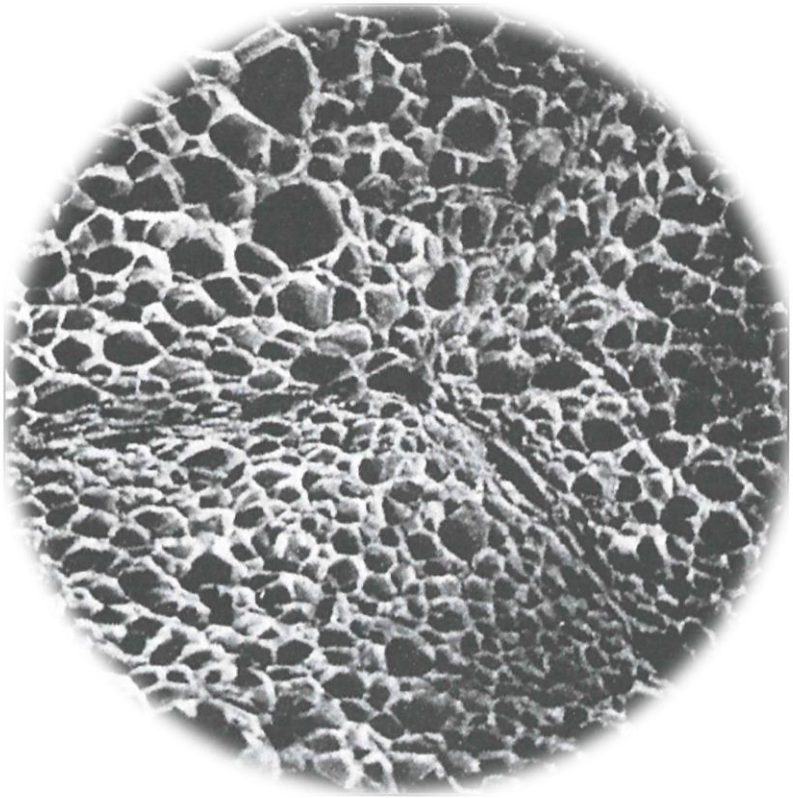
EPS A MIGLIORATA CONDUCIBILITA' TERMICA



VOLUME 19

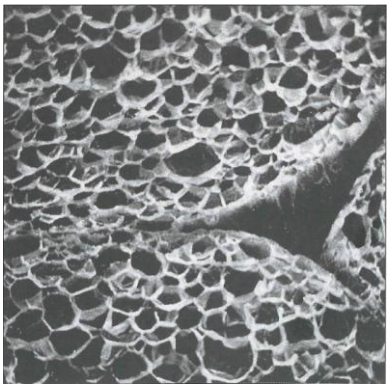
AIPE
Associazione Italiana Polistirene Espanso

Via M. A. Colonna, 46 – 20149 Milano

Tel. + 39 02 33 60 65 29 – Fax + 39 02 33 60 66 04

e-mail: aipe@epsass.it – www.aipe.biz

EPS A MIGLIORATA CONDUCIBILITA' TERMICA



Testi a cura di AIPE – Marco Piana

VOLUME 19

AIPE
Associazione Italiana Polistirene Espanso

Documentazione specifica sull'EPS

può essere ritrovata nel sito dell'Associazione

www.aipe.biz

I dati e i contenuti del quaderno tecnico sono tratti parzialmente dall'attività di ricerca condotta dal Politecnico di Torino su mandato specifico di AIPE

Sommario

1. Premessa 07

2. Trasporto di calore nei materiali plastici cellulari 10

3. Modelli analitici dei materiali plastici cellulari..... 12

4. Verifiche di laboratorio sulle proprietà dei materiali plastici cellulari 14

5. Influenza delle caratteristiche della struttura morfologica sulle proprietà

termofisiche 17

6. Utilizzo di additivi assorbenti e/o scatteranti nell'EPS 24

7. Analisi valori EPS normale e a lambda migliorato 29

8. L'AIPE 30

1.

Premessa

Lo studio del trasporto termico nei materiali isolanti porosi mette in evidenza come questo sia strettamente legato oltre che alla conduzione nella matrice solida e nel gas interstiziale anche all'irraggiamento.

Con l'intento di migliorare le prestazioni isolanti del polistirene espanso è stato inizialmente condotto uno studio teorico sull'influenza della concentrazione e granulometria delle polveri di grafite sulle proprietà termiche del polistirene.

Sulla base di questa analisi sono stati effettuati i primi esperimenti su campioni di EPS (polistirene espanso sinterizzato) ottenuti aggiungendo polveri di grafite alla materia prima durante la fase di produzione della schiuma.

Vengono qui riportati i risultati delle misure eseguite con il metodo della lastra piana i quali evidenziano come la conducibilità termica totale (apparente) del materiale cosi ottenuto decresca al crescere della percentuale in peso di polveri utilizzate.

Nel seguito sono inoltre forniti i valori stimati del coefficienti di scattering e di assorbimento ottenuti attraverso prove di trasmissività e riflettività emisferiche e avvalendosi di una tecnica di analisi inversa.

Le schiume polistireniche espanse vengono prodotte per espansione e successiva sinterizzazione delle perline di polistirene permeate da un agente espandente.

Tra i diversi campi di applicazione delle schiume EPS, grande importanza riveste il loro impiego come isolante termico nel settore dell'edilizia. I pannelli in EPS, utilizzati nel campo dell'isolamento, hanno di solito densità che si aggirano intorno ai 20 Kg/m^3 a cui corrispondono in genere bassi valori della conducibilità termica. Il duplice obiettivo di risparmiare da un lato materia prima e di ridurre dall'altro gli spazi occupati dai pannelli a parità di prestazioni isolanti ha indotto alcuni produttori di EPS a ricercare soluzioni innovative volte a conferire migliori proprietà termiche al materiale.

A tal riguardo, diverse sono le possibilità alternative praticabili, ma nessuna può prescindere dalle caratteristiche chimiche e morfologiche del materiale nonché dai fenomeni fisici coinvolti in questo tipo di applicazioni, Le schiume EPS presentano una caratteristica struttura celle di forma dodecaedrica a facce pentagonali delimitate da pareti aventi spessori dell'ordine di pochi micron.

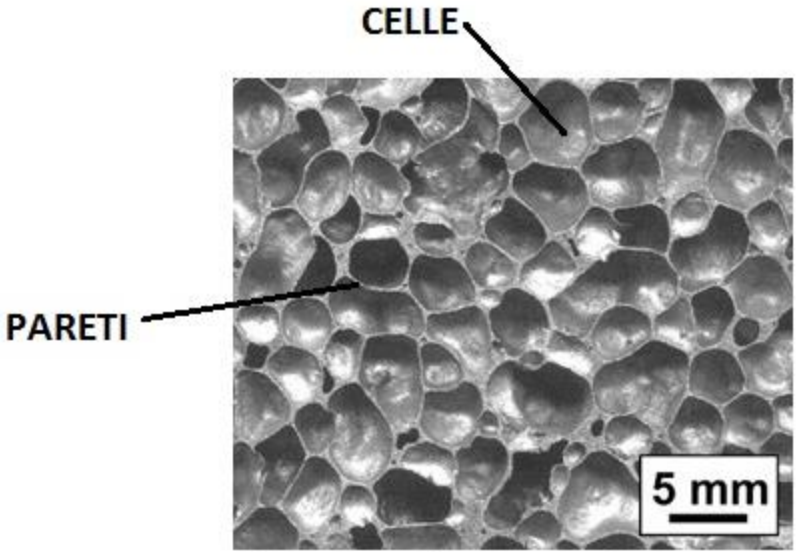


Figura. Tipica struttura a celle chiuse delimitate da pareti delle schiume EPS.

All'interno delle celle è contenuto il gas interstiziale, tipicamente aria. L'elevato grado di porosità del materiale (97-99%) associato alle proprietà chimico-ottiche dei suoi componenti fa si che il trasporto termico nel mezzo avvenga sia per conduzione (attraverso la matrice solida e il gas) che per irraggiamento. La convezione invece risulta del tutto trascurabile date le ridotte dimensioni dei pori.

In generale si dimostra che entrambi i meccanismi di trasporto nelle schiume plastiche cellulari sono fortemente influenzati dalla struttura morfologica del materiale.

In particolare nel caso delle schiume EPS la completa assenza di struts all'intersezione delle pareti la conduzione e l'irraggiamento dipendenti rispettivamente solo dalla porosità e dallo spessore delle pareti, parametro quest'ultimo strettamente correlato al diametro delle celle.

Se si tiene conto altresì che, in schiuma tipo, circa il 25% del calore viene trasferito per irraggiamento, il 70% per conduzione attraverso il gas e il 5% per conduzione nella matrice solida, si capisce allora l'importanza di interventi le prime due componenti del trasporto al fine di migliorare le prestazioni isolanti del materiale.

Una possibile soluzione del problema potrebbe consistere nell'eliminare completamente le componenti del trasporto termico per conduzione attraverso il gas praticando il vuoto spinto all'interno dei pannelli e conservandolo mediante l'applicazione di opportuni rivestimenti.

Oltre all'indubbio vantaggio che questa operazione comporta nella riduzione della conducibilità termica complessiva, bisogna tuttavia far notare le difficoltà di realizzazione del progetto imputabili sia a un eventuale danneggiamento iniziali delle celle chiuse, che modificherebbe la

morfologia originale della schiuma, sia a un positivo deterioramento delle condizioni di vuoto nel tempo.

Un'alternativa al vuoto, anche se meno efficiente, è quella di sostituire all'aria un gas più pesante, avente quindi una conducibilità termica più bassa.

Una tale soluzione per quanto praticabile in sede produttiva presenta però inconvenienti nella successiva messa in opera del materiale, che può manifestare un cattivo comportamento all'invecchiamento.

Difatti in genere i pannelli si trovano ad operare in un ambiente saturo d'aria a pressione atmosferica, si possono innescare fenomeni diffusivi del gas, contenuto nelle celle, verso l'esterno e dell'aria verso l'interno, con un progressivo peggioramento delle capacità isolanti del materiale.

L'utilizzo di opportune barriere superficiali può ritardare l'effetto dell'invecchiamento senza però eliminarlo del tutto.

Come si vede quindi la strada di una riduzione della componente del trasporto per conduzione nel gas, oltre a prospettare esiti incerti, presenta difficoltà tecnologiche non indifferenti, che inevitabilmente si rifletterebbero sui costi finali del prodotto.

Occorre a questo punto notare come viceversa, un intervento mirato sulla componente radiativa risulti, se non proprio di facile intuizione, sicuramente più semplice da realizzare.

Storicamente è proprio in questa direzione che sono stati mossi i primi passi, più o meno consapevolmente, allorché si constatò che variando la densità della schiuma si potevano raggiungere bassi valori della conducibilità termica totale.

Un incremento della quantità di materia a parità di volume, migliora infatti la capacità da parte del materiale di schermare le radiazioni. Quest'operazione tuttavia se da un lato riduce la componente radiativa del trasporto dall'altra accresce la parte di conduzione nella matrice solida, giustificando così il caratteristico andamento della conducibilità termica totale al variare della densità per questo tipo di schiume.

Solo però in tempi relativamente recenti si è compresa l'influenza della struttura morfologica nella schiuma sulla componente radiativa del trasporto.

2.

Trasporto di calore nei materiali plastici cellulari

Lo studio del trasporto termico nei materiali isolanti porosi mette in evidenza come questo sia strettamente legato oltre che alla conduzione nella matrice solida e nel gas interstiziale anche all'irraggiamento. Per trasmissione del calore o scambio termico, si intende il trasferimento di calore tra due sistemi, che è causato da una differenza di temperatura tra i due sistemi in questione. Se durante tale processo non viene prodotto calore, ad esempio attraverso reazioni chimiche, il calore ceduto da un sistema viene acquistato dal secondo sistema, in accordo con la legge di conservazione dell'energia.

La trasmissione del calore può avvenire in tre modi:

- conduzione
- convezione
- irraggiamento.

La conduzione avviene quando si è in presenza di un gradiente di temperatura in un mezzo stazionario, il quale può essere un solido oppure un fluido. Si parla di convezione quando la trasmissione di calore si ha tra una superficie e un fluido in movimento, i quali si trovano a temperature differenti. Lo scambio termico per irraggiamento avviene tra due superfici a differente temperatura, tramite emissione di energia sotto forma di onde elettromagnetiche, l'irraggiamento avviene anche senza la presenza di un mezzo interposto, ovvero con le due superfici in questione separate dal vuoto. La conducibilità termica, o conduttività termica, indicata con λ è il rapporto in condizioni stazionarie fra il flusso di calore cioè la quantità di calore trasferita nell'unità di tempo attraverso l'unità di superficie e il gradiente di temperatura che provoca il passaggio del calore nel caso della conduzione termica, ovvero quando i contributi al trasferimento di calore per convezione e per irraggiamento termico siano trascurabili. In altri termini, la conducibilità termica è una misura dell'attitudine di una sostanza a trasmettere il calore, vale a dire maggiore è il valore di λ, meno isolante è il materiale, essa dipende solo dalla natura del materiale non dalla sua forma.

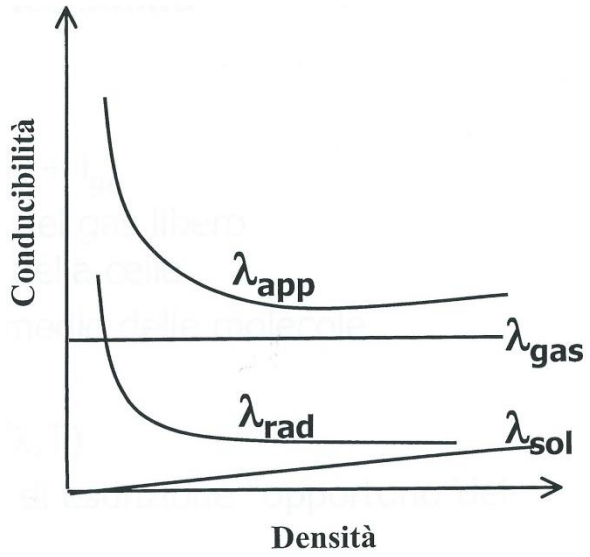
$$\lambda_{app} = \lambda_{sol} + \lambda_{gas} + \lambda_{rad}$$

λ_{sol}: porosità e materiale cella

λ_{gas}: gas e dimensione cella

λ_{rad}: geometria e indice di rifrazione

λ_{app}: conducibilità termica apparente del materiale



Conducibilità alla matrice solida:

$$\lambda sol = A \times \rho$$

A: superficie matrice
P: densità materiale

Conducibilità del gas:

$$\lambda gas = \lambda_{gas,0} \times l_p / (l_p + l_g)$$

$\lambda_{gas,0}$: conducibilità del gas libero

l_p : diametro medio della cella

l_g : libero cammino medio delle molecole

Conducibilità radiativa:

$$\lambda rad = C \times (Tm)^3 / K_R(\lambda, T)$$

K_R: coefficiente di estinzione "opportune" del mezzo
C: coefficiente di riflessione
Tm: temperatura media

3.

Modelli analitici dei materiali plastici cellulari

Che cos'è un modello?

Nel campo della fisica i modelli sono strutture matematiche caratterizzate da equazioni, le quali possono essere di tipo algebrico, differenziale, integrale.

Comunemente si usa distinguere tra:

modelli teorici → fenomeno noto

modelli empirici → fenomeno non noto

Tra l'osservatore e la realtà è sempre interposto un modello.

La scelta del modello condiziona l'interpretazione della realtà fisica.

Con l'obiettivo di valutare le prestazioni di un materiale isolante leggero si possono distinguere:

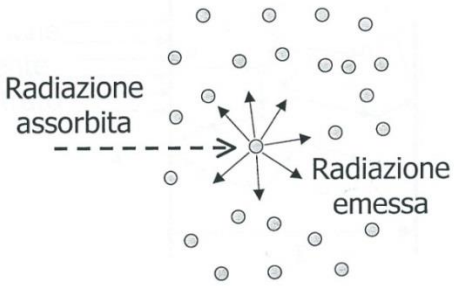
- Modello 1: pura conduzione nel mezzo → conducibilità termica apparente
- Modello 2: radiazione e conduzione nel mezzo → conducibilità termica della matrice solida, coefficiente di estinzione.

Nei materiali costituiti da una matrice solida dispersa, otticamente sottili, la conducibilità termica è una proprietà poco adatta a descrivere il trasporto di energia termica. Il trasporto di calore è dovuto solo in parte alla conduzione nella matrice solida, il maggior contributo riguarda gli scambi radiativi tra gli elementi che la costituiscono, la conduzione e la convezione nel gas interstiziale. Nei materiali otticamente sottili generalmente la ristrettezza degli interstizi rende la convezione trascurabile, si evidenzia il cosiddetto effetto spessore, la conducibilità termica apparente del materiale è una funzione monotona crescente dello spessore, si sostituisce allo spessore fisico L (m) lo spessore ottico τ.

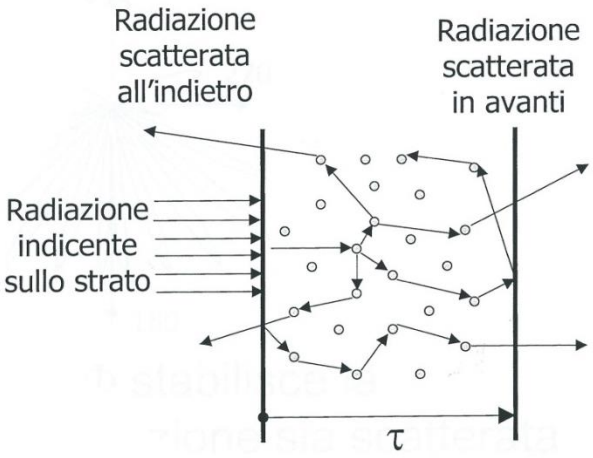
Le proprietà termofisiche da stimare sono:

- Conducibilità termica K (W/m k) della matrice solida;
- Coefficienti di estinzione della radiazione per assorbimento σ_a e scattering σ_s (m^{-1}); ($\beta = \sigma_a + \sigma_s$ è il coefficiente globale di estinzione, mentre $\tau = \beta \cdot L$ è lo spessore ottico)
- Funzione di fase dello scattering ϕ

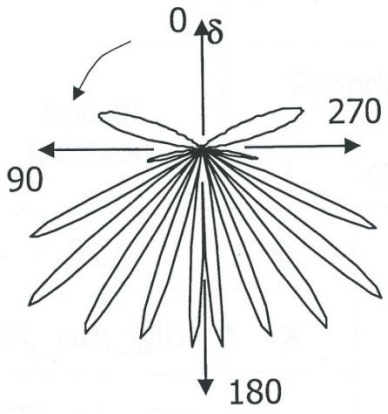
L’assorbimento dipende dalla composizione e dalla struttura chimica delle parti solide che costituiscono la matrice:



Lo scattering dipende da forma e dimensione delle parti solide che costituiscono la matrice. È indice di rifrazione della matrice riferito a quello del mezzo che circoscrive le parti solide.



LA FUNZIONE DI FASE DELLO SCATTERING ϕ stabilisce la probabilità che la radiazione sia scatterata in una determinata direzione.

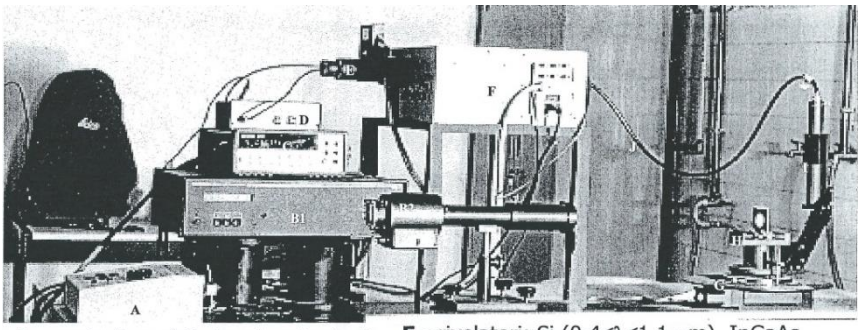


4.

Verifiche di laboratorio sulle proprietà dei materiali plastici cellulari

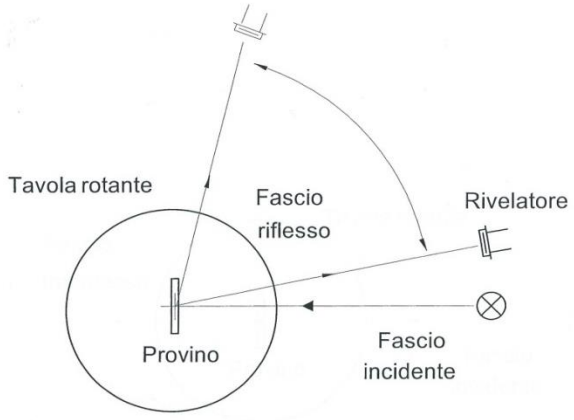
Presso i laboratori di fisica sono state condotte verifiche sperimentali per analizzare il comportamento dell'EPS per validare il modello adottato.

Apparato di misura

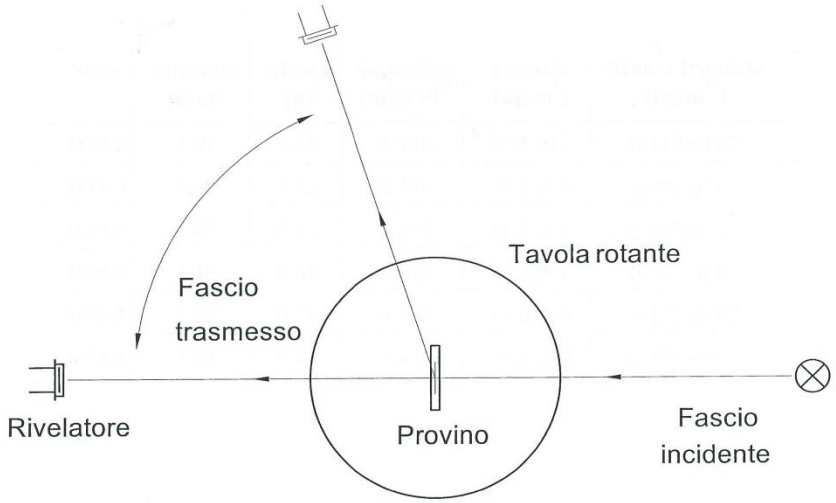


A - controllore della tavola rotante G (risoluzione 10^{-4} rad);
B - illuminatore Labsphere KI-125 (lampada alogena)
C - multimetro HP-34401A;
D - convertitore-amplificatore (max guadagno 10^9 V/A);
E - rivelatori: Si ($0.4 \leq \lambda \leq 1.1$ µm), InGaAs ($1.1 \leq \lambda \leq 1.7$ µm);
F - monocromatore *Oriel-Multispec-257*, reticoli e filtri LP ($0.2 \leq \lambda \leq 20$ µm);
H - porta campione;
I - obiettivo;
J - fibra ottica (quarzo).

Misura del fattore di riflessione direzionale



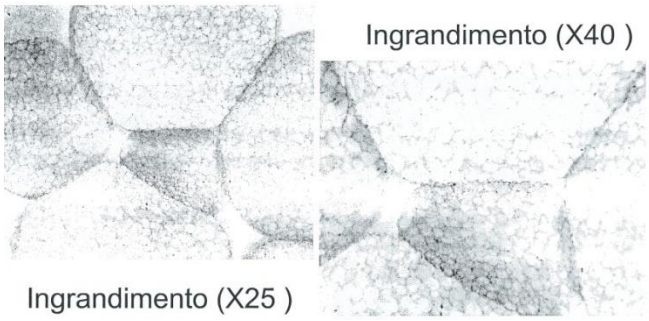
Misura del fattore di trasmissione direzionale



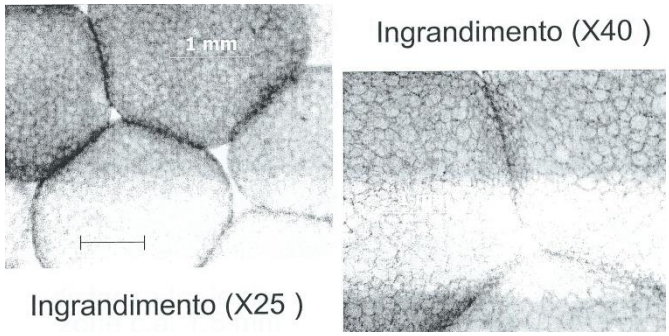
Dati caratteristici dei campioni

Sigla	Spessore mm	Massa g	Superficie $m^2 \times 10^{-3}$	Densità Kg/m^3	Massa frontale Kg/m^2
D25.2	3.01	0.50	4.440	37.4±0.7	0.113±0.02
D25.3	3.66	0.53	5.740	25.2±0.5	0.092±0.02
D30.2	2.87	0.52	5.810	31.2±0.6	0.090±0.02
D30.3	3.39	0.49	4.774	30.3±0.6	0.103±0.02
D35.2	2.98	0.76	6.278	40.6±0.8	0.121±0.02
D35.3	3.58	0.44	3.456	35.6±0.7	0.127±0.02

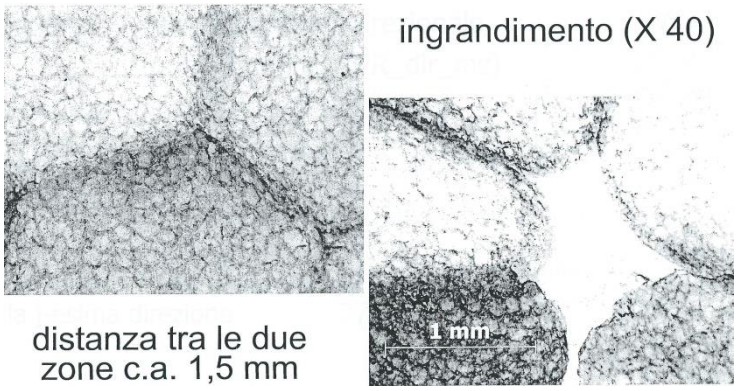
Campione D25.3 (ρ≅ 25 Kg/m^3 ÷ s = 3.66 mm)



Campione D30.3 (ρ≅ 30 Kg/m^3 ÷ s = 3.39 mm)



Campione D25.2 (ρ≅ 37 Kg/m^3 ÷ s = 3.01 mm)



5.

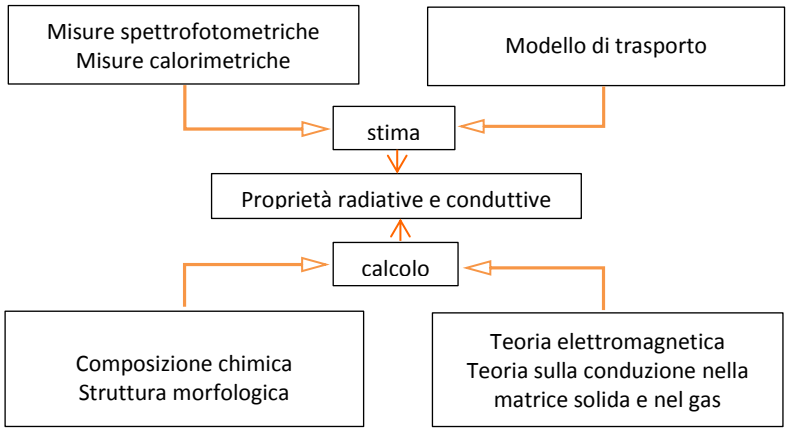
Influenza delle caratteristiche della struttura morfologica sulle proprietà termofisiche

Le caratteristiche della struttura dell'EPS influenza in modo significativo le proprietà termofisiche.

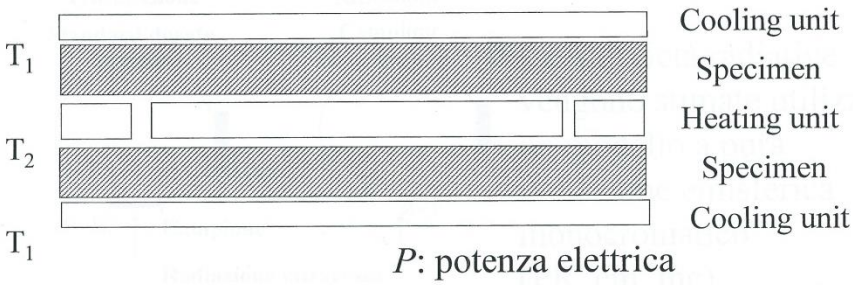
Alcune verifiche devono essere condotte per comprendere i meccanismi di trasmissione del calore:

- Correlare le proprietà termofisiche di una schiuma isolante (EPS) con la sua struttura morfologica;
- Confrontare i dati sperimentali con i risultati teorici;
- Desumere utili indicazioni al fine di migliorare le prestazioni termiche di questi materiali.

Tecniche d'indagine



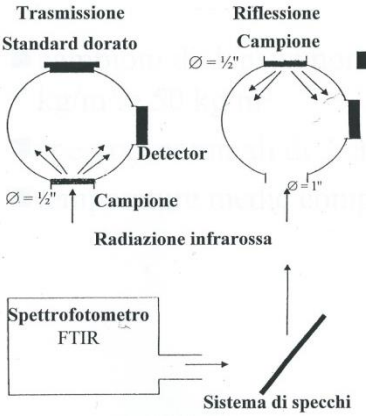
Schema di un dispositivo a piastra calda con anello di guardia



$$\lambda_{app} = \frac{P}{S}\frac{L}{T_2 - T_1}$$

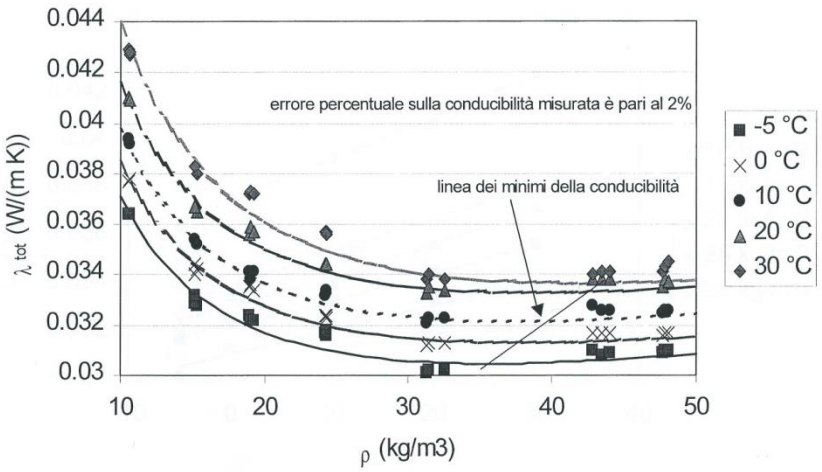
P: potenza elettrica
S: superficie dell'area centrale
L: spessore del campione
T_2: temperatura piastra calda
T_1: temperatura piastra fredda
λ_{app}: conducibilità termica apparente

Schema di uno spettrofoto – metro con sfera integrante

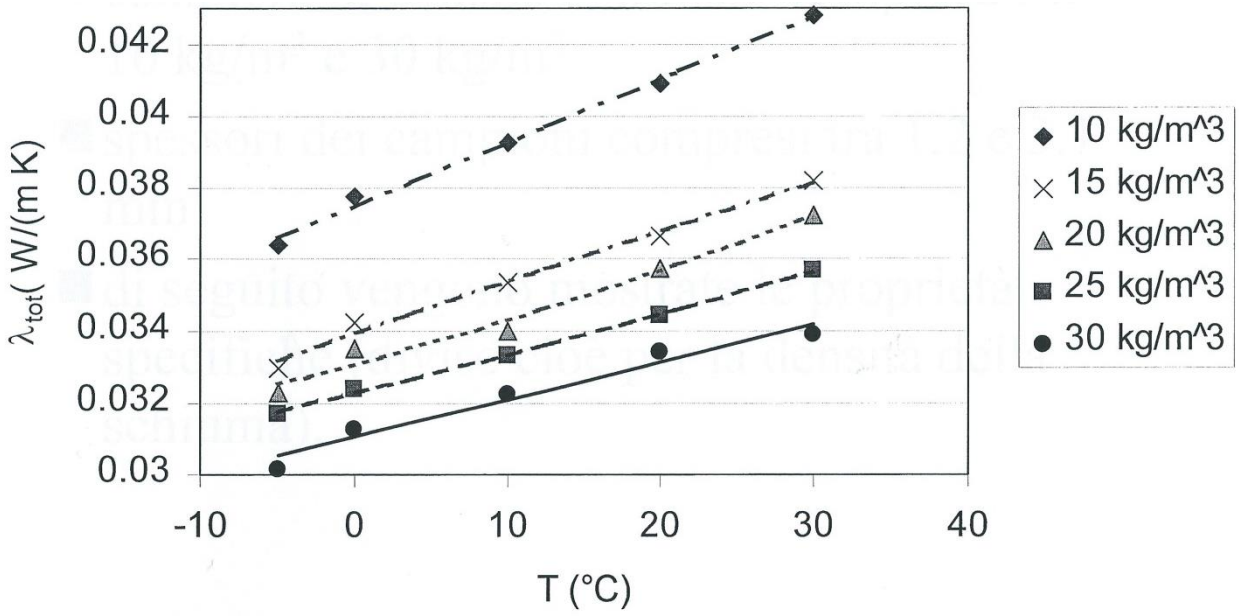


Le proprietà radiative vengono stimate utilizzando un modello a pura radiazione emisferica monocromatico

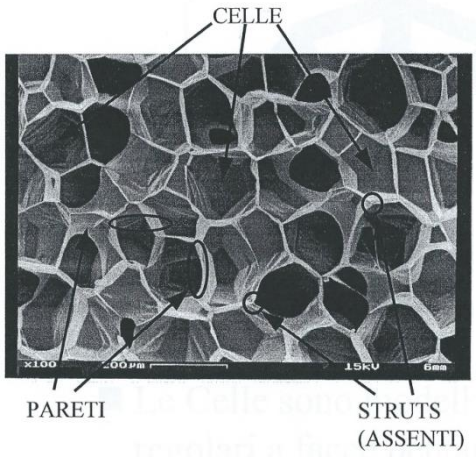
Conducibilità termica apparente al variare della densità



Conducibilità termica apparente al variare della temperatura

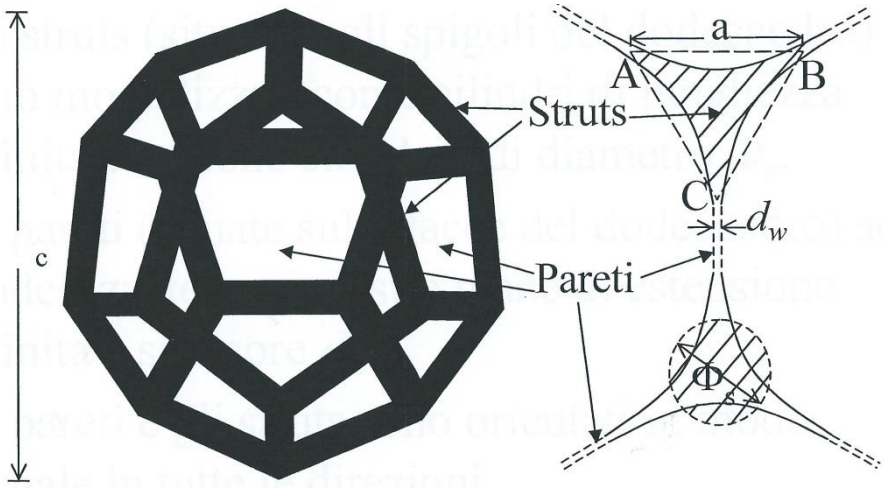


Struttura microscopica dell'EPS



- Elevato grado di porosità ($\delta > 0.96$)
- Struttura cellulare (celle chiuse) ($\phi \approx 50 \div 250$ µm)
- La matrice solida costituita da pareti ($d_w < 1$ µm)
- Gas interstiziale: aria

Rappresentazione schematica di una cella



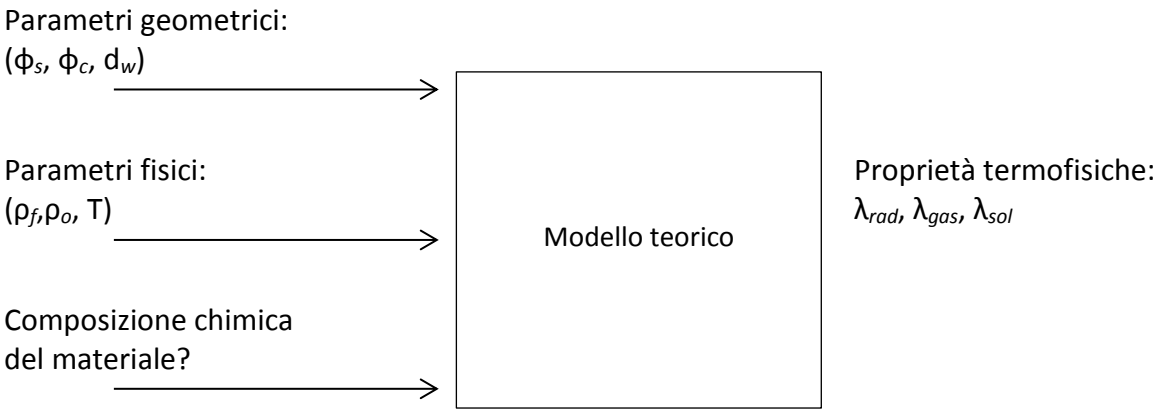
Le celle sono modellizzate come dodecaedri regolari a facce pentagonali di diametro ϕ_c

(12 facce, 30 spigoli, 20 vertici).

Le altre ipotesi del modello geometrico

- Gli struts (situati sugli spigoli del dodecaedro) sono modellizzabili come cilindri di lunghezza infinita e sezione circolare di diametro ϕ_s.
- Le pareti (situate sulle facce del dodecaedro) sono modellizzate come lastre piane di estensione infinita e spessore d_w.
- Le pareti e gli struts sono orientati in modo casuale in tutte le direzioni
- Dimensioni della cella molto maggiore del diametro degli struts ($\phi_c > 14\ \phi_s$)

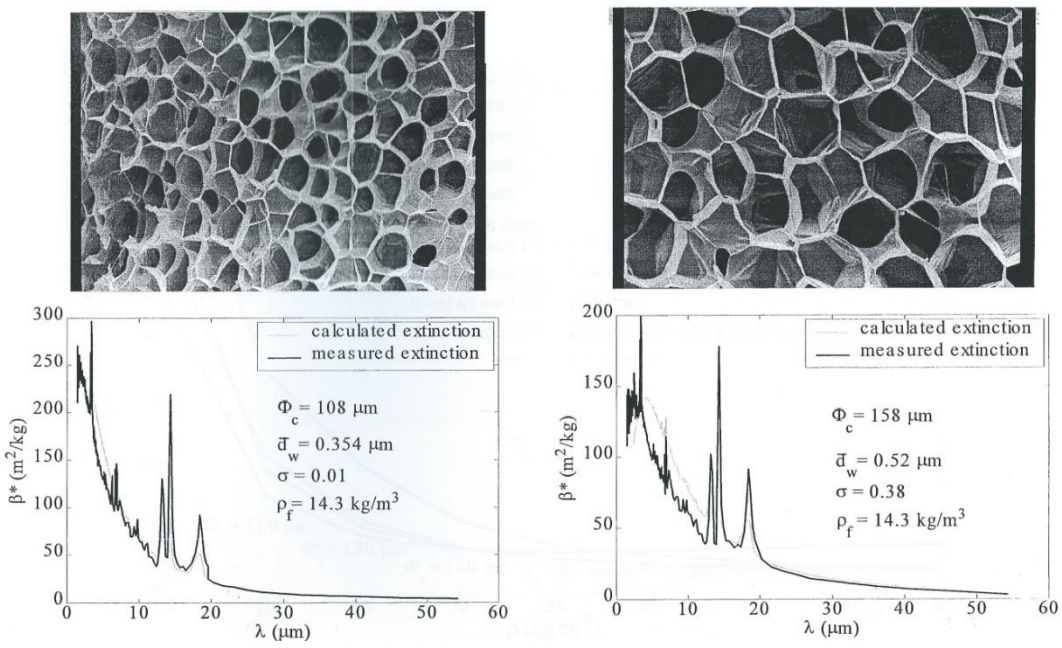
Schema riassuntivo



Interazione della radiazione con la struttura morfologica della schiuma

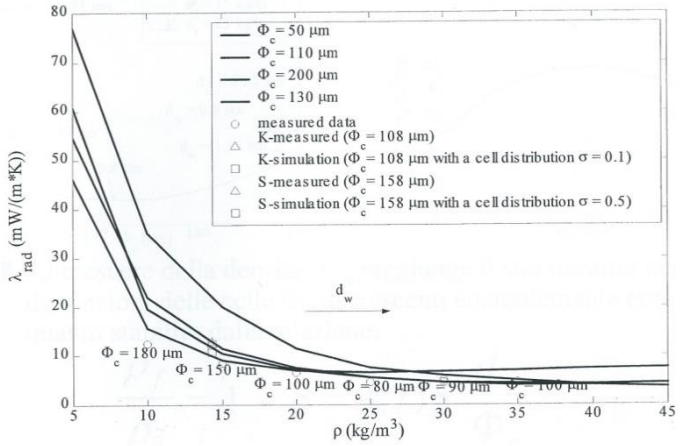
- Dallo studio dell'interazione della radiazione con gli elementi costituivi della matrice solida (gli struts e le pareti) è possibile desumere le proprietà radiative della schiuma.
- Ciò richiede la conoscenza dell'indice di rifrazione complesso (η_λ + ik_λ) del materiale di cui è costituita la schiuma: questo parametro dipende dalla composizione chimica.

Dipendenza delle proprietà radiative dalla struttura morfologica



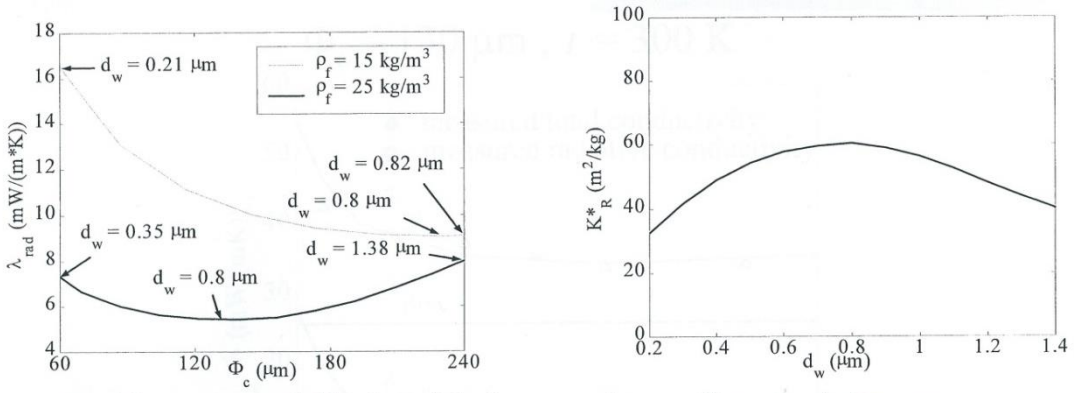
Conducibilità radiativa al variare

della densità e delle dimensioni delle celle



Conducibilità radiativa al variare

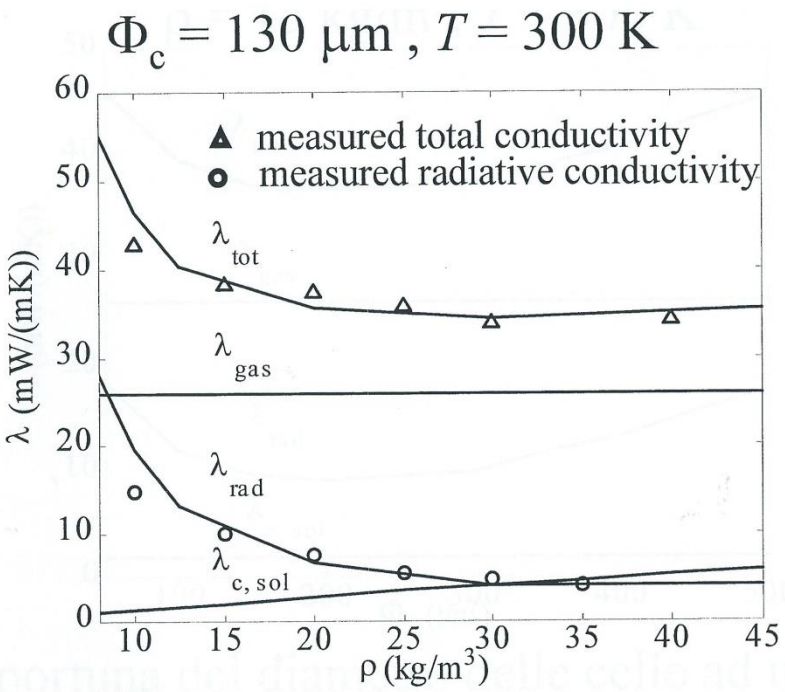
della densità e delle dimensioni delle celle



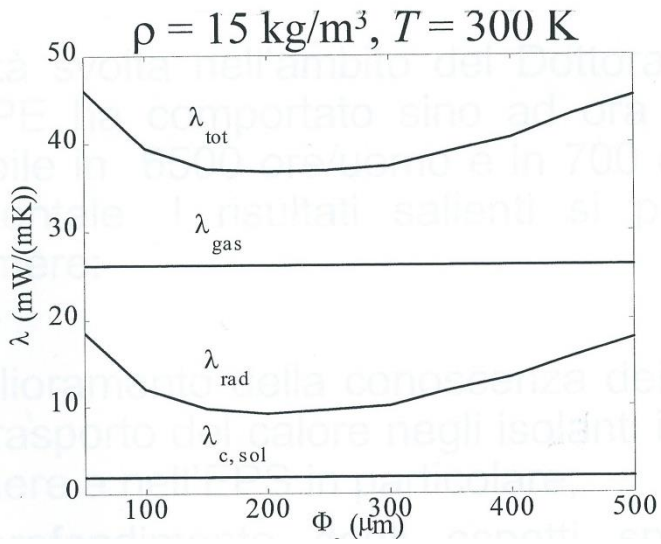
- Al crescere della densità, λ_{rad} raggiunge il suo minimo per dimensioni delle celle Φ_C decrescenti coerentemente con quanto stabilito dalla relazione:

$$\frac{\rho_f}{\rho_0} = 1 - \delta = 3.775 \frac{d_w}{\Phi_c}$$

Conducibilità termica al variare della densità



Conducibilità termica al variare del diametro delle celle



La scelta opportuna del diametro delle celle ad una data densità consente di ridurre fino al 20% la conducibilità termica totale.

6.

Utilizzo di additivi assorbenti e/o scatteranti nell'EPS

In particolare si dimostra per via teorica che, qualunque sia la densità della schiuma, esiste sempre un diametro medio delle celle che minimizza la conducibilità termica radiativa. L'esistenza di una configurazione ottimale della struttura morfologica, oltre ad avere una conferma di tipo sperimentale, è giustificata anche dal fatto che ad ogni diametro medio delle celle corrisponde un ben determinato spessore medio delle pareti che massimizza la radiazione complessivamente estinta dal materiale per scattering e assorbimento. Il raggiungimento di schiume ottimali per ogni densità viene così conseguito mediante l'aggiunta di additivi nucleanti durante il processo di polimerizzazione dello stirene.

Sebbene con il procedimento appena descritto si ottengono buoni risultati in termini di riduzione della conducibilità termica complessiva a parità di densità, rimangono comunque margini per un ulteriore miglioramento, derivanti dalla possibilità di rendere le pareti delle celle maggiormente opache alla radiazione.

In tal senso una tecnica molto promettente e di recente adozione consiste nell'aggiunta di opportune quantità di polveri/additivi alla materia prima, necessaria per produrre la schiuma. Per raggiungere l'effetto voluto, le polveri/additivi devono essere introdotte nella giusta concentrazione e disperse uniformemente nella matrice solida. Secondo la natura di questi si avrà una maggiore estinzione della radiazione per assorbimento o per scattering. E' opportuno però precisare che accanto ad una riduzione della componente radiativa del trasporto si verifica in genere un aumento della componente conduttiva a causa della maggiore conducibilità termica delle polveri rispetto al polistirene. Ne consegue pertanto che una concentrazione troppo alta di polveri, o una loro distribuzione non uniforme, può produrre l'effetto contrario aumentando la conducibilità termica totale della schiuma.

Al fine di comprendere meglio il peso delle diverse componenti del traporto nelle schiume drogate e regolare di conseguenza il contenuto di polvere fino al raggiungimento della concentrazione ottimale, si riporta uno studio tecnico su differenti densità di polistiroli espansi caricati con polveri di grafite.

Nel seguito vengono quindi riportati i risultati ottenuti da questo studio teorico nonché i risultati delle prime misure realizzate con il metodo della lastra piana e i valori stimati dei coefficienti di scattering e di assorbimento.

Il modello che è stato adottato per la parte conduttiva tiene conto sia della morfologia originaria della schiuma che della sua successiva parziale modifica a seguito dell'introduzione delle polveri. Il primo aspetto viene trattato ipotizzando ancora valida equazione della conducibilità termica equivalente della matrice solida:

$$\lambda_{sol}=\frac{1}{3}(1-\delta)(2-f_{s)}\,\lambda_e$$

dove δ è la porosità della schiuma, f_s è la frazione volumetrica degli struts e λ_e è la conducibilità termica delle sostanze che compongono la matrice solida, quest'ultima può essere calcolata mediante la formula valida nel caso di due sostanze di cui una dispersa nell'altra:

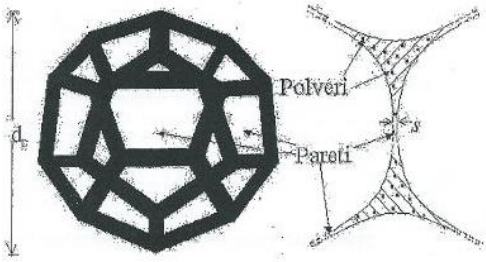
$$\lambda_e=\lambda_0+3\lambda_0\frac{\lambda_p-\lambda_0}{\lambda_p+2\lambda_0}f_p$$

dove λ_0 è la conducibilità termica effettiva del materiale schiumoso, λ_p e f_p sono rispettivamente la conducibilità termica e la frazione volumetrica delle polveri disperse nella matrice solida. Poiché la componente del trasporto nel gas non viene modificata dall'introduzione delle polveri, la conducibilità termica del gas si ottiene applicando l'equazione:

$$\lambda_{gas}=\left(4.976\times10^{3}+7\times10^{-5}T\right)\delta$$

dove *T* è la temperatura del gas.

Infine per valutare la componente radiativa del trasporto è necessario calcolare dapprima i coefficienti di estinzione della schiuma e del singolo granello di polvere all'interno della matrice solida. Il calcolo viene eseguito supponendo di poter scomporre la schiuma in elementi più semplici quali le pareti modellizzabili come piana infiniti e gli struts, modellizzabili come cilindri infiniti e ipotizzando una forma sferica per le polveri.



Modellazione microscopica: celle dodecaedriche a facce pentagonali le cui pareti sono modellate come sfere uniformemente distribuite e di diametro costante.

In tal modo la trattazione quantitativa dell'assorbitore e dello scattering della radiazione da parte del materiale si riduce allo studio dell'interazione delle onde elettromagnetiche con geometrie elementari. Il coefficiente di estinzione complessiva della schiuma drogata alle diverse lunghezza

d'onda λ, $\sigma_{e,\lambda\ loaded\ foam}$ si ottiene pesando le estinzioni tramite la frazione volumetrica delle polveri f_p, come mostrato di seguito:

$$\sigma_{e,\lambda,loadedfoam} = (1 - f_p)\sigma_{e,\lambda,foam} + f_p\,\sigma_{e,\lambda,grain}$$

dove $\sigma_{e,\ \lambda,\ loadedfoam}$ è l'estinzione spettrale della schiuma originaria senza polveri e $\sigma_{e,\lambda\ grain}$ è l'estinzione spettrale dovuta al singolo granello di polvere, quantificabile mediante la relazione:

$$\sigma_{e,\lambda,grain} = \frac{3}{2d_p}\left[Q_{a,\lambda}(\bar{n}, d_p) + (1 - g_\lambda)Q_{s,\lambda}(\bar{n}, d_p)\right]$$

essendo g_λ il fattore spettrale di anisotropia, $\sigma_{a,\ \lambda}$ e $\sigma_{s,\ \lambda}$ le efficienze spettrali rispettivamente di assorbimento e di scattering, entrambe funzioni del diametro medio delle polveri d_p e dell'indice di rifrazione complesso η. Infine pesando l'estinzione spettrale della schiuma sulla curva di Rosseland ed una certa temperatura T e sostituendo il risultato, $\sigma_{e,\ R\ loaded\ foam}$ nella formula:

$$\lambda_{rad} = \frac{16}{3}\frac{\sigma_B T^3}{\sigma_{e,R\ loadedfoam}}$$

si ottiene la conducibilità termica radiativa λ_{rad} (σ_B è la costante di Boltzmann).

Poiché nelle usuali condizioni operative i pannelli hanno spessori ottici molto maggiori dell'unità, la conducibilità termica totale della schiuma drogata può essere calcolata semplicemente come somma delle tre conducibilità:

$$\lambda_{tot} = \lambda_{sol} + \lambda_{gas} + \lambda_{rad}$$

Sulla base dello studio teorico e dei risultati sperimentali sopra esposti è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- Il miscelamento delle polveri di grafite con le perline di polistirene porta a ottenere delle lastre di EPS la cui conducibilità termica apparente è inferiore ai valori misurati sul materiale puro;
- La riduzione della conducibilità termica apparente risulta, a parità di percentuale in peso di polvere di grafite, maggiore per densità minori del materiale raggiungendo un decremento pari al 100% per densità di 15 kg/m^3 ;
- I risultati ottenuti permettono di attribuire buone capacità previsionali al modello utilizzato per individuare il quantitativo di polveri droganti da utilizzare;
- Le discordanze presenti sono imputabili alla non perfetta corrispondenza tra le ipotesi del modello e la realtà sperimentale.

Verifiche sperimentali

Le verifiche sperimentali sono state condotte con provini di EPS con due densità differenti e concentrazioni di polvere crescente. Le prove di conducibilità termica sono state condotte con apparecchiatura a lastra piana con temperature di -5/+30 °C e le prove di riflettività e trasmissività lunisferiche sono condotte con lunghezza d'onda 800 mm.

Densità provini 15 kg/m^3 ÷ 800 nm			
% in peso polvere ($gr_{polvere}/gr_{polistirene}$)	**Spessore (mm)**	**Trasmissività**	**Riflettività**
puro	2.94	0.1509	0.8354
	3.42	0.1273	0.8526
	4	0.1146	0.8675
2%	3.2	0.0553	0.6616
	3.62	0.0373	0.6723
	4.63	0.0227	0.6811
4%	3.11	0.0341	0.6266
	3.48	0.0338	0.6276
	3.67	0.00283	0.6370
6%	2.25	0.0763	0.5918
	2.85	0.0430	0.6030
	3.53	0.0361	0.6188

Densità provini 20 kg/m^3 ÷ 800 nm			
% in peso polvere ($gr_{polvere}/gr_{polistirene}$)	**Spessore (mm)**	**Trasmissività**	**Riflettività**
puro	2.77	0.1541	0.8408
	3.02	0.1353	0.8539
	3.87	0.1061	0.8764
2%	2.90	0.0633	0.6414
	3.17	0.0420	0.6673
	3.95	0.0159	0.6944
4%	2.91	0.0540	0.6342
	3.12	0.0304	0.6476
	3.63	0.0129	0.6602
6%	2.72	0.0614	0.5925
	2.98	0.0292	0.6100
	3.34	0.0166	0.3175

Come progettare il miglior materiale isolante possibile?

- Convezione a matrice solida

  Densità più bassa possibile

  EPS: ad es 15 kg/m^3 (98 vol% air)

  Alternative: attualmente non disponibili

- Cell Gas

  Bassa conducibilità e ecologico

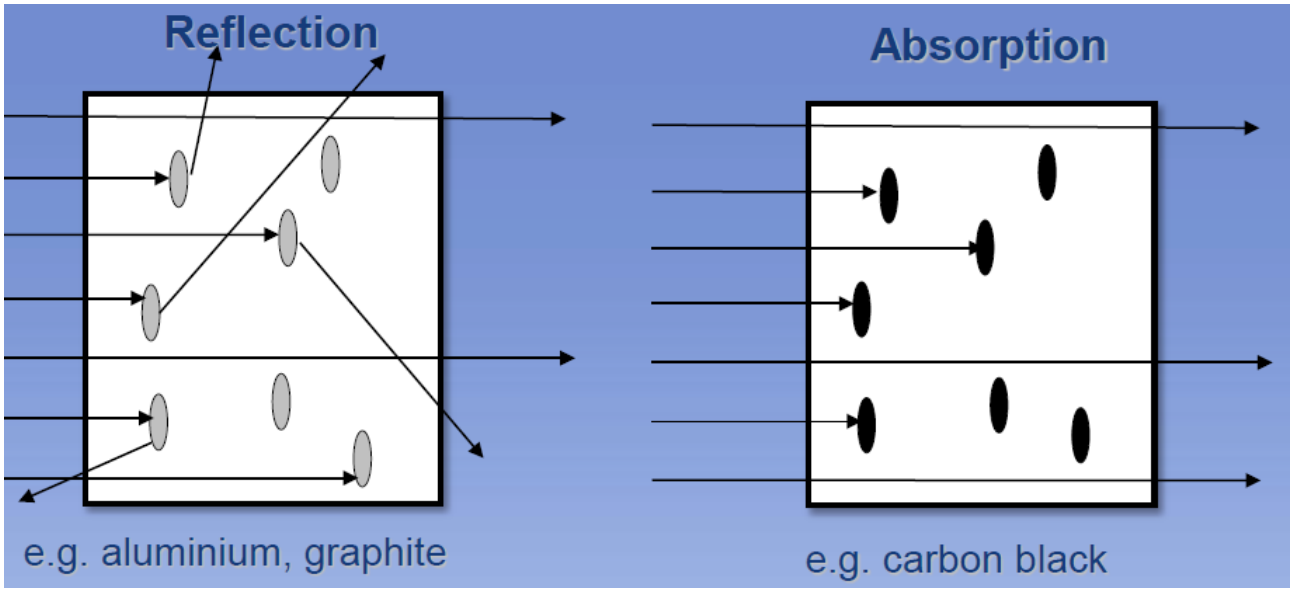
  EPS: Air

  Alternative: CO_2 pentano; Molecole larghe; Vacuum, Nano materiali.

- IR-Radiazioni

  EPS: ulteriore riduzione delle radiazioni nell'EPS a migliorata conducibilità

  Alternative: attualmente non disponibili, ma alcuni prodotti definibili nano-compositi possono essere utilizzati per produrre un effetto di riflessione e/o assorbimento.



7.

Analisi valori EPS normale e a lambda migliorato

	EPS NORMALE		EPS MIGLIORATO	
	Conducibilità Termica (W/mk)	**Massa volumica (Kg/m^3)**	**Conducibilità Termica (W/mk)**	**Massa volumica (Kg/m^3)**
30	0.046	10	-	-
50	0.038	14	0.031	14
70	0.038	14	0.031	16
80	0.036	15	-	-
100	0.036	18	0.031	19
120	0.035	19	0.031	20
150	0.034	23	0.030	21
200	0.033	28	-	-
250	0.032	31	-	-

Valori e dati medi rilevati da etichette e brochure raccolte dal mercato nazionale e da campioni sperimentalmente sottoposti a prove di laboratorio.

8.

Presentazione AIPE

L'AIPE è l'Associazione Italiana Polistirene Espanso costituita nel 1984 per promuovere e tutelare l'immagine del polistirene espanso sinterizzato (o EPS) di qualità e per svilupparne l'impiego.

L'EPS è un polimero resistente, versatile, leggero e sicuro per chi lo lavora e per l'utente finale. Mantiene inalterate nel tempo le sue eccellenti proprietà isolanti che, unite ad un rapporto costo/beneficio altamente competitivo sia dal punto di vista ambientale che economico, lo rendono la migliore soluzione per l'isolamento termico e acustico in edilizia e per l'imballaggio di prodotti alimentari, industriali, orto-frutticoli e farmaceutici.

A livello internazionale l'Associazione rappresenta l'Italia in seno all'EUMEPS – European Manufacturers of Expanded Polystyrene, organizzazione europea che raggruppa le associazioni nazionali dei produttori di EPS - tra i fondatori del network INEPSA (International EPS Alliance) che garantisce il recupero e il riciclo di imballi e scarti in polistirene a livello mondiale.

I principali obiettivi di AIPE sono sostenere e promuovere l'EPS di qualità attraverso molteplici attività svolte ogni anno con il prezioso sostegno delle aziende associate divise per specifici Gruppi di Lavoro (SAAD, Cappotto, Sistemi e Componenti per l'Edilizia, Macchine e Imballaggio).

AIPE

Via Marcantonio Colonna, 46 – 20149 Milano

Tel. +39 02 33606529 – Fax +39 02 33606604

Per qualsiasi informazione si prega di visitare il sito AIPE:

www.aipe.biz

Per contattarci:

e-mail: aipe@epsass.it