

Proprietà acustiche di un nuovo materiale per l'edilizia a base di cemento e poliuretano espanso

Acoustics properties of a new construction hybrid composite foams material

Gino Iannace, Massimiliano Masullo

Centro Interdipartimentale per il Controllo dell'Ambiente Costruito Ri.A.S., Seconda Università di Napoli, via S. Lorenzo, Aversa (CE) • gino.iannace@unina2.it

Ernesto Di Maio

Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e della Produzione, Università di Napoli Federico II, P.le Tecchio 80, Napoli – Hycucem S.r.l, P.le Fermi 1, Portici (Na) • info@hycucem.com.

Letizia Verdolotti

Istituto per i Materiali Compositi e Biomedici del CNR, P.le Tecchio 80, Napoli – Hycucem S.r.l, P.le Fermi 1, Portici (Na)

1. Introduzione

Le schiume poliuretaniche sono materiali plastici ottenuti per reazione di poliaddizione tra componenti a base di poli-isocianati e componenti a base alcolica (polioli). Grazie alla varietà di reagenti che rientrano in queste due classi, è possibile ottenere prodotti con caratteristiche adattabili a un ampio campo di applicazioni. Inoltre, date le buone proprietà di resistenza ad impatto e più in generale le proprietà “intrinseche” delle schiume, come la bassa densità, l'ottima processabilità e soprattutto le proprietà di isolamento termico ed acustico, le schiume poliuretaniche risultano tra i materiali polimerici maggiormente utilizzati nel settore civile-edile per pannelli di rivestimento [1,2].

Attualmente i pannelli in poliuretano sono utilizzati principalmente per l'isolamento termico e acustico di solai, pavimenti e, soprattutto, pareti. Tuttavia, nelle applicazioni in campo edile il solo poliuretano espanso presenta grossi svantaggi: scarsa aderenza verso materiali a base cementizia, infiammabilità, bassi valori di traspirabilità al vapore acqueo e fenomeni di imbarcamento, dovuti all'instabilità dimensionale dei rivestimenti delle strutture sandwich (le lastre di poliuretano vengono applicate come core tra due strati di rivestimento). Inoltre, le proprietà meccaniche a compressione non sono tali da permetterne un utilizzo di tipo strutturale, molto importante per specifiche applicazioni nel settore edile. Per migliorarne tali proprietà, tradizionalmente le matrici polimeriche vengono caricate con filler solidi, ma la densità e la morfologia delle schiume vengono notevolmente influenzate dal rinforzo, al punto da cambiare totalmente le proprietà finali del sistema. Dal punto di vista scientifico, diversi sono gli autori che hanno realizzato schiume composite a matrice poliuretaniche rinforzate con fibre di vetro, polvere di silice o alluminio, fibre di nylon, polvere di argilla nanometrica [3], al fine di

migliorarne proprietà funzionali e meccaniche. Ma in tutti questi studi si evidenzia il problema dell'adesione tra la matrice polimerica ed il filler. In particolare, per elevate concentrazioni di filler (maggiore del 30% in peso), generalmente le proprietà funzionali e meccaniche della schiuma poliuretanicca peggiorano come conseguenza di un “non legame” tra filler e matrice polimerica. È consuetudine, quindi, un pretrattamento del filler per migliorare la compatibilità delle due fasi con conseguente incremento dei costi.

Su tali basi è stato realizzato e brevettato [4] un materiale ibrido costituito da matrice poliuretanicca espansa e filler cementizio. L'uso combinato della schiuma poliuretanicca e del cemento, opportunamente formulate, consente di ottenere un materiale ibrido co-continuo (Fig. 1), dove le due differenti fasi sono legate intimamente attraverso legami covalenti o forte interazione dipolo-dipolo o a idrogeno. In particolare, tale co-continuità si ottiene solo a valle dell'idratazione del cemento in seguito alla quale si ottiene la formazione di silicati di calcio idrati, caratterizzati dalla tipica morfologia aghiforme, che consente la realizzazione di una struttura percolativa all'interno della fase poliuretanicca. Il sistema risultante evidenzia molti vantaggi dovuti al contributo sinergico delle diverse fasi presenti: polimero poliuretanicco, cemento, gas e vapori di espansione (CO₂ e acqua). La fase cementizia contribuisce in maniera consistente nel determinare specifiche proprietà dell'ibrido, rendendolo traspirante al vapore acqueo, resistente al fuoco (anche in assenza di ritardanti di fiamma), buon aderente verso i materiali lapidei (intonaci, malte) e con buone proprietà meccaniche. Le fasi poliuretano e gas, invece, contribuiscono a rendere l'ibrido isolante termico, fonoassorbente nonché conferiscono proprietà di leggerezza come quelle di un calcestruzzo cellulare (dovuto alla bassa densità) e di facile processabilità (messa in opera) [5,6].

In questo lavoro sono presentati alcuni risultati preliminari di misure delle caratteristiche fonoassorbenti e di resistenza al flusso intrinseche del materiale per l'utilizzo in edilizia come elemento di superficie.

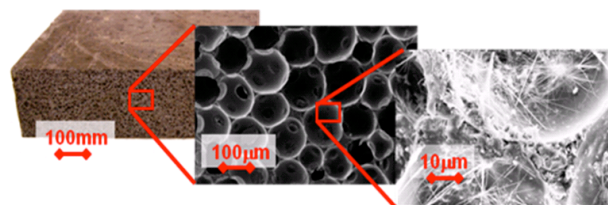


Figura 1 – Dettaglio della struttura e della co-continuità del materiale.

2. Caratteristiche dei campioni esaminati

I campioni sono preparati miscelando il 60% di cemento al polioliolo a cui, successivamente, è stato aggiunto il secondo precursore, ed omogeneizzato per circa 30 secondi. In seguito la miscela è stata colata in uno stampo chiuso di dimensioni (50×50×5) cm³ e lasciato curare a temperatura ambiente per circa 1/2 h per consentire il completamento delle reazioni di polimerizzazione e di espansione. A valle

della cura, i campioni sono stati estratti dagli stampi e stagionati in ambiente umido, per consentire l'idratazione del cemento e la formazione del silicato di calcio idrato (CSH).

I provini esaminati hanno diametro di 99,0 mm (Fig. 2) e spessori variabili: 50,0; 25,0 e 10,0 mm. La struttura si presenta a scheletro rigido (Fig. 3).

Le dimensioni dei provini sono tali da poter essere utilizzati sia nel tubo a impedenza per la misura del coefficiente di assorbimento, sia nel misuratore di resistenza al flusso cui viene fatto cenno più avanti. Le misure sono state effettuate su 12 provini di diversa densità e spessore.

Dal punto di vista meccanico, gli ibridi analizzati, con densità variabile da 180 a 260 kg/m³, presentano un valore di modulo elastico variabile da 70 a 200 MPa e un carico a rottura che raggiunge 4 MPa, valori nettamente superiori ai tradizionali pannelli in poliuretano espanso. Inoltre presentano stabilità dimensionale anche in condizioni estreme (100°C e 100% UR) e sono non infiammabili. Dal punto di vista termico, invece, risultano presentare valori di conducibilità termica minore di 0,05 W/K·m confrontabili con i migliori isolanti termici.



Fig. 2. Un provino del materiale testato.

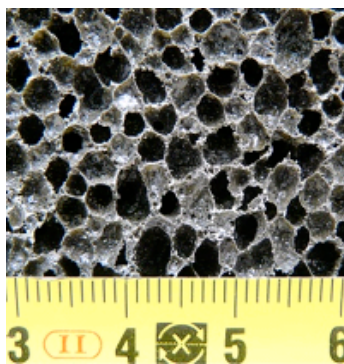


Fig. 3. Particolare delle celle superficiali.

3. Misura delle proprietà acustiche

La misura del coefficiente di assorbimento è stata effettuata mediante un tubo a impedenza di diametro interno pari a 100 mm e lunghezza 570 mm. La distanza del primo microfono dalla superficie del provino è di 200 mm mentre quella tra i due microfoni è di 50 mm. Le dimensioni del tubo sono tali che la misura del coefficiente di assorbimento è soddisfacente in un intervallo di frequenza compreso tra 200 ed 1800 Hz. Il segnale (rumore bianco) è generato da un altoparlante posto ad una delle estremità del tubo, mentre dalla parte opposta è presente una terminazione rigida su cui sono stati alloggiati i provini.

Il coefficiente di assorbimento acustico è stato ottenuto dalla combinazione delle funzioni di trasferimento rilevate con due microfoni di misura secondo la norma UNI

EN 10534 [7]. Nelle Figg. 4-10 sono riportati i risultati della misura del coefficiente di assorbimento ottenuti per diverse densità dei provini e diversa conformazione superficiale.

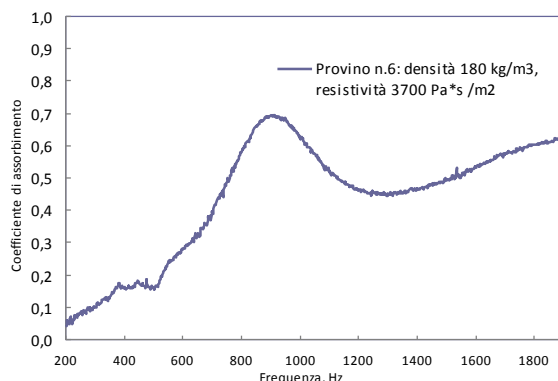


Fig. 4. Coefficiente di assorbimento del provino n. 6 (spessore 25 mm)

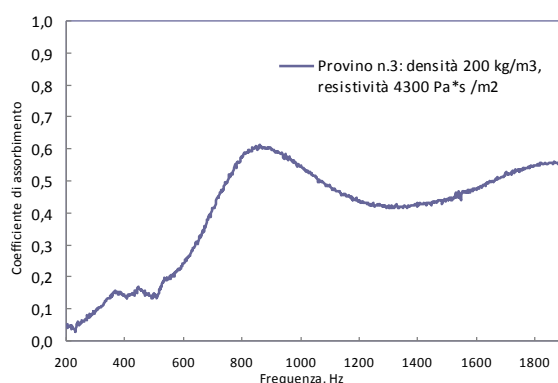


Fig. 5. Coefficiente di assorbimento del provino n.3 (spessore 25 mm).

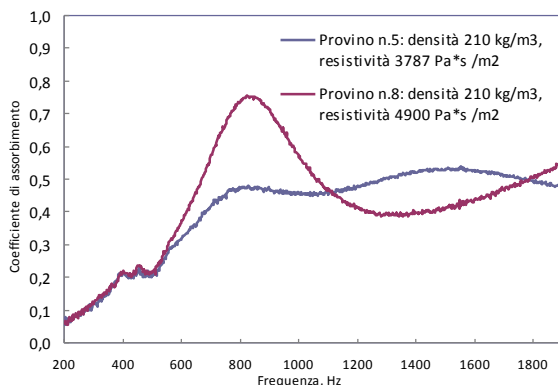


Fig. 6. Coefficiente di assorbimento dei provini n.5 e n.8 (spessore 25 mm).

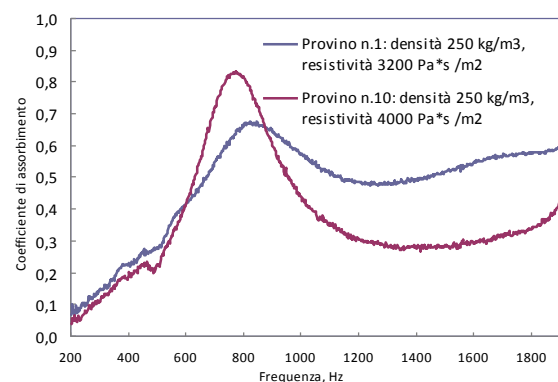


Fig. 7. Coefficiente di assorbimento dei provini n.1 e n.10 (spessore 25 mm).

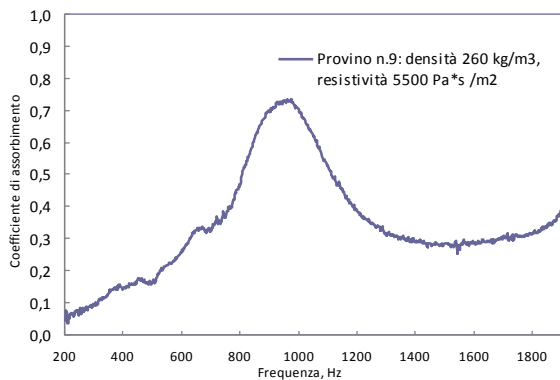


Fig. 8. Coefficiente di assorbimento del provino n.9 (spessore 25 mm).

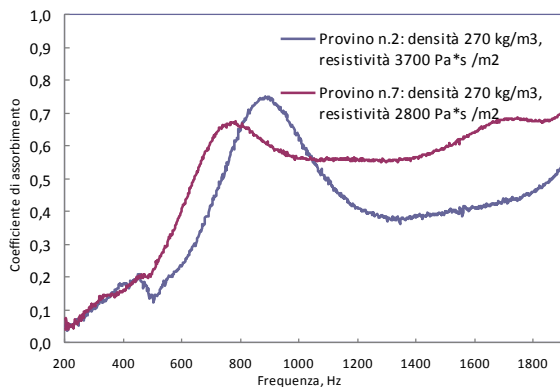


Fig. 9. Coefficiente di assorbimento dei provini n.2 e n.7 (spessore 25 mm).

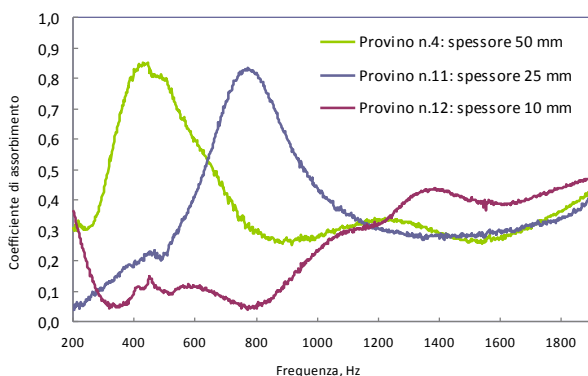


Fig. 10. Coefficiente di assorbimento dei provini n.4, n.11 e n.12 (densità 210 kg/m³)

È stata inoltre effettuata la misura della resistenza al flusso con il metodo del flusso d'aria alternato. Un sistema a camme produce un flusso d'aria alternato alla frequenza di 2 Hz, in accordo alla norma UNI EN 29053 [8].

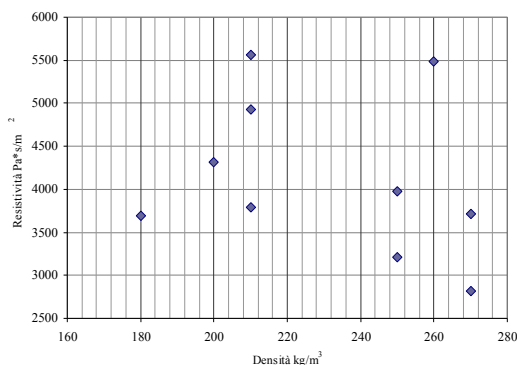


Fig. 11. Resistività in funzione della densità dei provini (dal n.1 al n.10)

Per queste misure sono stati utilizzati gli stessi provini a sezione circolare sottoposti alla misura di coefficiente di assorbimento acustico; i risultati sono riassunti in Fig. 11.

4. Conclusioni

Dall'analisi dei risultati ottenuti si nota che i provini con spessori di 25 mm presentano un andamento del coefficiente di assorbimento "a campana", con un massimo intorno a 800 Hz. Questo comportamento è dovuto alla presenza di cavità che accrescono, a queste frequenze, le capacità di assorbimento del suono [9].

In Fig. 9, in cui è riportato il coefficiente di assorbimento al variare dello spessore (50 mm, 25 mm e 10 mm), si osservano andamenti tipici delle strutture risonanti, con il valore massimo che all'aumentare dello spessore si sposta verso le basse frequenze. Questa peculiarità potrebbe essere esaltata in applicazioni in cui è richiesto un assorbimento selettivo con la frequenza.

Occorre infine considerare che i provini sono stati realizzati in modo non industriale; uno studio più accurato andrebbe implementato su campioni provenienti dalla produzione di serie. Inoltre il materiale è stato realizzato per impieghi non prettamente acustici, pertanto le proprietà acustiche sono suscettibili di miglioramento per applicazioni dedicate.

Bibliografia

- [1] Kapps, M., *The production of rigid polyurethane foam*, Bayer MaterialScience, 2001.
- [2] Joseph, R. (2004), *Composite laminated building material, and methods of making and using same*, Patent US6698149.
- [3] Tomokazu, S. (1998). *Production of inorganic-organic composite foam*, Patent JP10306170.
- [4] Verdolotti, L., Di Maio, E., Lavorgna, M., Iannace, S. (2006), *A foamed polymer-inorganic binder hybrid material having controlled density and morphology, method for its preparation and uses thereof*, Domanda di brevetto IT2006MI01325 e PCT WO2008/007187.
- [5] Verdolotti, L., Di Maio, E., Lavorgna, M., Iannace, S. (2008), Polyurethane-cement based foams: characterization and potential uses, *J. Appl. Polym. Sci.*, 107, 1-8.
- [6] Verdolotti, L., Colini, S., Di Maio, E., Lavorgna, M., Iannace, S., Hybrid polyurethane-cement foams for functional applications, *Proc. Ist. Int. Congr. BIOFOAMS*, Capri, 2007.
- [7] UNI EN ISO 10534-2:2001, Determinazione del coefficiente di assorbimento acustico e dell'impedenza acustica in tubi di impedenza - Metodo della funzione di trasferimento.
- [8] UNI EN 29053:1994, Materiali per applicazioni acustiche - Determinazione della resistenza al flusso dell'aria.
- [9] Iannace, G., Ianniello, C., Maffei, L., Romano, R., Assorbimento acustico di strati di pietrisco sciolto, *Atti XXVII Conv. AIA*, Genova, Maggio 1999, 116-119.