricavando dal grafico (t, τ) il valore di $(dt/d\tau)$ al tempo τ . — Del resto la soluzione della (7) è:

$$t = t_0 \left[1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-\frac{k c p}{\alpha^2} \tau} \int_0^{\frac{\alpha r}{\sqrt{k c p}} \frac{dt}{d\tau}} \frac{e^{-u^2}}{\sqrt{k c p / C^2}} du \right] \quad (8)$$

in cui compare il noto integrale di GAUSS.

Cesare Codegone

Criteri di impostazione progettuale degli impianti per riscaldamento d'ambientazione

Contributo agli studi per la redazione delle norme C.T.I. per gli impianti di riscaldamento. La presente relazione è stata promossa dalla apposita S. Commissione costituita presso la Sezione Piemontese ATI e così composta: Ing. G. Biddau, Ing. G. Boido, Ing. L. De Giacomi, Prof. C. Codegone, Ing. V. Laudi, Comm. G. Sartorio, Ing. A. Vaccaneo (relatore).

Si classificano gli impianti termodistributori con aerazione naturale ed artificiale, gli impianti termogeneratori locali e centrali. Si precisano le caratteristiche funzionali di esercizio per gli impianti termodistributori (centrali) e quelli termogeneratori (locali e centrali). Si parla della regolazione degli impianti e si forniscono comparazioni di costi di installazioni ed esercizio. Si danno direttive sulla impostazione progettuale.

PREMESSE

Il riscaldamento d'ambientazione può, come qualsiasi altro problema tecnico, trovare in ogni caso determinato più soluzioni risolutive.

Per la più opportuna scelta fra le diverse soluzioni « tipo » adottabili in pratica, occorre avere presente un quadro il più completo possibile delle corrispondenti caratteristiche funzionali (di esercizio) ed economiche (costo di installazione e di esercizio). In base al quale la scelta dovrà essere effettuata fra i « tipi » di impianto che rispondono soddisfacentemente a tutte le inderogabili esigenze funzionali richieste, preferendo quello che realizza parallelamente anche il minimo costo di installazione e di esercizio cioè « di gestione ». Ovvero quello cui corrisponde anche un costo di gestione che sia comunque contenuto entro termini economici accettabili o prefissati da chi (od in accordo con chi) ha la responsabilità economica dell'impianto sia dal lato esecutivo che dell'esercizio.

È evidente che il succitato « Quadro » delle caratteristiche tecniche-economiche di ogni tipo d'impianto non può avere valore assoluto bensì solo comparativo, e che inoltre in casi particolari può essere suscettibile di qualche eccezione anche sotto l'aspetto comparativo.

Con tali riserve, esponiamo il seguente « Quadro Comparativo », che per comodità di impiego abbiamo suddiviso in cinque ripartizioni principali:

- A) classificazione in « tipi » fondamentali degli impianti distributori del calore (=termodistributori) e degli impianti generatori del calore (=termogeneratori);
- B) elencazione e comparazione delle caratteristiche funzionali di esercizio per i differenti « tipi »;
- C) regolazione (manuale ed automatica) del complesso riscaldante, con riferimento agli impianti termodistributore e termogeneratore corrispondentemente adottati;

D) comparazione dei costi di installazione e di esercizio per i differenti « tipi »;

E) direttive di coordinamento e di utilizzazione dei dati B; C; D per la scelta e l'impostazione progettuale.

Quadro comparativo degli impianti per il riscaldamento d'ambientazione.

A) = CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI

Ogni complesso termotecnico che realizza un riscaldamento d'ambientazione (vedi in seguito) può, per comodità di studio e razionalità di progettazione, essere formalmente scisso in due impianti costitutivi aventi ciascuno una specifica funzione. Ad uno è affidata la produzione del fabbisogno di calore sotto specie di fluido termointermediario; all'altro compete il compito di veicolare il suddetto fluido dalla sorgente di calore agli ambienti utenti, facendolo passare