



ABELLISCONO,
MA LA LORO
INSTALLAZIONE
NON È SOLO
UNA QUESTIONE
DI ESTETICA
E VI SPIEGHIAMO
PERCHÉ

LA PARTE MOBILE DELLE CASE: TUTTE LE VARIABILI POSSIBILI DEI SERRAMENTI (PARTE II)

Serramenti e sistemi oscuranti sono soggetti a una serie di normative legate alla loro duplice natura di componenti edilizi e di prodotti destinati alla vendita diretta al cliente privato, di solito, con la relativa installazione.

In questo senso, essi devono rispettare sia le normative sui materiali da costruzione sia quelle norme volte alla protezione dell'utente finale. Alla luce di queste premesse appare chiaro come risulti un quadro normativo abbastanza complesso. Si cercherà di rappresentare tale quadro per sommi capi, mirando piuttosto alla spiegazione degli aspetti essenziali delle norme più rilevanti e significative. In questa seconda parte ci occuperemo della caratterizzazione del vetro nella lavorazione destinata all'edilizia.



“Forse che qualcun altro sa di questa confezione de vetro?” Come lui disse no, Cesare gli fe' mozzare il capo.

Petronio - Satyricon 51

Il vetro è una sostanza amorfa costituita per la maggior parte da biossido di silicio, uno dei composti più diffusi nella litosfera; una gran parte della crosta terrestre è infatti composta da silicati e la silice stessa è facilmente reperibile in natura sotto forma di cristalli.

Masse compatte di silicio vetrificato si possono rinvenire nelle zone vulcaniche sotto forma di ossidiana amorfa e cristalli di silice pressoché pura sono il quarzo e altre pietre ornamentali.

La proprietà che rende il vetro tanto importante è la sua capacità di non interagire con la radiazione

elettromagnetica nello spettro visibile.

Deve questa sua peculiarità, abbastanza rara in natura, alla natura del legame tra silicio e ossigeno i cui elettroni non sono in grado di essere eccitati e assorbire quindi la radiazione almeno nello stretto intervallo di frequenze che l'occhio umano percepisce come luce visibile.

Il vetro comune è solido amorfo, privo di struttura cristallina, che per riscaldamento non presenta una netta transazione di fase ma mostra un rammollimento che ne consente la lavorabilità; la

fusione non avviene quindi a una specifica temperatura, ma esiste un intervallo nel quale la viscosità diminuisce progressivamente.

La temperatura di rammollimento dipende dalla composizione del vetro, in particolare del tipo fondente che accompagna la componente silicea.

La silice pura fonde infatti solo a temperature oltre i 2000 gradi centigradi e per questo motivo la scoperta del vetro non avvenne che relativamente tardi nella storia dell'umanità, a dispetto della notevole quantità di silice in natura.

Solo la scoperta di sostanze in grado di favorire la fusione a temperature più accessibili ha consentito l'inizio della produzione di manufatti a pasta vitrea, a partire dal III millennio a.C. presso i Fenici e gli Egizi.

I primi fondamenti a essere utilizzati furono la soda e la calce e con ogni probabilità la scoperta, al di là delle leggende, fu legata alla nascita della metallurgia del ferro; la soda infatti è presente nelle ceneri di legno che veniva usato come combustibile e come riducente dei materiali ferrosi, i quali a loro volta possono contenere silicati in grado di fondere: è presumibile quindi che il vetro o del materiale vetroso si ritrovasse nella ganga a fine fusione.

I primi utilizzi del vetro, massa informe di colore nero lucente per via delle impurità, furono di tipo ornamentale, ma presto si appresero e si diffusero le capacità necessarie a plasmare oggetti di utilità immediata, quali contenitori per profumi e unguenti; presso gli Egizi esisteva già uno sviluppato artigianato del vetro e notevoli manufatti si sono conservati fino

ad oggi. Presso gli antichi Romani il vetro era ben conosciuto anche se veniva utilizzato principalmente per vasi e contenitori di pregio, piuttosto che per la realizzazione di lastre utili a riempire spazi finestrati; per questi usi erano preferite pietre naturali di diversa natura, meno costose (definite genericamente da Plinio lapis specularis), estratte da numerosi siti minerari sparsi nell'Impero (Spagna, Cipro, Anatolia).

Nella breve escursione della storia dei componenti finestrati, si è già visto che un importante sviluppo nell'utilizzo del vetro avvenne nei primi secoli del secondo

Presso gli antichi Romani il vetro era ben conosciuto anche se veniva utilizzato principalmente per vasi e contenitori di pregio, piuttosto che per la realizzazione di lastre utili a riempire spazi finestrati

millennio quando si riscoprirono le tecniche di lavorazione andate perdute alla caduta dell'Impero e nuove scoperte vennero fatte con lo studio sistematico della composizione dei bagni di fusione.

Alla soda si affiancò la potassa come agente fondente, vennero aggiunti altri ossidi metallici (per esempio il piombo) per conferire maggiore brillantezza, si migliorarono le purezze delle materie prime per ottenere migliori qualità ottiche.

La tecnologia del vetro era ormai ritenuta strategica e nacquero veri e propri centri di sviluppo, i più famosi dei quali a Venezia e in

Boemia. Importanti avvenimenti avvennero anche sul fronte della tecnologia di fusione; per ottenere lastre abbastanza grandi con caratteristiche sufficientemente costanti si affinò la tecnica di soffiatura della pasta in bolle cilindriche che venivano successivamente tagliate e stese su piani di ferro caldi per il successivo raffreddamento; in alternativa, la pasta veniva depositata su piani rotanti per produrre dischi abbastanza omogenei da assemblare in vetrate regolari o tagliare e inserire in telai; in ogni caso, i prodotti presentavano numerosi difetti ottici, quali bolle e inclusioni, e avevano caratteristiche meccaniche spesso incostanti (cricche spontanee, eccessiva sensibilità termica, infragilimento) che limitavano, in ogni caso, le dimensioni massime delle vetrate commerciali.

Successivamente (XIX secolo) nacquero processi industriali di tiratura della massa fusa, processo in grado di produrre notevoli quantità di manufatti a ciclo pressoché continuo, con una decisa riduzione dei costi.

Le lastre così ottenute erano di dimensione notevolmente maggiore a quelle ottenibili con altri metodi e lo sviluppo delle tecniche di trattamento termico consentiva l'ottenimento di caratteristiche meccaniche adeguate e sufficientemente costanti; le caratteristiche ottiche erano tuttavia ancora abbastanza careni, in quanto il processo di stiratura induce ondulazioni superficiali che si traducono in riflessi e rifrazioni imperfette, che possono essere corrette solo con costosi processi di molatura.

Un grande passo avanti avvenne solo negli anni '60 del secolo scorso con l'invenzione del letto

I VETRI VENGONO
OGGI TRATTATI
IN MODO
DI RIDURRE
AL MINIMO
I PROBLEMI
E I RISCHI
DELLA ROTTURA

flottante secondo il processo di Pilkington, costituito da un bagno di stagno fuso nel quale colare il vetro che così è libero di spandersi per galleggiamento e può raffreddarsi lentamente allontanandosi dal punto di colata fino a poter essere tagliato in lastre di grandi dimensioni (6 e 3,21 m) ed essere avviato ai processi termici di distensione e ricottura; i prodotti così ottenuti presentano una grande costanza nello spessore: ogni altro metodo di produzione di lastre piane è stato sostanzialmente abbandonato.

Contemporaneamente, sul fronte della trasparenza, si sono ottimizzate le cariche in modo da ottenere lastre anche di notevole spessore sempre più trasparenti e prive del tipico riflesso verdognolo causato dalla presenza di, seppur minime, impurità.

Oggi la produzione di massa del vetro è concentrata presso poche grandi aziende in grado di realizzare notevoli quantità di manufatti aventi un'ampia gamma di caratteristiche in base alle diverse destinazioni d'uso, che vanno dall'edilizia all'automotive, dalle realizzazioni di fibre ottiche, alla produzione di contenitori e stoviglie.

Nel campo di interesse di questa trattazione, la varietà di semilavorati proposti al mercato copre le più disperate esigenze con vetri di ogni spessore, di differenti caratteristiche ottiche, con rivestimenti (*coating*) in grado di selezionare la gamma di frequenza alla quale essere trasparente, con caratteristiche meccaniche di resistenza all'urto o capacità di non infrangersi in pezzi pericolosi: queste opportunità consentono al vetraio di offrire al progettista e al produttore di infissi

prodotti adatti a ogni necessità.

Si è già accennato infatti all'importanza che la superficie vetrata riveste nel complesso delle caratteristiche del serramento: il serramento è per antonomasia tutto quello che sta intorno al vetro e ne consente la movimentazione.

La componente vetrata occupa la maggior parte della superficie del manufatto, ne determina in gran parte la prestazioni, ne influenza l'estetica e ne costituisce spesso anche la componente più costosa.

Lo studio delle caratteristiche dei vetri e delle loro prestazioni è quindi fondamentale per comprendere il comportamento generale del serramento nel suo complesso.

La caratterizzazione del vetro per edilizia.

Il vetro per edilizia deve presentare caratteristiche di trasparenza, di stabilità chimico fisica, di resistenza meccanica.

La composizione chimica di una pasta per il vetro float destinato all'edilizia prevede i componenti così schematizzati: Oltre a questi componenti base, altri ossidi metallici vengono aggiunti alla carica per migliorare la trasparenza (titanio, manganese) e altri sono presenti in

Silice	SiO ₂	72-76%
Ossido di sodio	Na ₂ O	12-16%
Ossido di calcio	CaO	8-10%
Ossido di magnesio	MgO	2-4%

tracce quali impurità.

Per le applicazioni che riguardano la presente trattazione il vetro si presenta in lastre di spessore di qualche millimetro, ottenute per fusione in letto flottante e successiva ricottura, secondo il processo messo a punto nel 1959 da Alastair Pilkington a cui si è accennato poco sopra.

Il vetro presenta un comportamento fragile ed è soggetto a scheggiarsi in grossi pezzi potenzialmente molto pericolosi perché presentano bordi taglienti; con processi specifici di tempra o con l'accompagnamento di più lastre con interposti materiali in grado di prevenire lo scheggiamento (pellicole di polivinilbutirrale), si possono ridurre i rischi connessi alle rotture: lastre così trattate sono pertanto obbligatorie in tutte le applicazioni che presentano i rischi per cose e persone, come già discusso al paragrafo relativo alla parte normativa.

L'uso di vetrate monolitiche nel settore dei serramenti esterni è ormai assolutamente marginale per via dell'eccessiva trasmittanza termica di una lastra unica; nella generalità dei casi vengono utilizzate vetrocamere composte da più lastre accoppiate.

L'unica rilevante eccezione è costituita dalle superfici luminose realizzate in vetro stampato (U-glass): questo tipo di strutture consente unicamente di dare illuminazione agli ambienti in ampie superfici fisse che presentano notevoli capacità strutturali, tali per cui

non viene normalmente richiesto nessun tipo di supporto o telaio.

I singoli profilati sono in genere realizzati a forma di U o di C molto aperta, di lunghezza pari all'altezza della luce architettonica da riempire e larghezza pari a 150-300 mm e spessore di 6 mm.

L'assemblaggio in opera può prevedere una o due superfici

ISOLAMENTO:
LE VETROCAMERE
SONO COSTITUITE
DA PIÙ LASTRE
SEPARATE
CON CAMERA
INTERNA
CONTENERE GAS

continue, ottenute per appoggio o incastro tra i singoli spezzoni; di estrema rilevanza ai fini della tenuta alle infiltrazioni è l'utilizzo di mastici e sigillanti opportunamente formulati per le particolari condizioni di esercizio richieste.

A parte questa applicazione particolare, per le realizzazioni più comuni, le singole lastre sono accoppiate in modo permanente a formare un unico componente trasparente (vetrocamera): in questo caso, le lastre possono avere spessori che vanno dai 3 ai 12 mm e in genere sono il più possibile trasparenti, lasciando passare oltre il 90% della radiazione incidente nella banda di frequenze che va da 450 a 2800nm.

Possono a volte risultare utili lastre colorate (color bronzo o azzurre) o lastre rese opache da trattamenti superficiali (attacco con acido fluoridrico) o ancora lastre volutamente irregolari per impedire la visione diretta dall'interno.

La trasparenza alle radiazioni di lunghezza d'onda superiore agli 800 nm ha scarsa importanza sulla qualità che viene percepita dall'occhio umano la cui sensibilità diminuisce notevolmente a oltre i 700 nm; ha invece una notevole importanza sulla quantità totale di energia che viene lasciata passare nella zona degli infrarossi vicini.

Con la deposizione di minimi strati ai metallo sulla superficie della lastra è possibile operare un controllo di questa energia radiante allo scopo di creare lastre in grado di impedire il passaggio di energia termica verso l'interno degli ambienti (lastre a controllo solare atte a ridurre il surriscaldamento degli edifici con ampie superfici disposte a sud) o a impedire l'emis-

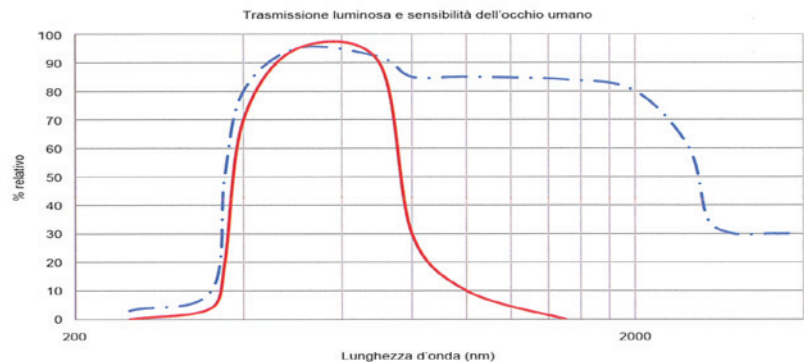


Figura 11.4. La trasparenza del vetro (linea tratteggiata) si estende a una zona di lunghezze d'onda che l'occhio umano non percepisce (linea continua)

sione verso l'esterno di radiazione a lunghezza d'onda maggiori e conservarla quindi all'interno degli ambienti (lastre bassoemissive).

La deposizione di film sottilissimi di metallo sulle superfici delle lastre può essere fatta con diversi processi industriali di cui i più noti sono quello pirolitico, che consiste nell'applicazione di ossidi metallici sulle lastre in uscita dal letto fluido e quello magnetronico, che consiste nella deposizione ionica sotto vuoto sulla lastra già raffreddata.

Il primo processo porta a uno strato molto più resistente alle abrasioni, mentre il secondo consente un miglior controllo della qualità del rivestimento, a scapito di una minor resistenza meccanica del coating, che richiede maggiori attenzioni nelle successive manipolazioni.

La presenza di questo strato metallico, per quanto sottile, altera notevolmente il comportamento termico del vetro nel contatto con la canalina distanziatrice, di solito in metallo, con l'effetto di peggiorare il ponte termico presente al bordo della vetrocamera.

LE VETROCAMERE

Le vetrocamere normalmente utilizzate come superfici trasparenti

nei serramenti di qualsiasi tipo sono costituite da più lastre tra loro separate da profili distanziatori, sigillate e delimitare una camera interna contenente aria secca o altri gas quali argo, kripto o esafluoruro di zolfo.

Il principio fisico che ha portato alla realizzazione delle vetrocamere è quello di creare uno strato di aria pressoché in quiete che si interponga al flusso di calore tra l'ambiente esterno e interno; precedentemente, nei climi freddi, si cercava di conseguire un analogo risultato con la realizzazione di serramenti doppi, dotati ciascuno di una lastra semplice.

I migliori risultati si ottengono con distanze tra le lastre dell'ordine dei 13-24 mm, in quanto, se lo spessore dello strato di gas diventa eccessivo, si possono instaurare dei moti convettivi interni alla camera che finiscono con il migliorare la trasmissione del calore; per incrementare ulteriormente le prestazioni termiche, piuttosto, si preferisce realizzare vetrocamere con più di due lastre, quindi con camere multiple. Va da sé che questo aumenta notevolmente lo spessore complessivo della vetrocamera e quindi richiede telai opportunamente sagomati per l'al-

TRA I GAS
DI RIEMPIMENTO
QUELLO PIÙ
COMUNEMENTE
UTILIZZATO
È L'ARGON,
PER L'ALTO PESO
MOLECOLARE

loggiamento: tipicamente questo porta a un aumento degli spessori dei telai delle ante.

Le vetrocamere vengono realizzate su misura dalle vetrerie a partire da lastre prodotte dalle multinazionali del settore; le caratteristiche che dipendono dalle lastre sono quindi in genere dichiarate dalle aziende produttrici, mentre la qualità finale del prodotto assemblato e la sua rispondenza alle specifiche attese sono di responsabilità della vetreria che le realizza.

Il processo di assemblaggio prevede che, dopo il taglio eseguito su banchi a controllo numerico e il lavaggio con il successivo controllo automatizzato dall'assenza di difetti, sulle lastre venga incollato il telaietto distanziatore e successivamente la seconda lastra; nelle vetrerie più organizzate l'intero processo avviene su linee continue.

Negli impianti più automatizzati prima della bordatura con gomma sigillante si provvede al condizionamento dell'aria nella camera per eliminare l'umidità o alla sua sostituzione con gas rari fino alla percentuale voluta.

Tra i gas di riempimento si prediligono quelli con il più alto peso molecolare, che presentano una conducibilità termica minore; il più comunemente utilizzato è l'argon (peso della molecola monoatomica 39,9 g/mol); in alternativa si possono ottenere soluzioni ancora migliori con il kripton (PM 84 g/mol) o lo xeno (PM 131,3 g/mol); ormai si è abbandonato l'esaffluoruro di zolfo (SF₆PM 146,6 g/mol) per via della sua potenziale tossicità.

Le caratteristiche fisiche di alcuni gas di riempimento

Le principali caratteristiche di

Gas di riempimento	Simbolo	Conducibilità (mW/mK)	pm (g/mol)
Aria secca	-	24,96	-
Argon	Ar	16,84	39,9
Kripton	Kr	9,00	84
Xenon	Xe	5,69	131,3
Zolfo esafluoruro	SF ₆	12,75	146,6

Tabella 2 Caratteristiche fisiche di alcuni gas di riempimento

una vetrocamera sono le seguenti:

- fattore di trasmissione luminosa complessiva, cioè il rapporto tra radiazione luminosa trasmessa e quella incidente, limitato alla zona visibile;

- fattore solare g, cioè il rapporto tra energia solare trasmessa e quella incidente, esteso all'infrarosso;

- trasmittanza termica della zona centrale U₈ (lontano dai bordi e dalle distorsioni termiche connesse alla presenza dei distanziatori);

- abbattimento acustico (RW).

In senso generale, il fattore di trasmissione luminosa dovrà essere il più alto possibile, in quanto rappresenta in modo sintetico la trasparenza del vetro; nella maggior parte delle applicazioni sarà anche preferibile che il comportamento nel visibile sia assolutamente neutro, cioè che non presenti alcuna forma di colorazione, cioè di assorbimento selettivo di alcune frazioni dello spettro visibile.

Per quanto riguarda il fattore solare g, il suo valore ideale dipende dalla localizzazione dell'immobile e delle scelte architettoniche e impiantistiche adottate: un alto valore di g consente un buon contributo termico al riscaldamento nei mesi invernali, ma in assenza di schermi oscuranti porterà a temperature eccessive durante i mesi estivi; in questo caso saranno da preferire fattori solari particolarmente bassi, che si ottengono con

appositi vetri a controllo solare.

Il valore di trasmittanza termica della zona centrale della vetrocamera dovrà essere il più basso possibile: per questo motivo, almeno una delle due lastre sarà rivestita di ossidi di metalli in grado di riflettere i raggi infrarossi e ottenere una bassa emissione verso l'esterno della radiazione termica emessa dagli oggetti caldi all'interno dell'ambiente; sempre per ridurre la trasmittanza termica

Il valore di trasmittanza termica della zona centrale della vetrocamera dovrà essere il più basso possibile: così almeno una delle due lastre sarà rivestita di ossidi di metalli.

si riempie l'intercapedine di gas quali l'argon che hanno un maggiore potere isolante rispetto all'aria.

L'abbattimento acustico dovrà essere il più alto possibile; per ottenere buone prestazioni acustiche è necessario aumentare la massa delle vetrate e realizzare sistemi in grado di smorzare e dissipare l'energia delle onde sonore, la qual cosa si ottiene con lastre accoppiate tra loro e unite da speciali polimeri quali il polivinilbutirrale (PVB) in stati di spessore opportuno.

ESISTONO NORME
TECNICHE
CHE FISSANO
METODI DI PROVA
PER GARANTIRE
LA TENUTA
DELLA SIGILLATURA
PERIMETRALE

La sigillatura della camera deve essere assolutamente impermeabile e di solito viene eseguita in due passaggi distinti: anzitutto, si sigilla il bordo della canalina distanziatrice alla superficie vetrata con colla butilica o acrilica e successivamente si riempie lo spazio posteriore alla canalina con gomma siliconica.

Esistono norme tecniche che fissano metodi di prova per garantire la tenuta della sigillatura perimetrale anche dopo l'invecchiamento (EN 1279-2, 3 e 4).

Se è previsto che la vetrocamera sia installata a quote superiori a quella dello stabilimento dove viene sigillata, è possibile inserire nel bordo un'opportuna valvola di compensazione della pressione per evitare rigonfiamenti delle lastre una volta installate.

Le lastre che compongono la vetrocamera possono essere comunque scelte tra quelle disponibili: non esistono infatti impedimenti tecnici particolari per la realizzazione di qualsiasi combinazione.

Per principio, le due lastre dovrebbero essere diverse, così da evitare che gli intervalli di risonanza coincidano.

Nella pratica però si osserva una certa tendenza alla simmetria, comprensibile dal punto di vista produttivo, ma penalizzate sul piano prestazionale.

Le vetrocamere di utilizzo corrente presentano generalmente lastre con lo stesso spessore, eventualmente trattate superficialmente in modo diverso.

La nomenclatura corrente per indicare la composizione della vetrocamera è rappresentata da una sigla che indica gli spessori di vetri e camere, in sequenza a partire

dall'esterno: si veda ad esempio la tabella seguente.

Esempi di nomenclatura corrente indicante la composizione della vetrocamera

Il montaggio delle vetro-

Denominazione	Lastra esterna	Intercapedine	Lastra interna	Note
4-12-4	4 mm	Aria	4 mm	-
4-15AR-4BE	4 mm	15 mm Aragon	4 mm + rivestimento basso emissivo	Spesso è anche indicata la percentuale di argon
44,1-15-44,1	Stratificata da 4 + 4 mm con interposta pellicola	15 mm	Stratificata Da 4 + 4 mm con interposta pellicola	Salvo diversa identificazione, non è detto che il materiale utilizzato tra le lastre abbia particolari capacità fonoassorbenti

Tabella 3. Esempi di nomenclatura corrente indicante la composizione della vetrocamera

camere nel serramento viene di norma eseguito presso le aziende produttrici; in verità, il continuo aumento dei pesi dei manufatti, dovuto all'aumento generalizzato degli spessori di vetro, sta inducendo sempre più operatori a preferire il montaggio in cantiere, così da potere movimentare separatamente i telai privi di vetro e le lastre, con notevoli vantaggi in termini di ergonomia delle operazioni in cantiere.

Questo richiede però la necessità di procedure che assicurino che il montaggio in cantiere sia effettuato con lo stesso scrupolo di quello eseguito in stabilimento, soprattutto per quanto attiene alla sigillatura, ai materiali da impiegarsi e alla corretta distribuzione degli spessori di appoggio.

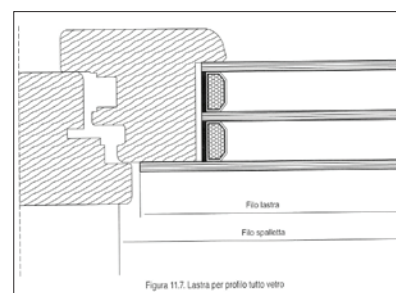
La vetrocamera va infatti tenuta in posizione mediante appositi distanziatori collocati su tutto il perimetro e in particolare negli angoli; entrambe le strade devono appoggiare sul distanziatore in modo da non generare uno sforzo di taglio sulla canalina e sui materiali che sigillano la camera, che potrebbe compromettere la stabilità

meccanica.

L'altezza dei fermavetri e delle guarnizioni deve essere tale da nascondere la canalina distanziatrice senza oscurare eccessive porzioni del bordo della lastra,

per evitare l'insorgere di tensioni dovute al diverso riscaldamento di parti contigue dello stesso vetro che potrebbero portare a rottura la lastra.

La tenuta dell'acqua va garantita mediante un'accurata sigillatura: normalmente, sui telai in legno questa viene assicurata da un cordolo continuo in silicone il cui alloggiamento è ricavato nel profilo del serramento; in alternativa, è possibile incollare l'intero perimetro della lastra sul telaio.



Nei serramenti in PVC e in alluminio è più comune che la tenuta sia garantita da un'apposita guarnizione in gomma.

Nel caso del PVC, questa guarnizione può far parte del profilato stesso, essendo ottenuta per coestrusione. Esistono serramenti in cui la lastra esterna della vetroca-

PER RIDURRE
LE INDESIDERATE
TRASMISSIONI
TERMICHE
SONO STATI
INTRODOTTI
I COSIDETTI "PROFILI
A BORDO CALDO"

mera è più ampia di quella interna e presentano quindi un aspetto esterno detto tutto vetro molto apprezzato in certi disegni architettonici: in questo caso, la sigillatura della vetrocamera al serramento deve essere di tipo strutturale, in quanto viene a mancare una parte della sede di tenuta e devono essere utilizzate colle siliconiche opportunamente formulate.

Le lastre e le vetrocamere impiegate in edilizia sono soggette a marcatura CE ai sensi della Direttiva 89/106 secondo le norme esposte in tabella seguente per ogni tipo di prodotto.

Prodotto	Norma	Obbligatorietà
Vetro di silicato sodocalcico	EN 572-9	Settembre 2006
Vetro coatizzato	EN 1096-4	Settembre 2006
Vetrocamera	EN 1279-5	Marzo 2007

Tabella 4. Normativa di riferimento e obbligatorietà per vetri impiegati in edilizia

Le canaline distanziatrici

L'elemento che separa le lastre in una vetrocamera è di solito costituito da un profilato rettangolare di alluminio dello spessore di circa un millimetro, cavo al suo interno, riempito di sali igroscopici, di dimensione maggiori pari a quella della camera che si vuole lasciare tra le lastre e avente un'altezza di 6-10 mm.

La presenza di un distanziatore metallico incide negativamente sulla trasmittanza termica della vetrocamera nel suo complesso, soprattutto in presenza del rivestimento metallico necessario per ottenere la basso-emissività dell'infrarosso.

Il relativo ponte termico che si viene a creare è solo parzialmente corretto dall'alloggiamento del telaio, che di solito nasconde completamente la canalina distan-

ziatrice, e, in mancanza di ulteriori accorgimenti, il bordo della lastra risulta essere uno dei punti più freddi dell'intero serramento, con conseguente formazione di condensa sul lato interno.

Per ridurre questa indesiderata trasmissione di calore sono stati introdotti i cosiddetti profili a bordo caldo, cioè distanziatori a comportamento termico migliorato.

Il miglioramento generalmente richiede l'utilizzo di materiali diversi dall'alluminio, per esempio l'acciaio (che possiede una conduttività nettamente inferiore e una resistenza meccanica molto

migliore) o un materiale plastico o composito: entrambi hanno una conduttività minore dell'alluminio e quindi riducono sensibilmente il ponte termico.

Nello spessore della canalina sono di norma contenuti setacci molecolari allo scopo di mantenere una bassa umidità all'interno della camera, dove una indesiderata condensazione superficiale sarebbe molto difficile da rimuovere.

Come ulteriore alternativa, esistono canaline distanziatrici in gomma siliconica rinforzata che, per la loro plasticità, si presentano bene alla realizzazione di bordi curvi e migliorano le caratteristiche di assorbimento acustico della vetrocamera.

Comportamento termico delle vetrocamere

Una delle prestazioni più importanti di una vetrocamera è

rappresentata dalla sua trasmittanza termica, cioè dalla sua capacità di isolare termicamente l'ambiente interno da quello esterno. I miglioramenti che si sono ottenuti nelle prestazioni complessive dei serramenti sono in buona misura da ascrivere ai miglioramenti delle qualità termiche delle superfici vetrate.

Va anzitutto notato che il vetro ha una conducibilità pari a circa 1 W/mK, pur non essendo un buon conduttore, non è quindi un isolante.

Un così elevato valore di conducibilità, unito agli spessori unitari (in genere dell'ordine di qualche millimetro), fa sì che la resistenza totale di un vetro semplice sia in realtà rappresentata dalla resistenza dei due strati laminari d'aria che ne lambiscono le facce; pertanto, l'aumento dello spessore del vetro non incide sulla trasmittanza totale, che rimane comunque il reciproco di $R_{si} + R_{se}$.

Aggiungendo strati di gas fermi o in lento modo convettivo naturale, invece, le cose cambiano radicalmente: proprio per questo motivo si realizzano vetrate con una o due camere (due o tre lastre), come già esposto precedentemente. Si è anche accennato al fatto che un rivestimento metallico, in grado di riflettere la radiazione infrarossa, contribuisce notevolmente a ridurre la trasmittanza della vetrata evitando le dispersioni per irraggiamento senza portare una diminuzione della trasparenza.

L'osservazione che si intende invece portare in luce in questo paragrafo è relativa alla temperatura della faccia interna della vetrocamera, che determina in larga misura la sensazione di benessere

VIENE
ANCHE
STUDIATO
CON PRECISIONE
IL PUNTO
DI PRODUZIONE
DELLA CONDENSA
INTERNA

degli occupanti l'ambiente interno.

Analizzando il flusso di calore che attraversa una superficie verticale, si può facilmente dimostrare che la differenza di temperatura tra la faccia interna della vetrocamera e l'ambiente è legata alla trasmittanza termica della vetrocamera e alla differenza di temperatura tra interno ed esterno della relazione:

$$\Delta T_{lim\ int} = R_{lim\ int} \Delta T_{tot} U_{tot}$$

Quindi, assumendo in prima battuta che la resistenza liminare interna sia costante (almeno in un intervallo di temperature non troppo ampio), si vede che al migliorare della trasmittanza totale della vetrocamera, la temperatura della faccia interna si discosta sempre meno da quella dell'ambiente.

Come prima osservazione si potrà notare quanto si alzi la temperatura superficiale al migliorare delle prestazioni: tale notazione significa che una buona vetrata annulla l'effetto finestra, cioè quella spiacevole sensazione di freddo che si prova a volte solo avvicinandosi alla superficie vetrata.

La seconda osservazione è relativa alla formazione di condensa sui vetri, fenomeno assai comune sulle vetrate monolitiche ma anche sulle vetrate meno prestazionali.

Una vetrocamera che presenta la lastra interna più calda sarà meno soggetta al fenomeno della condensa; a parità di umidità relativa, infatti, non verrà raggiunto il punto di rugiada.

Utilizzando il diagramma di stato dell'aria umida e supponendo una temperatura esterna di 0 °C, si può facilmente vedere che una vetrata non basso emissiva con $U_g = 2,8\text{ W/m}^2\text{K}$ si appanna se l'umi-

dità relativa dell'ambiente interno arriva al 65% (a 20 °C), mentre una buona vetrocamera con $U_g = 1,1\text{ W/m}^2\text{K}$ si appanna solo con l'85% di U_r .

Questo ottimo risultato nasconde però un rischio da non sottovalutare: se l'utente medio è abituato a ventilare l'ambiente solo quando l'umidità provoca la condensa sui vetri (comportamento praticamente generalizzato nella vita quotidiana), egli rischia di mantenere negli ambienti tassi di umidità nettamente superiori a quelli che sarebbero consigliabili, con il risultato che la condensazione potrebbe avvenire su superfici diverse da quelle vetrate, in modo meno evidente e con rischi ben maggiori di sviluppo muffe.

In assenza di sistemi automatici di ventilazione, pertanto, l'utilizzatore finale andrà opportunamente avvertito sulle semplici ma necessarie procedure di aerazione degli ambienti.

Un'analisi analoga condotta sulla temperatura della lastra contribuirà invece alla spiegazione del fenomeno di formazione di rugiada sulla superficie esterna di lastre prive di protezione nelle mattinate invernali, fenomeno sempre più spesso osservabile.

Il valore della trasmittanza termica della zona centrale di una vetrocamera va determinato secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 673.

Esempi tipici di vetrate di uso comune

Per concludere il discorso relativo alle superfici trasparenti, si espongono nella pagina seguente alcune caratteristiche salienti di vetrocamere di uso comune, con dati prestazionali desunti da norme



PER L'ESTATE
È NECESSARIO
PREDISPORRE
UN SISTEMA DI
OMBREGGIAMENTO
O UTILIZZARE
VETRI A CONTROLLO
SOLARE

Peso (kg/m ²)	TL (%)	RL (%)	FS (%)	R _w (dB)
20	81	15	75	29
Trasmittanza termica (U _g), in funzione della dimensione della camera e del gas contenuto	Dimensione della camera (mm)			
		12	16	20
Aria		2,9	2,7	-
Argon (90%)		2,7	2,6	-

Tabella 5 Caratteristiche prestazionali vetrata isolante (float 4 mm /camera)/float 4 mm)

Peso (kg/m ²)	TL (%)	RL (%)	FS (%)	R _w (dB)
20	79	13	61	29
Trasmittanza termica (U _g), in funzione della dimensione della camera e del gas contenuto	Dimensione della camera (mm)			
		12	16	20
Aria		1,6	0,9	-
Argon (90%)		1,3	0,7	-

Tabella 6 Caratteristiche prestazionali vetrata isolante basso-emissiva (float 4 mm/camera)/float 4 mm)

Peso (kg/m ²)	TL (%)	RL (%)	FS (%)	R _w (dB)
30	71	18	50	30
Trasmittanza termica (U _g), in funzione della dimensione della camera e del gas contenuto	Dimensione della camera (mm)			
		9-9	12-12	16-16
Aria		1,2	0,9	0,8
Argon (90%)		0,9	0,7	0,6

Tabella 7 Caratteristiche prestazionali vetrata isolante basso-emissiva tripla (BE 4 mm/camera)/4 mm / (camera)/BE 4 mm)

	Peso (kg/m ²)	TL (%)	RL (%)	FS (%)	R _w (dB)
Float 6 mm/ 16 mm/ stratificato acustico 44,1 BE (U _g =1,1 W/m ² K)	35,5	77	11	60	41
Float 6 mm/ 16 mm/ stratificato acustico 44,1 BE (U _g =1,3 W/m ² K)	52	74	14	63	49

Tabella 8 Caratteristiche prestazionali vetrate acustiche

internazionali o da pubblicazioni di settore.

Vetrate con prestazioni di controllo solare

Nella generalità dei casi di finestre a uso civile, la prestazione più richiesta dopo la trasparenza è il comportamento nel periodo invernale: si richiedono vetrate in grado di massimizzare l'apporto gratuito del calore solare, capaci ridurre al minimo le dispersioni per irraggiamento e con fattori di trasmittanza che siano i più bassi possibile.

Quando però le superfici vetrate sono molto ampie, orientate verso Sud, in zone climatiche molto

assolute, l'eccessivo irraggiamento può dare luogo al problema opposto e generare un eccessivo carico termico estivo con i conseguenti costi di raffrescamento.

La problematica è ben nota

Peso (kg/m ²)	TL (%)	RL (%)	FS (%)	R _w (dB)
20	79	10	44	29
Trasmittanza termica (U _g), in funzione della dimensione della camera e del gas contenuto	Dimensioni della camera (mm)			
		12	16	20
Aria		1,6	1,4	-
Argon (90%)		1,3	1,1	-

Tabella 9 Caratteristiche prestazionali vetrata isolante basso-emissiva selettiva (float selettivo 4 mm / (camera)/float 4 mm)

Peso (kg/m ²)	TL (%)	RL (%)	FS (%)	R _w (dB)
25	50	18	24	32
Trasmittanza termica (U _g), in funzione della dimensione della camera e del gas contenuto	Dimensioni della camera (mm)			
		12	16	20
Aria		1,6	1,4	-
Argon (90%)		1,2	1,1	-

Tabella 10 Caratteristiche prestazionali vetrata isolante basso-emissiva selettiva spinta (float selettivo 6 mm / (camera)/float 4 mm)

in edifici a uso terziario e in genere alle realizzazioni a facciata continua, ma si presenta sempre più spesso anche nell'edilizia residenziale.

Si ricorda che nelle ultime disposizioni legislative, discusse nei capitoli precedenti, il comportamento energetico dell'edificio va valutato anche nelle condizioni estive; per quando attiene alle superfici vetrate, è previsto l'obbligo di predisporre un sistema di ombreggiamento, o, laddove questo non sia possibile o accettabile, di utilizzare vetri a controllo solare.

Queste lastre presentano un deposito superficiale di metalli in strati molto più compatti, in grado di ridurre in modo sostanziale la componente termica della radiazione solare (FS inferiore al 50% e fino al 15%), con conseguente riduzione dei carichi termici estivi; parallelamente aumenteranno la riflessione o l'assorbimento.

Come effetto collaterale, nonostante le migliori intenzioni di operare una discriminazione selettiva delle sole lunghezze d'onda non percepite dall'occhio umano, le lastre presentano una trasmissione luminosa inferiore alle normali lastre float o basso-emissive: è importante sottolineare che di questo si dovrebbe tenere conto anche

I SERRAMENTI
OGGI POSTI
IN COMMERCIO
DEVONO
AVERE UNA
CERTIFICAZIONE
CHE NE ATTESTI
LA CONFORMITÀ

nel calcolo dei cosiddetti rapporti aeroilluminati.

LE PROVE SPERIMENTALI

Generalità

Come si è messo precedentemente in evidenza sugli obblighi normativi, i serramenti che vengono posti oggi in commercio devono essere accompagnati da una dichiarazione che ne attesti la conformità a norma nei riguardi dell'uso previsto, che è legata anzitutto ad alcune caratteristiche prestazionali che deve possedere l'oggetto che viene immesso sul mercato.

Alcune prestazioni sono obbligatoriamente da determinare, mentre per altre è lasciata al produttore la facoltà se dichiarare o meno il livello prestazionale del proprio manufatto; si considerano obbligatorie tutte quelle caratteristiche che hanno un riflesso sulla sicurezza d'impiego.

Per alcune caratteristiche è fissato da norme nazionali un limite di soglia sotto il quale il serramento non si può immettere sul mercato: quindi anche per queste la determinazione è obbligatoria.

Esistono prestazioni che possono essere valutate esclusivamente mediante l'esecuzione di prove sperimentali, mentre altre possono essere stimate per modellazione e calcolo e altre ancora possono essere presunte mediante una classificazione tabellare in base alle caratteristiche morfologiche del prodotto in esame, per confronti con altro di morfologia simile.

In alcuni casi, è anche possibile scegliere se sottoporre a prova il campione o limitarsi all'applicazione tabellare; ciascun produttore,



“...qualunque volta noi vogliamo far prova di ciò che operi circa questo effetto la diversità della figura, sarà necessario far l'esperienza....”

Galileo Galilei

consapevole che il proprio prodotto rientra nella media dei prodotti di quella categoria o, se se ne distacca, certifichi questa eccellenza o limitarsi a utilizzare i valori medi di categoria riportati sulle tabelle.

Si richiamano gli schemi dei paragrafi precedenti dove si è già osservato che alcune prove, determinazioni e calcoli possono essere eseguiti in autonomia dal produttore, ma nella maggioranza dei casi è necessario rivolgersi a enti notificati; nella stessa tabella si sono anche indicate le responsabilità in capo a produttore ed ente notificato nella scelta dei campioni e nell'esecuzione delle prove o dei calcoli.

In questo capitolo si passeranno in rassegna le proprietà dei serramenti che devono essere misurate con test di laboratorio, su campioni di serramenti opportunamente realizzati, che siano significativi della qualità e della varietà della produzione corrente di ciascuna azienda.

La responsabilità che il campione sia davvero significativo della produzione reale, sia nella costruzione sia nei componenti, è demandata al produttore; per la scelta del miglior piano di campionamento, per la realizzazione dei campioni e per tutto quanto

riguarda i rapporti tra produttore e organismo notificato si rimanda a pubblicazioni specializzate.

È di norma che le prestazioni determinate su uno specifico campione siano estendibili a manufatti simili per costruzione e morfologia, così da evitare un aggravamento eccessivo di costi di test; le regole di estendibilità saranno oggetto di un capitolo successivo.

Va anche sottolineato che la normativa relativa all'apposizione del marchio CE parla sempre di ITT, cioè di initial type testing, introducendo il concetto che le prove devono precedere la prima immisione sul mercato di quel modello di prodotto e che vanno ripetute nel caso in cui si introducano varianti sostanziali al progetto o ai componenti o vengano rilasciate nuove normative in merito alla determinazione di una certa prestazione.

La permeabilità all'aria

(Metodo di prova e classificazione UNI EN 1026 e UNI EN 12207)

La misura della permeabilità all'aria consente di stabilire e quantificare l'esistenza di spifferi nel serramento chiuso, dovuti a imperfezioni costruttive o a carenze nel progetto dei giunti tra elementi fissi e apribili.

Viene condotta su un apposito banco prova dove il serramento

VI SONO
CALCOLI
BEN PRECISI
DA EFFETTUARE
PER CONTROLLARE
L'ATTINENZA
DEI PRODOTTI
ALLE SPECIFICHE

viene fissato in posizione verticale in modo stabile e sigillato. Tramite un ventilatore, viene applicata una pressione crescente da 50 a 600 Pa e si misurano le perdite in corrispondenza di ciascun livello di pressione.

I risultati puntuali vengono riportati su un apposito grafico in scala bilogarithmica. Sul grafico sono tracciate quattro rette che delimitano le cinque zone che corrispondono alle classificazioni da 0 a 4 che denotano permeabilità decrescente e quindi migliore comportamento; ad esempio, se ci si riferisce alla pressione di 100 Pa verranno classificati di classe 0, e quindi non idonei, i campioni che presentano perdite specifiche riferite a un metro quadro di superficie superiori a $50\text{m}^3/\text{hm}^2$; tra 51 e 28m^3 sarà classificato di classe 2, tra 28 e 9m^3 sarà classificato di classe 4.

Se durante l'esecuzione della prova la linea interpolante i punti che rappresentano le misure dovesse interessare più classi, verrà assegnata la classe peggiore tra quelle interessate.

Nell'esempio della figura riportata a pagina 253) sono mostrati il comportamento di un serramento A, che nel corso della prova ha attraversato la zona 4 per terminare in zona 3 e come tale essere classificato, e un serramento B, decisamente migliore, che invece ha dimostrato perdite sempre entro il campo della classe 4.

Considerazioni

La permeabilità all'aria è una delle prestazioni più importanti che deve possedere un buon serramento se vuole essere in grado di adempiere ai compiti di separazione fisica tra ambiente esterno e interno; solo

un'ottima prestazione di permeabilità può garantire un comfort termico adeguato, una prestazione termica misurabile e un comportamento acustico predicibile; una cattiva prestazione nei confronti della permeabilità all'aria è spesso indice di scarsa accuratezza di realizzazione.

Presentano cattivo comportamento nei confronti di questa prova i serramenti mancanti di qualche battuta, per esempio le portefinestre senza profilo inferiore o con profili eccessivamente ridotti o i sistemi scorrevoli senza guarnizioni nelle parti inferiori o centrali.

Per il resto, la media generale dei prodotti mostra classi medio o alte. In termini pratici, un pessimo serramento di portafinestra che si collochi nella regione mediana della classe 2, con una perdita di $10\text{m}^3/\text{hm}^2$ se sottoposto a una differenza di pressione di 50 Pa (differenza di pressione abbastanza comune in caso di vento), di dimensioni $1,2 \cdot 2,4 = \text{m}^2$ e unica apertura di una stanza di $3 \cdot 4 \cdot 3 = 36\text{m}^3$, ma garantirebbe da solo $0,8$ ricambi d'aria ogni ora, con un evidente spreco energetico, nonché spifferi nettamente avvertibili in corrispondenza del serramento; inoltre, le aperture che consentono l'entrata di simili portate d'aria penetrerà sicuramente anche il rumore e la prestazione acustica sarà gravemente compromessa.

Una presentazione superiore alla classe 3 è necessaria per poter accedere al calcolo semplificato della prestazione acustica secondo quanto verrà esposto più avanti.

Tenuta all'acqua

(Metodo di prova e classificazione secondo UNI EN 1027 e UNI EN 12208)

La prova di tenuta dell'acqua

tende a simulare il comportamento del serramento sotto l'effetto combinato di acqua e vento.

Il campione viene irrorato con una prefissata quantità di acqua spruzzata omogeneamente su tutta la superficie da un adeguato numero di ugelli e non deve presentare infiltrazioni; la pressione nella camera che rappresenta l'esterno del serramento viene gradualmente innalzata in modo discreto per passi della durata di 5 minuti, finché non si verifica la prima infiltrazione in qualunque punto del profilo apribile.

A questo punto, la prova viene arrestata e alla prestazione viene assegnata la classe corrispondente allo step precedente che è stato evidentemente superato con successo.

Esistono due metodi di prova che differiscono per l'orientamento degli ugelli e per la pressione massima di prova:

- il metodo A, che attualmente è il più utilizzato è anche detto metodo pienamente esposto poiché simula il comportamento di un serramento privo di oggetti in grado di proteggerlo almeno parzialmente;
- il metodo B, che risulta ovviamente meno severo, in cui gli ugelli spruzzano l'acqua con una certa inclinazione verticale a simulare il comportamento di un serramento parzialmente riparato da elementi architettonici.

Vi è da notare che la prova non prevede interruzioni nell'applicazione della pressione né sospensioni dell'irrorazione e risulta quindi significativa in condizioni meteorologiche assai severe.

Sono previsti nove livelli di classificazione, oltre al livello non classificato che viene assegnato a campioni che presentano

LA TENUTA
ALL'ACQUA
È OVVIAMENTE
UNA DELLE
CARATTERISTICHE
PRINCIPALI
RICHIESTE
AI SERRAMENTI



infiltrazioni durante il periodo iniziale di irrorazione senza alcuna applicazione di pressione. Ai fini sperimentali, una volta raggiunta la pressione massima di 600 Pa, è consentito procedere oltre il livello di classe 9A; le pressioni procedono allora per passi di 150 Pa e la relativa assegnazione di classe che sarà contraddistinta come Exxxx dove al posto delle xxxx sarà indicato il livello di pressione raggiunto.

Per esempio, se la prima infiltrazione si verificasse a 1050 Pa, la relativa classificazione sarà E1050.

Considerazioni

La tenuta all'acqua è una delle prestazioni più significative della qualità del serramento.

Infatti, prima ancora che un'importante qualità percepita dal cliente finale, una buona tenuta all'acqua dimostra accuratezza nelle lavorazioni e buon disegno dei profili.

La dispersione dei dati di prova è molto ampia sia per profili diversi realizzati con la medesima cura sia per profili uguali curati in modo più o meno attento.

Per vanificare le prestazioni di tenuta - verificate in modo assai severo dal metodo di prova, soprattutto per la serie di prove di tipo A, durante le quali il serramento si trova completamente esposto alla pioggia - bastano infatti piccoli particolari costruttivi, tanto che non è infrequente il caso in cui il serramento non superi la prova, dimostrando di non poter reggere nemmeno il gocciolamento libero a pressione nulla.

Al contrario, esistono molti serramenti in grado di superare brillantemente tutti i 9 livelli di prova e continuare a dimostrare

un'ottima tenuta anche a pressioni superiori ai 600 Pa. Per apprezzare pienamente l'importanza pratica di una certa prestazione di tenuta all'acqua, nel grafico sottostante sono riportati i livelli di pressione che determinano il superamento di una classe e i tempi di passaggio da una classe alla successiva.

Per semplificare l'utilizzo pratico, le pressioni sono anche indicate come velocità di vento equivalenti, in condizioni standard di pressione e umidità.

Un serramento che superi positivamente la classe 9A dimostra di poter sopportare per quasi un'ora una pioggia battente sospinta da venti progressivamente crescenti sino a intensità assolutamente non comuni sul territorio italiano:

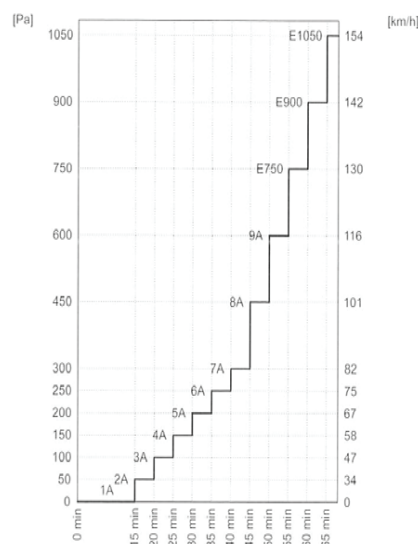


Figura 15.4. Classi di tenuta all'acqua: pressioni e tempi di applicazione

dimostra quindi di essere virtualmente impermeabile. Concludiamo così la seconda parte del nuovo "viaggio" tecnico nel comparto dei serramenti. Al prossimo numero.

Angelo Deldossi

ingegnere e costruttore

(fine seconda parte -

prosegue nel numero di Giugno)