

1 Polistirene espanso estruso

1.1 Dal materiale al prodotto



Cristalli di polistirene prima dell'espansione ed estrusione



Pannelli rigidi in XPS

Processo Produttivo

Le materie prime utilizzate nel processo di produzione sono il polistirene, sotto forma di granulato vergine e riciclato (in percentuale variabile), diversi additivi e gas espandente.

Il polistirene viene stoccato in silos a grande capacità e, attraverso il sistema di alimentazione, viene prelevato continuamente e mescolato al resto degli additivi.

I principali additivi sono costituiti da:

- agenti nucleanti, che servono a garantire che la struttura delle celle interne del materiale sia il più regolare e piccola possibile;
- ritardanti di fiamma, che consentono di limitare la propagazione delle fiamme nel prodotto finale migliorandone la reazione al fuoco;
- eventuali coloranti, che danno al prodotto finale un colore caratteristico.

La miscela di polistirene e additivi viene immessa nell'estrusore, macchina costituita da una camicia riscaldata al cui interno gira una vite senza fine.

Con l'aumento della temperatura e della pressione, la miscela all'interno dell'estrusore si fonde in una massa fluida che fuoriesce dalla macchina, scorrendo continuamente. In questa fase del processo viene aggiunto l'agente schiumogeno, che viene mescolato uniformemente alle altre materie prime.

All'uscita dall'estrusore, il passaggio repentino alla pressione atmosferica produce la gassificazione dell'agente schiumogeno (gas espandente), consentendo la formazione della schiuma e assorbendo la temperatura del polistirene, raffreddandolo e solidificandolo.

La sezione d'uscita dall'estrusore determina la sezione della striscia continua di polistirene estruso.

Prima di poter essere lavorati, i pannelli devono raggiungere la temperatura ambiente e il gas che si trova al loro interno deve stabilizzarsi. I pannelli vengono poi trasferiti su un altro nastro trasportatore per continuare il processo di fresatura e imballaggio.

Conclusa la fase di fresatura, i pannelli vengono impilati in pacchi e le confezioni vengono avvolte in una pellicola di plastica dalle macchine per imballaggio pronti per lo stoccaggio e la distribuzione.

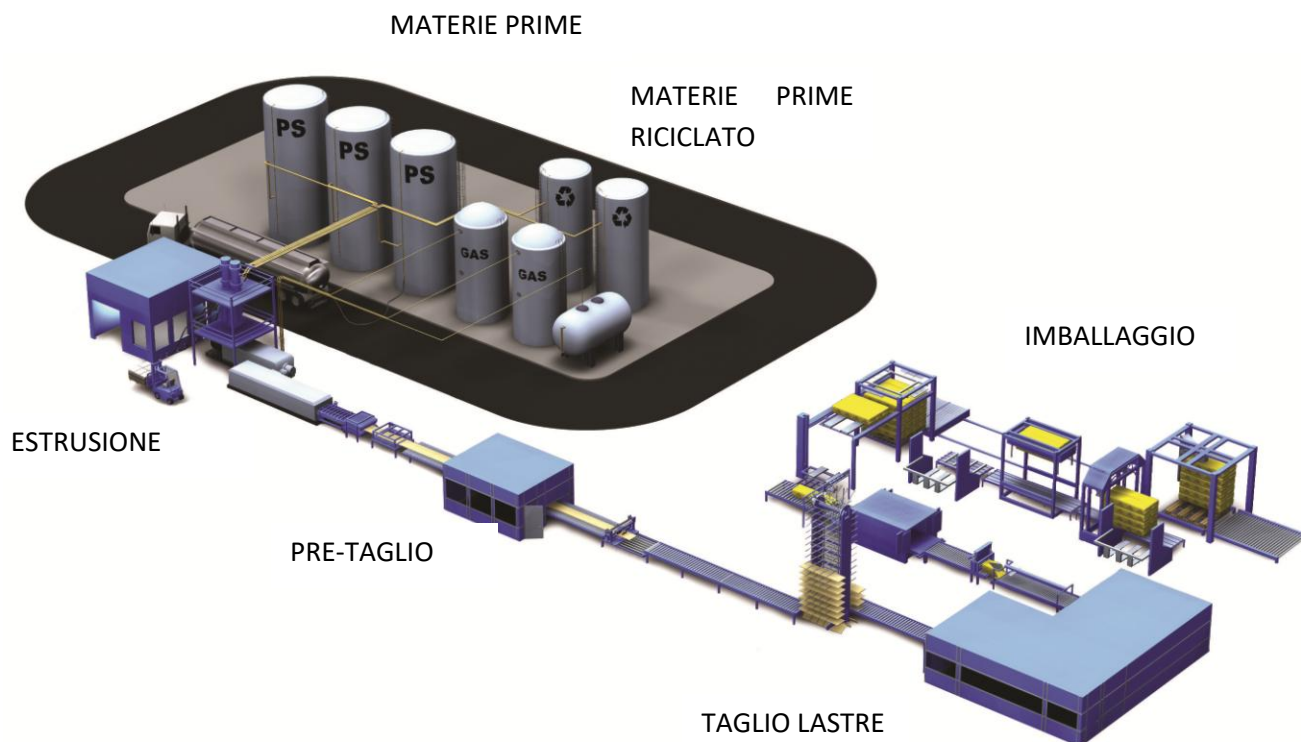


Figura 1: stabilimento e processo produttivo

Come si trova in commercio

Il polistirene espanso estruso si può trovare in commercio sotto forma di pannelli con o senza pelle; “la pelle” è costituita da un addensamento superficiale del materiale ed ha un aspetto liscio e compatto. I pannelli senza pelle sono ottenuti fresando tali superfici per renderle maggiormente compatibili con collanti, calcestruzzo, malte ecc. I pannelli si possono trovare sul mercato in diverse colorazioni e varie finiture superficiali: lisci, ruvidi, waferati e con scanalature.

Le lastre possono essere utilizzate sia da sole che accoppiate con altri materiali quali cartongesso, pannelli di legno, laminati plastici o metallici, etc.

Non va fatta confusione tra polistirene espanso estruso XPS e polistirene espanso sinterizzato EPS, le differenze sono sostanziali per processo produttivo, proprietà e applicazioni specifiche.

Applicazioni principali

L' XPS è particolarmente adatto all'isolamento termico di strutture, anche particolarmente sollecitate, in cui è richiesta un'elevata resistenza meccanica. Inoltre, la sua impermeabilità all'acqua assicura un'ottima tenuta in presenza di umidità o infiltrazioni d'acqua. Nell'isolamento termico di solai, pareti, coperture piane e inclinate, si dimostra assolutamente affidabile e duraturo. Trova particolare applicazione nel tetto rovescio, sistema che prevede la posa dell'isolante sopra il manto impermeabile. Inoltre può essere facilmente tagliato e sagomato in funzione delle varie esigenze applicative.

1.2 Prestazioni e marcatura CE

I materiali proposti al mercato con proprietà di isolamento termico, in quanto prodotti da costruzione e stabilmente presenti all'interno dell'involucro edilizio, rientrano nella casistica delle regole previste dall'Unione europea per la commercializzazione dei prodotti da costruzione. Queste regole prescrivono che al fine della tutela del consumatore e della corretta circolazione in territorio comunitario delle merci (con l'eliminazione o la riduzione delle barriere tecniche) i prodotti da costruzione debbano indicare in modo uniforme, univoco e standardizzato le caratteristiche per le quali vengono venduti nel mercato dell'edilizia.

Ad oggi è in vigore il Regolamento 305/11, che ha sostituito la Direttiva 89/106 come documento europeo di riferimento sulla commercializzazione dei Prodotti da Costruzione.

Nella realizzazione dell'edificio devono essere garantiti i seguenti requisiti: resistenza meccanica e stabilità, sicurezza in caso di incendio, igiene salute e ambiente, sicurezza nell'impiego, protezione acustica e risparmio energetico ed isolamento termico, uso sostenibile delle risorse naturali. L'attuazione del rispetto dei requisiti è concretizzata per mezzo delle norme di prodotto armonizzate che stabiliscono come ogni prodotto deve garantire il rispetto dei requisiti. La norma di prodotto per l'XPS è la UNI EN 13164 "Isolanti termici per edilizia – Prodotti di polistirene espanso estruso ottenuti in fabbrica– Specificazione".

Tra le novità più importanti del Regolamento 305/2011 l'introduzione della "dichiarazione di Prestazione" che sostituisce la "Dichiarazione di conformità" prevista dalla precedente Direttiva 89/106. La Dichiarazione di Prestazione (DoP) è il documento che riporta le prestazioni del prodotto da costruzione, valutate in base alla norma armonizzata di riferimento per quel prodotto. La DoP è obbligatoria quando un prodotto è coperto da una norma europea armonizzata o da una valutazione tecnica europea (ETA) rilasciata per quel prodotto.

Si ricorda inoltre che nel Regolamento 305/2011 all' articolo 4, parlando di dichiarazione di prestazione, è sottolineato il fatto che "quando un prodotto da costruzione rientra nell'ambito di applicazione di una norma armonizzata o è conforme a una valutazione tecnica europea rilasciata per il prodotto in questione, le informazioni, sotto qualsiasi forma, sulla sua prestazione in relazione alle caratteristiche essenziali, come definite nella specifica tecnica armonizzata applicabile, possono essere fornite solo se comprese e specificate nella dichiarazione di prestazione, eccetto nei casi in cui (..) non è stata redatta alcuna dichiarazione di prestazione."

Conduttività termica dichiarata e di progetto

Nella marcatura CE dei materiali isolanti è presente il valore di conduttività dichiarata λ_D calcolato a partire dal $\lambda_{90/90}$ con le dovute approssimazioni previste.

Il valore $\lambda_{90/90}$ è rappresentativo del 90% della produzione con una confidenza del 90%.

In accordo con le norme di prodotto e le norme di riferimento per la valutazione della conduttività termica in laboratorio, per esempio la norma UNI EN 12667, i prodotti isolanti vengono testati a 10 °C di temperatura media, cioè con una differenza applicata alle facce dei campioni di $\Delta T = 20^\circ\text{C}$.

Il progettista prima di procedere con i calcoli per le verifiche termiche deve conoscere (o poter ipotizzare) le condizioni di esercizio del materiale e confrontarle con quelle utilizzate per la misura del valore di conduttività termica fornito dal produttore. Se le condizioni di temperatura e umidità sono differenti deve modificare il valore dichiarato e trasformarlo in valore di progetto.

La conduttività termica infatti è sensibile al cambiamento di temperatura e umidità.

La norma UNI EN ISO 10456 indica le modalità per passare da un valore λ_1 calcolato in condizioni T_1 a un valore di λ_2 valutato in condizioni T_2 attraverso il fattore temperatura F_t :

$$\lambda_2 = \lambda_1 \cdot F_t \qquad F_t = e^{f_t \cdot (T_2 - T_1)}$$

dove:

F_t è il fattore di temperatura;

f_t è il coefficiente di conversione della temperatura [1/K].

Allo stesso modo indica anche le modalità per passare da un valore λ_1 a λ_2 per differenti condizioni di umidità attraverso il fattore temperatura F_m :

$$\lambda_2 = \lambda_1 \cdot F_m$$

Il coefficiente F_m si può valutare secondo le seguenti formule:

$$F_m = e^{f_u \cdot (u_2 - u_1)}$$

$$F_m = e^{f_\psi \cdot (\psi_2 - \psi_1)}$$

dove:

F_m è il fattore d'umidità;

f_u è il coefficiente di conversione dell'umidità valutato con riferimento alla massa;

f_ψ è il coefficiente di conversione dell'umidità valutato con riferimento alla volume;

I valori di f_t - f_u - f_ψ sono suggeriti per varie tipologie di materiale in maniera tabellare nella norma europea.

Tali valori sono validi per temperature medie tra 0°C e 30°C.

Esempio di correzione in funzione della temperatura

Si consideri un pannello di XPS con $\lambda_1 = 0,035$ W/mK valutato in condizioni di prova di $T_{1\text{media}} = 10^\circ\text{C}$ (condizione di laboratorio), posizionato come isolamento dall'esterno in condizioni climatiche estive per il quale il materiale isolante lavora in una condizione media $T_{2\text{media}} = 26^\circ\text{C}$ (condizione operativa).

Dalla tabella A3 (Appendice A. UNI EN ISO 10456:2008) ricavo che il fattore correttivo $f_t = 0,0035$ 1/K

$$F_t = e^{f_t \cdot (T_2 - T_1)} = 1,0576$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 \cdot F_t = 0,037 \text{ W/Mk}$$

Si ricorda che le condizioni operative sono a discrezione del progettista in funzione dell'applicazione specifica.

Scheda marcatura CE e DOP**Norma di prodotto:**

UNI EN 13164 "Isolanti termici per edilizia – Prodotti di polistirene estruso (XPS) ottenuti in fabbrica – Specificazione"

Codice di designazione (esempio):

XPS - EN 13164 – T2 – DS(70,90) – DLT(2)5 – CS(10/Y)300 – CC(2/1,5/50)100 – WD(V)3 – WL(T)0,7 – MU150 – FTCD2

Descrizione del codice di designazione (esempio):

Descrizione del simbolo	Simbolo	Livello o classe	Valore corrispondente
Polistirene espanso estruso (da eXtruded PolyStyrene foam)	XPS		
Numero della norma armonizzata di prodotto	EN 13164		
Tolleranza sullo spessore	Ti	2	-1,5mm ÷ 1,5 mm
Stabilità dimensionale in specifiche condizioni (70°C, 90% u.r., 48 h)	DS(70,90)		≤ 5%
Deformazione in specifiche condizioni di carico e temperatura (70°C, 168 h)	DLT(i)5	2	≤ 5% con carico 40 kPa
Resistenza alla compressione al 10% deform.	CS(10/Y)i	300	≥ 300 kPa
Scorrimento viscoso a compressione (creep) dopo 50 anni, con deformazione max al 2%	CC(2/1,5/50)i	100	100 kPa
Assorbimento d'acqua a lungo periodo per diffusione	WD(V)i	3	≤ 3%
Assorbimento d'acqua a lungo periodo per immersione totale	WL(T)i	0,7	≤ 0,7%
Fattore di resistenza alla diffusione del vapor d'acqua	MUi	150	≥ 150
Resistenza al gelo-disgelo dopo assorbimento d'acqua per diffusione (assorbimento addizionale)	FTCDi	2	≤ 2%

Esempio ETICHETTA CE

 1234 / 7456		Marcatura CE, rappresentata dal simbolo "CE"										
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 15 0123 – DoP – 2013/10/07		Numero identificativo del/degli istituto/i notificato/i Nome e indirizzo registrato del produttore, o marchio identificativo Ultime due cifre dell'anno in cui è stata apposta la marcatura CE per la prima volta Numero di riferimento della DoP										
EN 13164:2012+A1:2015 ABCD Roofboard Isolamento termico per l'edilizia <table> <tr> <td>R_D</td> <td>2,95 m²K/W</td> </tr> <tr> <td>λ_D</td> <td>0,034 W/(m·K)</td> </tr> <tr> <td>d_N</td> <td>100 mm</td> </tr> <tr> <td>T</td> <td>T2</td> </tr> <tr> <td>RtF</td> <td>E</td> </tr> </table> DS(70,90); DLT(2)5 FTCD2 CS(10\Y)300 CC(2\1,5\50)100 WL(T)0,7; WD(V)3 MU150 XPS-EN13164-T2-CS(10\Y)300- CC(2\1,5\50)100-WL(T)0,7-WD(V)3-FTCD2- DS(70,90)-DLT(2)5-MU150		R_D	2,95 m ² K/W	λ_D	0,034 W/(m·K)	d_N	100 mm	T	T2	RtF	E	N° della norma europea applicata, come indicato nella GUUE Codice di identificazione unico del prodotto-tipo Usi previsti del prodotto come previsto dalla norma europea applicata Resistenza termica Tolleranza sullo spessore Reazione al fuoco – Euroclasse Durabilità della resistenza termica a seguito di calore, intemperie, invecchiamento/ degrado Resistenza alla compressione Durabilità della resistenza a compressione a seguito di invecchiamento/degrado Permeabilità all'acqua Permeabilità al vapor d'acqua Codice di designazione (secondo la clausola 6 per le caratteristiche rilevanti in accordo alla Tabella ZA.1) Livello o classe di prestazione dichiarata
R_D	2,95 m ² K/W											
λ_D	0,034 W/(m·K)											
d_N	100 mm											
T	T2											
RtF	E											

1.3 Caratteristiche tecniche indicative

In fase di progettazione preliminare o esecutiva è indispensabile conoscere le norme di riferimento e le indicazioni corrette per la scelta delle prestazioni dei materiali da inserire nei calcoli per il rispetto dei requisiti di legge.

Le norme di riferimento sono la UNI 10351:2015 e la UNI EN ISO 10456:2008.

La norma nazionale introduce il metodo di scelta dei valori di conduttività termica, resistenza al passaggio del vapore e calore specifico.

I prodotti in XPS sono soggetti a marcatura CE in quanto sotto norma armonizzata ormai dal 2003, quindi rispetto ad altri materiali da costruzione generici o isolanti di cui non vige l'obbligo di marcatura CE, è sicuramente più semplice capire l'iter di valutazione delle prestazioni.

La UNI EN ISO 10456 propone dei valori di resistenza al passaggio del vapore e calore specifico per tutti i materiali da costruzione compresi i materiali isolanti, mentre per la conduttività dei materiali isolanti la norma europea non fornisce indicazioni. La UNI 10351 riporta due tabelle di valori prestazionali: il prospetto A1 che riporta le caratteristiche della vecchia UNI 10351:1994 e il prospetto 2 invece che propone dei valori di conduttività per i materiali isolanti attualmente presenti sul mercato e quindi riconducibili a un conduttività dichiarata reale.

La scelta di uno o l'altro valore è funzione dell'epoca di installazione del materiale.

La tabella di seguito riporta il percorso per i materiali isolanti:

	Data di installazione		λ (W/mK)	μ	c (J/kgK)
Materiali già installati	Ante obbligo di marcatura CE		Prospetto A1- UNI 10351/2015	Prospetto A1- UNI 10351/2015	UNI EN ISO 10456/2008
	Post obbligo marcatura CE o marcatura volontaria	Etichetta CE disponibile	Valore marcatura CE	Valore marcatura CE	UNI EN ISO 10456/2008
		Etichetta CE non disponibile	Prospetto 2- UNI 10351/2015	UNI EN ISO 10456/2008	UNI EN ISO 10456/2008
Materiali di nuova installazione	Post obbligo marcatura CE o marcatura volontaria	Prodotto commerciale già scelto	Valore marcatura CE	Valore marcatura CE	UNI EN ISO 10456/2008
		Materiale scelto ma non prodotto commerciale	Prospetto 2- UNI 10351/2015	UNI EN ISO 10456/2008	UNI EN ISO 10456/2008

I dati per i prodotti in XPS sono riportati nella tabella di seguito.

Descrizione	Simbolo	Unità di misura	Fonti		
			UNI EN ISO 10456/2008	Prospetto 2- UNI 10351/2015	Prospetto A1- UNI 10351/2015
conduttività termica	λ	W/mK	-	0.034-0.038	0.034–0.041
coefficiente di conversione per effetto della temperatura	f_T	1/K	0.0035-0.0046	-	-
coefficiente di conversione per effetto dell'umidità	f_ψ	-	2.5 ¹	-	-
densità	ρ	kg/m ³	20-65	-	30-50
capacità termica specifica	c	J/kgK	1450	-	-
fattore di resistenza al vapore (DRY/ WET)	μ	-	150/150	-	83/303
coefficiente di permeabilità al vapore acqueo	δ	kg/msPa 10 ⁻¹²	calcolare	-	0.6-2.2

Reazione al fuoco

euroclasse di reazione al fuoco	E
---------------------------------	---

Altre caratteristiche da fonti varie

valore di resistenza a compressione al 10% di deformazione	kPa	200-700
coefficiente di dilatazione termica lineare	1/°C	0.06-0.08
Scorrimento viscoso a compressione al 2% di deformazione in 50 anni (creep)	kPa	100-250
Coefficiente di assorbimento per diffusione	%	≤ 1- ≤ 5
coefficiente di assorbimento per immersione		≤ 0,7 - ≤1,5

¹ Il valore è impiegabile per contenuti di umidità nel materiale inferiori al 10% del volume.

1.4 Perché utilizzare prodotti in XPS

Nessun altro materiale isolante in commercio combina tutte le seguenti caratteristiche: elevato isolamento termico, eccezionale resistenza meccanica, mantenimento delle prestazioni nel tempo, traspirabilità, scarsissimo assorbimento d'acqua.

E' la particolare struttura a celle chiuse della sua schiuma che permette al polistirene estruso di non assorbire acqua e di mantenere quindi inalterate le performance nel tempo. Per poter essere definito XPS, la percentuale di celle chiuse deve essere elevatissima: almeno il 95%. Inoltre, la possibilità di utilizzare una parte di polistirene riciclato, in percentuale variabile, durante il processo produttivo, contribuisce a garantire la sostenibilità ambientale del prodotto.

L'unione di tutte queste qualità conferisce al polistirene estruso una versatilità applicativa unica.

Grazie alla sua duttilità trova applicazione in coperture piane, a falde, tetti parcheggio, terrazzi, isolamento perimetrale, sotto platea di fondazione, parete intercapedine, parete a cappotto esterno, isolamento dall'interno accoppiato con cartongesso, piani pilotis, solai interpiano, isolamento di pilastri e soglie per l'eliminazione dei ponti termici, ristrutturazione di ambienti umidi.

Per alcune di queste applicazioni, poi, essendo richieste elevate performance di resistenza meccanica, il polistirene estruso è praticamente insostituibile.

Come materiale è scelto da molti addetti ai lavori grazie alla leggerezza nella movimentazione, all'estrema lavorabilità con semplici attrezzi da cantiere, alla possibilità di essere stoccato all'aperto finanche esposto alle intemperie. Questi sono alcuni dei motivi che hanno portato il polistirene estruso XPS ad essere uno dei più diffusi ed apprezzati isolanti termici.

Le principali applicazioni del polistirene estruso riguardano:

- Isolamento per tetti piani
- Isolamento di tetti a falda
- Isolamento di parete dall'esterno
- Isolamento in intercapedine
- Isolamento contro terra e sottofondazioni
- Isolamento solai e pavimenti
- Elementi prefabbricati e pannelli sandwich

Nel capitolo 3 vengono analizzate alcune delle tipologie di utilizzo più diffuse.