



IL RUOLO DEL POLISTIRENE ESPANSO IN EDILIZIA

Gli isolanti a base di polistirene espanso possono dare un grande contributo a ridurre il consumo energetico degli edifici, e, conseguentemente, alle emissioni di CO₂ ad esso collegate. In questo articolo si descrive la preparazione dei polimeri alla base di questi materiali e la loro trasformazione in lastre espanse. Dopo una breve descrizione delle loro proprietà, in particolare sulla trasmissione del calore, si delineano le loro principali applicazioni in edilizia e come sia ora possibile inserire nella materia prima quote di prodotti riciclati post consumo.



L'importanza degli edifici, residenziali e commerciali quali consumatori di energia ed emettitori di CO₂ è ben chiara ai legislatori. Il settore del "building", infatti, rappresenta circa il 20% delle emissioni di CO₂ nei 27 Paesi dell'Unione Europea più Confederazione Svizzera, Norvegia e Regno Unito, preceduto dalla produzione di energia e dal settore dei trasporti, come si evince dal database "Edgar" [1]. Per questo motivo l'Unione ha promosso fin dai primi anni Duemila politiche mirate a far chiarezza ed incentivare l'efficienza energetica degli edifici, con l'emissione di diverse versioni della "Energy Efficiency of Buildings Directive" [2], nota come EPBD. Anche il Governo Italiano, consapevole dell'importanza di continuare a migliorare questo settore, ha provveduto a incentivare gli interventi di efficientamento energetico, partendo fin dalla legge finanziaria del 2007 con incentivi fiscali per gli interventi di riqualificazione energetica degli edifici, le famose detrazioni del 55% e poi del

65%, per arrivare negli ultimi anni al "bonus facciate" e al "bonus 110%", contenente anche innovativi meccanismi di cessione del credito che consentono al proprietario, in particolare nel caso dei condomini, di effettuare gratuitamente i lavori.

I risultati di queste azioni si sono già visti: analizzando, infatti, i dati del database Edgar, si può valutare che le emissioni del settore mediate negli anni 1990-2006 (anno in cui la direttiva è stata recepita nelle leggi nazionali) erano di circa 800 Mt/anno, mentre negli anni successivi, 2007-2019, la media si è portata vicino alle 650 Mt/anno, con una diminuzione quindi superiore al 15% (Fig. 1).

Nel report 2020 di Enea [3], che gestisce le pratiche delle detrazioni fiscali, si legge che il 49,2% degli interventi degli ultimi 6 anni (2014-2019) ha riguarda-

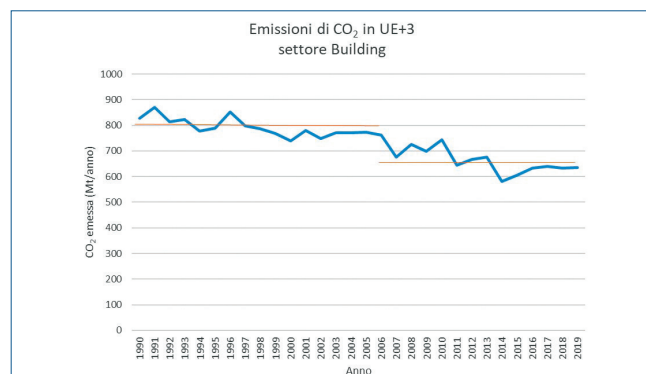
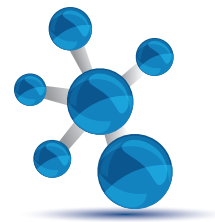


Fig. 1 - Evoluzione temporale delle Emissioni di CO₂ in EU+3 nel settore building (dal database Edgar - Emissions Database for Global Atmospheric Research)



to la sostituzione dei serramenti (interventi di minor costo), portando ad un risparmio di consumi che, sul totale degli interventi effettuati, è del 36%; per contro, gli interventi di coibentazione dell'involucro (più impegnativi dal punto di vista economico) sono stati solo il 6,4% portando però ad un risparmio di energia del 28,8%. Il senso degli ultimi interventi legislativi (bonus facciate, bonus 110%) è quello di agevolare quindi gli interventi di coibentazione dell'involucro, che offrono la maggiore efficienza sia in termini economici (Enea riporta un costo di 0,08 €/kWh risparmiato, il più basso tra le diverse tipologie di interventi) che, come visto, in termini energetici.

In questo contesto il ruolo dei polimeri stirenici espansi è fondamentale, in quanto tra i materiali isolanti più utilizzati in edilizia. Secondo nostre valutazioni, il 65% dei materiali isolanti utilizzati in Italia è costituito da espansi plastici, con una ripartizione quasi uguale tra poliuretano espanso, polistirene espanso estruso (XPS) e polistirene espanso sinterizzato (EPS): più del 40% degli isolanti termici impiegati in Italia sono quindi su base stirenica. Passeremo ora in rassegna le tecniche industriali di polimerizzazione e di trasformazione del PS in espansi, quindi le proprietà dei prodotti e le principali applicazioni edili di questi materiali. Seguirà una breve descrizione di quanto sta accadendo in questo settore relativamente all'impiego di prodotti contenenti materiale di riciclo.

La produzione del polistirene e del polistirene espandibile

Il polistirene è generalmente prodotto attraverso un processo chiamato in massa continua. Lo stirene, dopo l'aggiunta di una quantità variabile dal 5 al 10% di solvente ed eventualmente un iniziatore perossidico, è fatto reagire ad una temperatura compresa tra i 150 e 180 °C e per un tempo tale da ottenere una conversione di circa il 75% dello stirene. Il prodotto di reazione così ottenuto viene quindi sottoposto ad un'operazione di "devolatilizzazione" attraverso la quale si rimuove il solvente, lo stirene non reagito ed altre impurezze. Il polimero, che esce allo stato fuso dalla devolatilizzazione, viene raffreddato e granulato, ottenendo il polistirene come prodotto finale, conosciuto anche con il nome GPPS (General Purpose Polystyrene).

Il polistirene espandibile può invece essere prodotto attraverso il processo di polimerizzazione in sospen-

sione. In questo caso lo stirene, contenente eventuali iniziatori perossidici, viene fatto polimerizzare all'interno di un reattore contenente acqua. Le goccioline di stirene disperse nell'acqua vengono mantenute disperse ed in sospensione attraverso l'uso di un agente sospendente. Prima che la polimerizzazione sia completata, viene aggiunto anche un agente espandente, come il pentano. Terminata la polimerizzazione si ottiene, ad esempio, una sospensione di acqua e perline di polistirene espandibile che, una volta recuperate per filtrazione ed essiccate, compongono il prodotto finito. La dimensione delle perline rappresenta la distribuzione dimensionale delle goccioline di stirene da cui hanno avuto origine; per questo motivo il polistirene espandibile viene anche vagliato per separare le varie frazioni che possono avere applicazioni diverse.

Una via alternativa per la produzione di polistirene espandibile consiste nell'inserire l'agente espandente nel GPPS, mediante un processo di estrusione e successiva granulazione.

La produzione degli espansi stirenici

Dalle due materie prime appena descritte si ottengono due tipologie di materiali espansi utilizzati come isolanti: l'XPS (PS espanso via estrusione) e l'EPS (PS espanso sinterizzato).

Nel primo caso il GPPS viene fuso in un estrusore e ivi additivato di vari agenti (coloranti, nucleanti, ritardanti di fiamma). Nella parte finale dell'estrusore viene iniettato un agente espandente (spesso CO₂ in miscela con alcool) che, all'uscita dalla testa dell'estrusore, causa l'espansione della massa polimerica ancora sopra la T_g (Transizione Vetrosa, "glass transition temperature") [4]. La lastra espansa continua così ottenuta dopo calibrazione dello spessore, rifilatura ed eventuale battentatura dei bordi (creazione di una sporgenza per facilitare un incastro tra lastre) viene tagliata a misura. Le densità delle schiume ottenute con questo processo sono dell'ordine di 30-40 kg/m³.

Nel caso dell'EPS le perline espandibili di PS contenenti pentano vengono mescolate con vapore saturo secco sotto agitazione in macchine dette pre-espansori: la temperatura del vapore è superiore sia alla T_g della miscela PS/pentano (attorno ai 50 °C) che alla temperatura di ebollizione del pentano (attorno ai 30 °C). Nel polimero si formano quindi,

da centri di nucleazione, delle bolle di pentano che possono esercitare una pressione sul PS fuso, e crescono fino alla formazione della struttura cellulare. Al raggiungimento della densità desiderata l'ingresso del vapore viene fermato e le perline espanse vengono scaricate e poste in silos per la fase di cosiddetta "maturazione", in cui le pressioni dei gas all'interno della struttura cellulare si riequilibrano con la pressione atmosferica. Dopo qualche ora, le perline sono pronte per essere stampate (sinterizzate) in grandi blocchi o in manufatti della forma desiderata. Il processo consiste semplicemente in una nuova esposizione delle perline al vapore all'interno di uno stampo. Il pentano residuo causa una nuova espansione delle perle, che, non potendo espandersi liberamente, riempiono gli spazi vuoti cambiando la propria forma da sfere a poliedri e si uniscono a formare una massa compatta con densità che possono andare dai 10 ai 35 kg/m³. Nel caso dello stampaggio di blocchi, questi vengono tagliati in lastre delle dimensioni desiderate tramite taglierine a filo caldo.

Caratteristiche degli espansi: densità, isolamento termico, resistenza meccanica

Le caratteristiche fisiche degli espansi stirenici dipendono in prima approssimazione dalla densità della schiuma, anche se il processo di trasformazione ha naturalmente un'influenza su di esse: pensiamo, ad esempio, alle anisotropie ed alle tensioni residue per le schiume prodotte via estrusione o al livello di sinterizzazione delle schiume prodotte per stampaggio, che dipende dal calore fornito al materiale con il vapore. In linea di massima, si può però affermare che le caratteristiche meccaniche di interesse in edilizia degli espansi crescono linearmente con la densità, come si vede nel grafico di Fig. 2, che riporta una delle caratteristiche utilizzate per la classificazione dell'EPS, cioè lo sforzo a compressione misurato alla deformazione del 10%. Analogo comportamento lineare è osservabile riportando lo sforzo a rottura in trazione. La conducibilità termica presenta, invece, un comportamento più complesso, che dipende da come i diversi fenomeni di trasmissione del calore possibili in una schiuma dipendono dalla densità. Il flusso termico tra due superfici a temperature diverse tra le quali è posto un materiale espanso può infatti avvenire secondo 4 differenti meccanismi: trasmissione attraverso la matrice solida, che cresce linearmente con la densità; trasmissione attraverso il gas di cella,

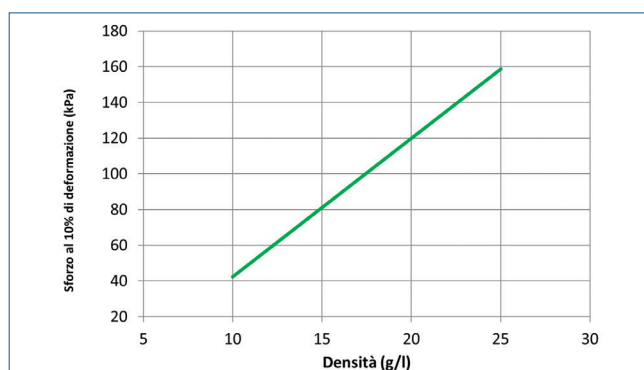


Fig. 2 - Carico al 10% di deformazione in funzione della densità per EPS

che diminuisce linearmente con la densità; trasmissione per irraggiamento, che decresce esponenzialmente con la densità a causa dell'assorbimento da parte del polimero; trasmissione per convezione nel gas di cella. Quest'ultimo fenomeno è assente nei materiali di cui stiamo parlando poiché la piccola dimensione delle celle (attorno ai 100 μm) impedisce l'instaurarsi di moti convettivi. La somma dei contributi appena descritti fa sì che la curva della conducibilità in funzione della densità presenti un minimo attorno ai 30 kg/m³. La conducibilità termica può essere migliorata soprattutto alle basse densità additivando il polimero con "assorbitori di infrarosso", quali la grafite o il carbon black (Fig. 3).

Applicazioni

Una ricca carrellata di applicazioni dell'EPS in edilizia è riportata sul sito dell'Associazione Europea dei Produttori di EPS, EUMEPS [5], o sul sito dell'analoga associazione italiana Aipe [6]. Qui tratteremo solo le principali.

Uno dei settori di intervento più importanti, per cui l'EPS in tutta Europa è il prodotto di elezione, è quello

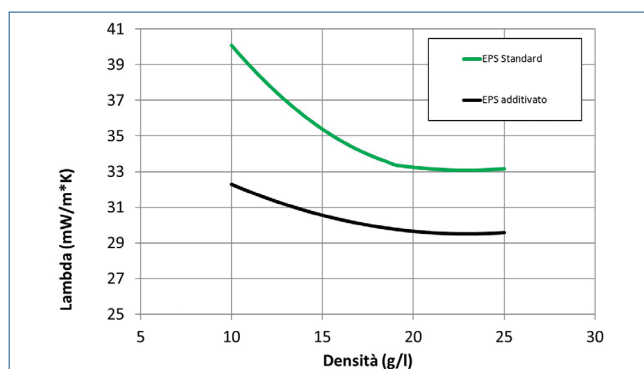


Fig. 3 - Andamento della conducibilità termica con la densità per EPS standard (prodotti bianchi) o additivati (prodotti grigi)

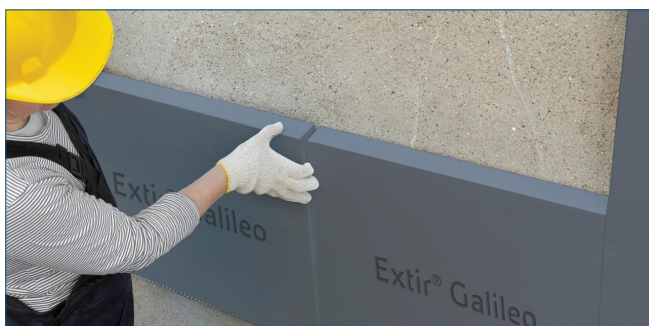
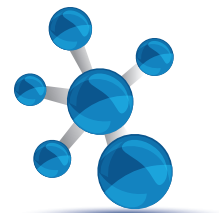


Fig. 4 - Posa dell'isolamento a cappotto

dell'isolamento delle pareti perimetrali mediante "External Thermal Insulation System", acronimo ETICS, noto in Italia come "cappotto". Come un cappotto, infatti, è un sistema con diverse componenti che riveste l'edificio dall'esterno, risolvendo il problema dei ponti termici causato dalle strutture in cemento armato (pilastri e travi) e diminuendo di molto le dispersioni di calore. Per fare un esempio numerico, una parete in muratura realizzata con mattoni forati da 30 cm ha tipicamente una trasmittanza termica di circa $0,8 \text{ W/m}^2$, che diventa di $0,2 \text{ W/m}^2$ con 15 cm di EPS applicato a cappotto, riducendo quindi a un quarto le dispersioni termiche delle pareti (Fig. 4).

Altro importante punto di applicazione è il tetto, che pur essendo forse meno sentito soprattutto negli edifici multipiano, in cui la superficie disperdente del tetto è più piccola rispetto a quella delle pareti, riveste in realtà un ruolo fondamentale anche per il confort abitativo degli appartamenti dell'ultimo piano. In questo caso esistono moltissime diverse modalità applicative, spesso con sistemi ventilati o microventilati che migliorano anche la dispersione dell'umidità che si genera negli spazi abitati. In questi casi si applicano sia sistemi basati sull'EPS, che può essere facilmente sagomato o direttamente stampato per ospitare tegole o coppi, che sistemi basati sull'XPS che, grazie alle sue premianti caratteristiche di resistenza a compressione, è particolarmente idoneo per sopportare il peso della copertura. In questo caso ci sono naturalmente meno limitazioni sullo spessore di isolante applicabile, per cui si possono facilmente impiegare spessori anche di 30 cm, che consentono di raggiungere trasmittanze veramente basse, pari a $0,1 \text{ W/m}^2$.

Il terzo elemento importante da isolare è la parte di edificio che rimane interrata, ovvero scantinati e fondazioni. In questo caso il prodotto preferito è solitamente l'XPS per le sue ottime qualità di resistenza a

compressione e di impermeabilità. Negli ultimi anni è però anche aumentato l'utilizzo di EPS ad alte densità ($28\text{-}35 \text{ kg/m}^3$), con formulazioni speciali per migliorare l'impermeabilità al vapore d'acqua. È infatti particolarmente importante che i prodotti isolanti, oltre a resistere alle spinte del terreno, non assorbano il vapore d'acqua che permea dalle pareti dell'edificio: se assorbito dal materiale con il gelo invernale potrebbe causarne la frattura.

L'utilizzo di prodotti da riciclo

Attraverso specifiche tecnologie è possibile produrre gamme di polistireni espandibili contenenti materia prima seconda fornita dal circuito della raccolta differenziata domestica (ad esempio piatti, bicchieri, vassoi e coppette da yogurt in polistirene). Il materiale riciclato viene incorporato nel prodotto finito in modo che le sue caratteristiche siano idonee ad ottenere prestazioni dello stesso livello del prodotto vergine. Il contenuto di riciclato può variare dal 10% al 35% a seconda del grado. Il prodotto finito può essere poi trasformato in manufatti destinati sia al settore dell'edilizia che degli imballaggi [7].

BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/>
- [2] <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj>
- [3] **ENEA - Rapporto annuale detrazioni fiscali**
- [4] AA.VV., *Enciclopedia degli Idrocarburi Treccani*, 2006, **2**, 858.
- [5] <https://eumeps.construction/applications>
- [6] <https://www.aipe.biz/>
- [7] **Polimeri da riciclo**

The Role of Expanded Polystyrenes in the Building Sector

Insulating products made from expanded PS can efficiently contribute to the reduction of energy consumption in buildings, and, consequently, to related CO_2 emissions. In this paper we briefly describe industrial production of styrenic polymers and their processing into insulating boards. After a short description of their properties, with particular focus on heat conductivity, we describe main building applications of these products, and how it is now possible to include in the raw material a percentage of post-consumer recycled products.