

Comportamento delle facciate degli edifici in caso di incendio

Il contributo dei materiali ceramici alla sicurezza

Maggio 2025

Introduzione

Negli ultimi anni i casi di drammatici eventi di incendio, che hanno interessato edifici altirivestiti con soluzioni di facciata volte a migliorarne l'efficienza energetica, riportati dalla cronaca hanno sollevato preoccupazioni sul comportamento al fuoco dell'involucro edilizio.

In questo contesto, Confindustria Ceramica ed ASCER (*Asociación Española De Fabricantes De Azulejos Y Pavimentos Cerámicos*) hanno commissionato all'Università di Bologna (UNIBO), Centro Ceramico, ITC (*Institut de Tecnologia Ceràmica*), e Forensic Experts S.r.l. uno studio intitolato "*Fire behavior and energy efficiency of the building façade: the benefits of ceramic tiles*".

Lo studio analizza il contributo positivo che i materiali ceramici possono apportare sia all'efficienza energetica che al comportamento dell'involucro edilizio in caso di incendio, rispetto a soluzioni alternative. In particolare, esamina come i sistemi di facciata con rivestimenti in ceramica o cotto e in laterizio possano migliorare l'efficienza energetica e la sicurezza antincendio (con focus principale sulla riqualificazione del costruito), delineando sia i quadri normativi che le valutazioni tecniche dei vari sistemi di facciata.

A partire da questo studio, il presente documento discute il comportamento dell'involucro edilizio in caso di incendio ed il contributo dei materiali ceramici alla sicurezza, non solo per gli interventi sull'esistente ma anche per le nuove costruzioni.

Comportamento della facciata in caso di incendio

La progettazione antincendio degli edifici è di estrema importanza per la sicurezza delle persone. Alcune condizioni dello sviluppo urbano e l'adozione di prescrizioni normative di Paesi dai climi più rigidi presentano spesso due aspetti che hanno un forte impatto sul comportamento antincendio: **edifici che si sviluppano in verticale** e l'implementazione di **sistemi di facciata** che mirano a fornire agli edifici un **iper-isolamento**, non del tutto appropriato alle latitudini mediterranee.

Come si sviluppa un incendio della facciata

In generale, la combinazione dei materiali utilizzati e la geometria spaziale della facciata (es. presenza di cavità o ostacoli) influenzano notevolmente il comportamento del fuoco. La comprensione del comportamento del fuoco durante gli incidenti gravi è fondamentale per valutare il ruolo dei materiali da costruzione. La progressione del fuoco può essere suddivisa in quattro fasi:

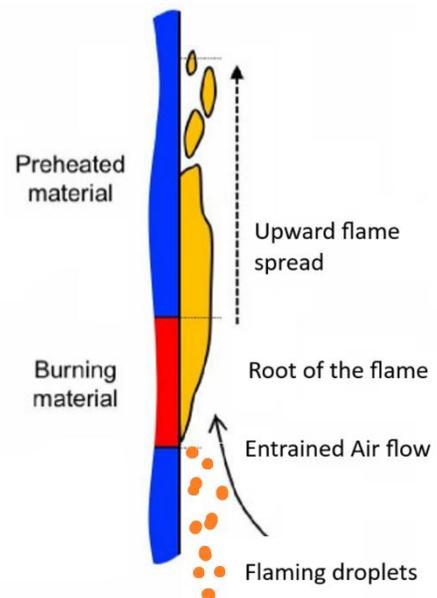
1. Scoppio e sviluppo dell'incendio

Un incendio scoppia quando una fonte di calore agisce sul combustibile, diffondendosi poi ai materiali adiacenti. In uno spazio confinato, il fumo si accumula, formando uno strato che si intensifica con il progredire della combustione. Il calore radiante dello strato di fumo si acuisce e quando supera i 20 kW/m^2 (a $\sim 600^\circ\text{C}$), si verifica una fase di transizione nota come **"flashover"**, che porta a un **incendio completamente sviluppato e controllato dalla ventilazione che si diffonde al di fuori del compartimento originale**. Le misure di protezione attiva, come un sistema antincendio, possono prevenire un flashover, ma sono poco diffuse negli edifici residenziali.

2. Diffusione verticale esterna dell'incendio

Dopo il flashover, **le fiamme si sprigionano dalle aperture del compartimento** (ad esempio, dalle finestre). Queste fiamme incontrano la **facciata** e, se sono presenti materiali combustibili, li incendiano, dando inizio a una **rapida propagazione verticale delle fiamme**. La fiamma riscalda e preincendia i materiali sovrastanti, accelerando la propagazione per effetto di galleggiamento (cfr. figura a destra). Come effetti secondari, la combustione di materiali termoplastici può produrre **gocce infuocate**, che si diffondono verso il basso. Il calore può indebolire gli elementi della facciata, provocando il **distacco e la caduta di detriti**, ostacolando i soccorsi.

Questa fase è influenzata in modo critico dalla **progettazione dell'edificio**: le configurazioni verticali del combustibile aumentano intrinsecamente la dinamica dell'incendio a causa dell'**effetto di galleggiamento** e del potenziale **effetto camino** nelle cavità, dove le correnti d'aria accelerano ulteriormente le fiamme. Per questo motivo, i materiali di facciata non combustibili e la riduzione al minimo delle correnti d'aria indotte dalle cavità sono essenziali per ridurre il rischio di incendio.



3. Diffusione laterale dell'incendio

Quando le fiamme verticali si sviluppano, **il calore radiante incendia le sezioni adiacenti della facciata, portando alla diffusione laterale**. Il vento, soprattutto in prossimità degli angoli dell'edificio, può accelerare questo processo, coinvolgendo completamente la facciata.

4. Migrazione interna dell'incendio

Le fiamme esterne possono penetrare negli edifici adiacenti attraverso le finestre, incendiando i materiali all'interno e provocando **incendi secondari** a più livelli. La **diffusione del fumo** internamente compromette ulteriormente la sicurezza degli occupanti.

Casi studio recenti

Negli ultimi anni si sono verificati tre importanti incendi che hanno interessato nello specifico le facciate di edifici in tre Paesi europei (Regno Unito, Italia e Spagna). Sebbene le cause di innesco fossero diverse, la progressione degli incendi ha seguito dinamiche simili, sottolineando l'impatto della progettazione dell'involucro edilizio e dei materiali combustibili.

Grenfell Tower Fire



Moro Tower Fire



Valencia Fire



4| COMPORTAMENTO IN CASO DI INCENDIO

	Grenfell Tower Fire	Moro Tower Fire	Valencia Fire
Luogo	Londra, UK	Milano, Italia	Valencia, Spagna
Data	4 giugno 2017	29 agosto 2021	22 febbraio 2024
Materiali principali	Pannelli compositi in alluminio (ACP) con anima in polietilene.		
Informazioni aggiuntive sui materiali/design	Materiali combustibili multipli , come isolante in poliisocianurato(PIR) , l'etilene-propilene diene monomero (EPDM), le membrane in gomma sintetica, ecc.	I due angoli opposti dell'edificio erano dotati di cavità verticali chiuse che correvano lungo l'altezza dell'edificio, chiamate "vele".	Non ancora reso noto al pubblico.
Problematica principale	La combinazione di una distribuzione verticale degli elementi combustibili e la presenza di cavità verticali hanno contribuito in modo significativo al comportamento dell'incendio.		
Ulteriori problematiche	Mentre il polietilene può fondere e gocciolare, causando una diffusione delle fiamme verso il basso ; il poliisocianurato non fonde, ma carbonizza e brucia, rilasciando acido cianidrico , un gas tossico che contribuisce alla tossicità del fumo . La diffusione del fumo ha reso inutilizzabile l'unica via d'uscita ed ha rallentato l'intervento dei soccorsi.	La propagazione laterale dell'incendio è stata favorita dall'elevata velocità del vento (60-100 km/h).	Non note.
Progressione dell'incendio	Le fiamme si sono propagate prima in verticale (fig. 3), verso l'alto per l'effetto camino e verso il basso per il gocciolamento; poi si sono propagate lateralmente sulla facciata.	L'incendio è iniziato su un balcone vicino alle "vele" (fig. 4). Le fiamme sono penetrate nell'intercapedine, provocando una rapida propagazione verticale per effetto del camino. È seguita la propagazione laterale.	La propagazione verticale (fig. 5) e laterale della fiamma è stata intensificata dai materiali combustibili della facciata.

Ciò che si evince da questi casi di studio è che **la progettazione e i materiali utilizzati nelle facciate degli edifici sono fondamentali per la sicurezza antincendio**. L'integrazione di **elementi combustibili**, soprattutto in **configurazioni verticali intercapedine d'aria**, **aggrava i rischi di rapida diffusione dell'incendio** a causa della fisica della propagazione del fuoco. A questo si aggiunge che, se lo strato più esterno della facciata è esso stesso combustibile o semplicemente non resiste alle alte temperature, i materiali combustibili di isolamento si trovano esposti direttamente all'ossigeno, con una conseguente propagazione ancora più rapida delle fiamme.

Per ridurre tali rischi, è consigliabile:

- In fase di **ristrutturazione**, per quanto riguarda la **facciata**:
 - sostituire gli elementi combustibili con **materiali non combustibili** per evitare la propagazione verticale delle fiamme, come rivestimenti in ceramica o cotto;
 - installare **rivestimenti non combustibili** (ad esempio, materiali ceramici) **sul lato esterno delle stratigrafie**, per proteggere quanto più possibile i nuclei combustibili dal contatto con l'ossigeno e rallentare la propagazione delle fiamme, al fine di consentire l'intervento del VV.FF. e raggiungere allo stesso tempo gli obiettivi di efficienza energetica.
- Negli **edifici nuovi**, per quanto riguarda invece la **struttura dell'edificio**, utilizzare soluzioni costruttive in laterizio, per garantirne l'incombustibilità.

Reazione al fuoco e partecipazione dei materiali all'incendio

Classificazione di reazione al fuoco¹

La **reazione al fuoco** dei **prodotti e degli elementi da costruzione** è determinata dalla norma **EN 13501-1:2019**. In base a questa norma, utilizzata anche per la marcatura CE, i prodotti sono suddivisi in **sette classi di reazione al fuoco** (cfr. tabella 1), in base alle loro prestazioni nelle prove effettuate in laboratorio²:

- i **materiali non combustibili** sono classificati come A1 (se non possono bruciare o contribuire allo sviluppo di un incendio) o come A2 (se il loro contributo allo sviluppo dell'incendio e al rilascio di calore è estremamente limitato);
- i **materiali combustibili** sono quelli che si infiammano e si dividono in:
 - infiammabili (B e C),
 - normalmente infiammabili (D ed E),
 - altamente infiammabili (F).

I **pavimenti** sono classificati secondo le stesse classi dei prodotti da costruzione, ma sono testati orizzontalmente. Le lettere di classificazione sono seguite dall'abbreviazione "fl" (ad esempio, A1fl).

La norma EN 13501-1 prevede anche una **classificazione aggiuntiva** per alcune classi di reazione al fuoco (A2, B, C, D ed E), che quantificano l'emissione di fumo e la produzione di gocce infuocate. Le lettere di classificazione rappresentano quanto segue (vedi tabella 1):

¹ La reazione al fuoco e la resistenza al fuoco sono due concetti diversi:

- la reazione al fuoco di un materiale rappresenta il comportamento al fuoco del materiale stesso che, per effetto della sua decomposizione può alimentare o meno il fuoco al quale è esposto, partecipando così all'incendio;
- la resistenza al fuoco è invece un parametro tipicamente riferito alle strutture, chiusure o sistemi di parete/solaio degli edifici e rappresenta la capacità di un sistema tecnologico composto da uno o più materiali di resistere per un determinato tempo all'incendio, garantendo tenuta in termini di resistenza, ermeticità e isolamento termico.

² Va notato che la classificazione ottenuta si basa sui risultati di test che valutano i prodotti da costruzione singolarmente, non come parte di un sistema più complesso. Sebbene in diversi Paesi europei siano stati sviluppati test in scala reale sui sistemi di facciata, attualmente non esiste un metodo di prova e valutazione armonizzato a livello europeo.

6| COMPORTAMENTO IN CASO DI INCENDIO

- **“s”:** **livello di emissione di fumo.** La velocità di rilascio del fumo e la quantità totale di fumo generato, con valori che vanno da 1 (assente/scarso) a 3 (elevato);
- **“d:** **produzione di gocce infuocate.** La formazione di gocce infuocate durante le prove di reazione al fuoco, con valori che vanno da 0 (assente) a 2 (elevata).

Tabella1. Classificazione secondo EN 13501-1:2019

Definizione	Prodotti da costruzione (esclusi i pavimenti)			Pavimenti	
	A1			A1fl	
Materiali non combustibili	A2-s1 d0	A2-s1 d1	A2-s1 d2	A2fl-s1	A2fl-s2
	A2-s2 d0	A2-s2 d1	A2-s2 d2		
	A2-s3 d0	A2-s3 d1	A2-s3 d2		
Materiali combustibili - contributo molto limitato all'incendio	B-s1 d0	B-s1 d1	B-s1 d2	Bfl-s1	Bfl-s2
	B-s2 d0	B-s2 d1	B-s2 d2		
	B-s3 d0	B-s3 d1	B-s3 d2		
Materiali combustibili - contributo limitato all'incendio	C-s1 d0	C-s1 d1	C-s1 d2	Cfl-s1	Cfl-s2
	C-s2 d0	C-s2 d1	C-s2 d2		
	C-s3 d0	C-s3 d1	C-s3 d2		
Materiali combustibili - contributo all'incendio medio	D-s1 d0	D-s1 d1	D-s1 d2	Dfl-s1	Dfl-s2
	D-s2 d0	D-s2 d1	D-s2 d2		
	D-s3 d0	D-s3 d1	D-s3 d2		
Materiali combustibili - contributo all'incendio alto	E		E-d2	Efl	
Materiali combustibili – altamente infiammabili	F			Ffl	

Inoltre, ogni Paese dell'UE potrebbe avere classificazioni diverse per la reazione al fuoco (ad esempio **UNI CEI EN ISO 13943/2004** in Italia).

La **Decisione 96/603/CE della Commissione Europea** (inclusa nella norma armonizzata EN 14411), ha stabilito un **elenco di prodotti**, tra i quali rientrano anche i **materiali ceramici**, da considerare come aventi una **classe di reazione al fuoco A1 (o A1fl) “Nessun contributo all'incendio” senza necessità di test**, e che:

- i prodotti realizzati incollando uno o più di questi materiali saranno considerati in classe A senza necessità di test, a condizione che la colla non superi lo 0,1 % in peso o in volume;
- nessuno dei materiali indicati in Classe A può contenere più dell'1,0% in peso o in volume di materiale organico omogeneamente distribuito.

Reazione al fuoco dei materiali ceramici

- La ceramica, come anche il laterizio, è un **materiale inerte**, per questo motivo è **intrinsecamente incombustibile**, indipendentemente dalle condizioni di installazione o di utilizzo.
- Secondo la norma EN 13501-1 e la decisione 96/603/CE della Commissione Europea, la ceramica e il laterizio sono in classe **A1** e **A1fl** per i pavimenti, cioè materiali incombustibili e con “nessun contributo all’incendio”.
- Secondo la norma EN 13501-1, i materiali ceramici in caso di incendio **non rilasciano fumi tossici e gas della combustione (s1) e non producono gocce/particelle infuocate (d0)**.
- Le **piastrelle in ceramica multistrato** sono composte da piastrelle in ceramica e da una rete di rinforzo in fibra di vetro. Test sperimentali hanno dimostrato che l'uso della rete di rinforzo ostacola il rilascio di frammenti nelle grandi lastre ceramiche durante un evento di incendio. Le piastrelle ceramiche multistrato sono solitamente classificate come **A2-s1, d0** o **B-s1, d0**³.
- Rispetto ad altri materiali di rivestimento (ad esempio, pannelli in fibrocemento, alluminio o legno), i materiali ceramici sono **prodotti stabili in grado di resistere alle alte temperature** e rappresentano quindi una soluzione ottimale per le facciate degli edifici.
- Il rivestimento in materiale ceramico può essere **combinato con uno strato di isolamento termico totalmente incombustibile** (ad esempio, lana minerale), come protezione e miglioramento delle prestazioni antincendio finali dell'edificio, soddisfacendo i requisiti più stringenti in materia di sicurezza antincendio e di efficienza energetica.
- La soluzione maggiormente efficace, sia in termini di sicurezza antincendio che di efficienza energetica, è ottenuta quando l’involucro verticale principale è costituito da **muratura massiva** con caratteristiche termo-acustiche conformi, tali da non necessitare dello strato isolante aggiuntivo esterno. È questo il caso di **muratura monostrato in blocchi di laterizio** di ultima generazione (*rettificati a setti sottili* oppure *a isolamento diffuso integrato*) che rappresentano quindi il supporto per il **rivestimento in materiali ceramici**.

Reazione al fuoco dei materiali di facciata

- **Materiali organici:**

- I **materiali polimerici**, spesso utilizzati per l'isolamento termico, possono incendiarsi facilmente e rilasciare gas tossici, e il più delle volte risultano in classe **E** se non adeguatamente rivestiti.
 - Le **schiume poliuretatiche** offrono diverse prestazioni antincendio a seconda del tipo di schiuma (schiuma poliuretatica rigida o polisocianurato) e del tipo di rivestimento applicato (organico, inorganico, metallico). La combustione delle schiume poliuretatiche può produrre fumi e gas tossici, tra cui l'acido cianidrico, ma può non essere soggetta al fenomeno delle gocce.

³Quando si valuta il comportamento al fuoco dei materiali ceramici utilizzati come rivestimento, si deve considerare anche l'eventuale presenza di reti di rinforzo. A questo proposito, la norma ISO/TS 17870-3 per le facciate ventilate specifica: «*All ceramic tiles, regardless of their size, are considered to be non-combustible. However, any large format porcelain tiles or panels manufactured with a reinforcement mesh, or any kind of reinforcement attached, should be tested for resistance to fire, particularly if the product is to be used for façades on high rise residential properties.*»

8| COMPORTAMENTO IN CASO DI INCENDIO

- Anche il **polistirene espanso sinterizzato** (EPS) e la **schiuma di polistirene estruso** (XPS) sono combustibili, possono essere soggetti al fenomeno delle gocce e possono rilasciare fumo scuro e monossido di carbonio quando bruciano. L'EPS se **additivato con sostanze che producono l'autoestinguenza** (ad esempio con **grafite**) non propaga la fiamma nel momento del contatto, ma solo se opportunamente rivestito - **da materiali ignifughi** - la soluzione risultante può raggiungere una reazione al fuoco in classe **B**.
- I **materiali di origine biologica**: il **legno** è combustibile, con una temperatura di ignizione di circa 230°C. I trattamenti (impregnazione con solfato di ammonio⁴ o sali di fosfato di ammonio, o verniciatura ignifuga) possono migliorare la reazione al fuoco, ma il legno non trattato ha generalmente un alto grado di partecipazione al fuoco.
- **Materiali inorganici**:
 - I **materiali minerali** come la lana minerale e il vetro sono incombustibili (classe **A1**) e sicuri in caso di incendio.

La **lana minerale** è un materiale inerte che non rilascia fumi tossici quando brucia.

Il **vetro** mantiene la sua resistenza meccanica alla compressione fino a temperature superiori a 600°C, ma in condizioni reali di incendio si possono formare crepe a circa 240°C nelle superfici fenestrate.
 - I **materiali metallici** come l'alluminio e l'acciaio sono incombustibili, ma hanno dei limiti: l'**alluminio** fonde a 660°C, mentre l'**acciaio** perde la sua performance meccanica già a 300°C per effetto delle grandi deformazioni indotte dalla temperatura. Inoltre, bisogna considerare che i metalli hanno un'alta conducibilità termica, accelerando così la propagazione del calore.
- La reazione al fuoco dei **materiali compositi** è diversa da quella dei singoli materiali di cui sono costituiti, e varia a seconda della composizione.
 - Generalmente gli **ACP** (pannelli compositi alluminio-polietilene) sono classificati come A2-s1d0 se hanno un nucleo minerale, B-s1d0 se hanno un nucleo con ritardante di fiamma, e C od inferiore se hanno un nucleo combustibile. I materiali compositi come l'ACP possono emettere sostanze pericolose durante la combustione, come monossido di carbonio e altre sostanze derivanti dalla combustione della frazione di materiale plastico, oltre che CO₂.
 - Le **rasature dei cappotti** sono composte da cemento e resina, ed è proprio l'aggiunta di questo secondo componente (combustibile) a peggiorare il comportamento al fuoco delle rasature. È importante anche notare che il comportamento al fuoco non dipende solo dalla rasatura, ma dall'intero pacchetto del sistema cappotto, inclusi isolante, collante, rasatura armata e finitura.

Scelta della soluzione ideale

La scelta della soluzione ideale per la **facciata** in termini di sicurezza antincendio dipende dalla tipologia di edificio (se si sta parlando di un edificio di nuova costruzione o se si sta invece considerando una ristrutturazione), e richiede un approccio integrato che consideri materiali e progettazione sistemica.

Per un **nuovo edificio**, è opportuno progettare soluzioni di involucro e di facciata che includano principalmente complessivamente materiali incombustibili, come i prodotti ceramici. Nel caso invece di un **edificio da ristrutturare**, è comunque consigliabile utilizzare prodotti incombustibili almeno per lo strato esterno della facciata, in modo tale che questi proteggano l'isolante e rallentino la propagazione della fiamma in caso di incendio.

⁴ L'agenzia europea ECHA (European Chemicals Agency) indica il solfato di ammonio come [irritante](#), e le [misure antincendio specifiche per il solfato di ammonio](#) indicano che "a temperature di 235 °C può essere emessa: ammoniac".

Si sottolinea, inoltre, che nel caso di un edificio nuovo, la scelta maggiormente efficace è quella di **utilizzare materiali incombustibili anche per la struttura principale**. Ad esempio, la muratura monostrato in blocchi di laterizio può non necessitare dello strato esterno di isolante perché ha già caratteristiche isolanti in sé e per sé.

In sintesi, i **materiali ceramici** sono classificati come **incombustibili** (A1 o A1fl) secondo la norma EN 13501-1 e la Decisione 96/603/CE della Commissione Europea, il che li rende una **scelta più sicura rispetto ai materiali combustibili alternativi**.

Non emettono fumi tossici né CO₂ e non producono gocce infuocate quando sono esposti al fuoco, riducendo in modo significativo i rischi associati alla propagazione del fuoco nelle facciate degli edifici. Il loro utilizzo **in maniera indipendente o in combinazione con eventuali isolanti non combustibili** (come la lana minerale) ne aumenta ulteriormente l'efficacia nel prevenire la propagazione del fuoco e nel garantire l'integrità strutturale durante gli incendi.

Inoltre, i **materiali ceramici** possono avere un'importante **funzione protettiva** per gli **isolanti in EPS**, in quanto assicurano una soluzione complessiva in classe di reazione al fuoco **B-s1-d0**, altrimenti non ottenibile con l'applicazione dei soli isolanti polimerici in facciata.

Ulteriori approfondimenti



Guarda il video sulla **resistenza al fuoco** della ceramica



Leggi il riassunto dello studio svolto dal CIRI MAM dell'Università di Bologna, che analizza la **reazione al fuoco** dei PBM (plastic-based-materialfloorings) e della ceramica