



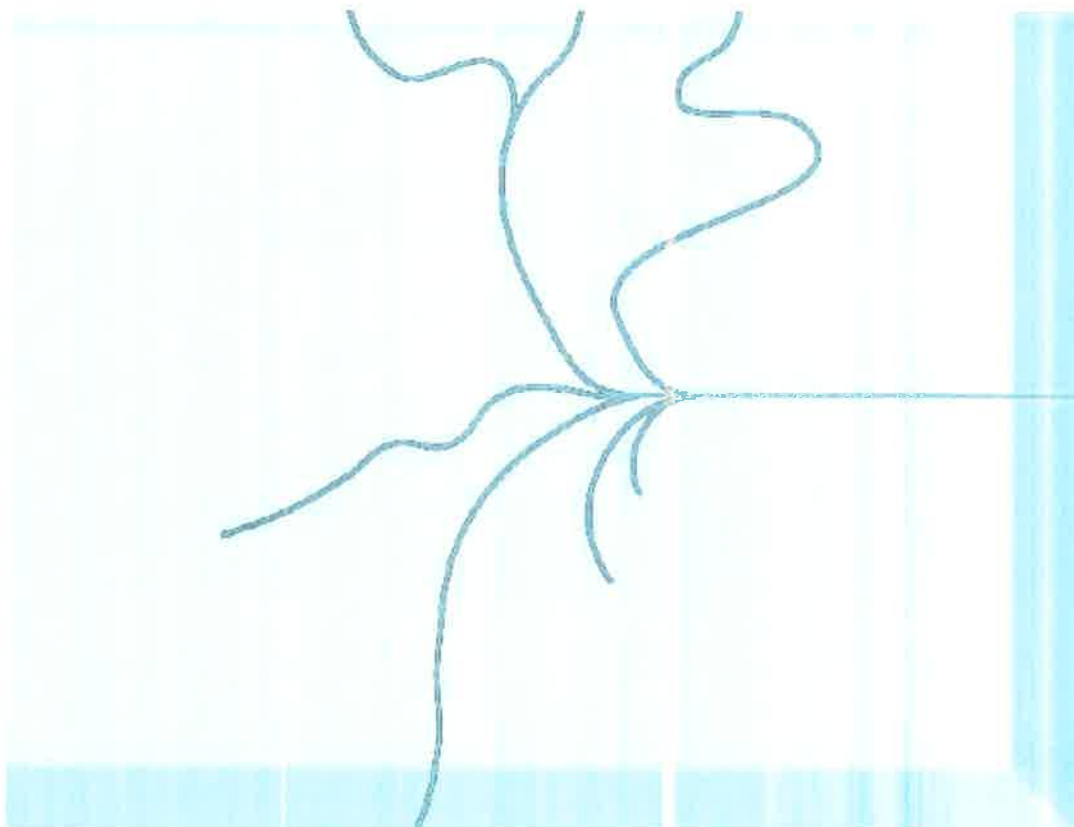
ASSOVETRO

Associazione Nazionale degli Industriali del Vetro

VADEMECUM

Sollecitazione di natura termica nel vetro

Indicazioni operative per le applicazioni in edilizia



I recenti sviluppi tecnologici e l'aumentata sensibilità per gli aspetti ambientali ed energetici hanno orientato il mercato delle costruzioni verso prodotti vetrari che garantiscano prestazioni elevate e durevoli nel tempo, soddisfacendo una gamma sempre più ampia di requisiti per i quali sono richiesti comportamenti attenti e soluzioni volte ad evitare l'insorgere di problemi o anomalie in sede di utilizzo.

Sul particolare e delicato tema delle rotture del vetro per sollecitazioni di natura termica, rotture non sempre imputabili al prodotto vetrario, è emersa la necessità all'interno dell'Associazione di fornire al mercato ed agli operatori interessati vari elementi informativi, al fine di fare chiarezza su taluni fenomeni dalle dinamiche complesse. Venendo incontro quindi alle esigenze espresse dalle Aziende associate, l'Associazione ha redatto, dopo un attento lavoro di analisi dei fenomeni, il presente Vademecum "Sollecitazione di natura termica nel vetro - Indicazioni operative per le applicazioni in edilizia" con la finalità di fornire un pratico strumento di lavoro, grazie al testo di facile lettura e all'ausilio di alcuni esempi figurativi, nonché all'appendice contenente i riferimenti bibliografici alle normative settoriali. Queste linee guida sono rivolte specificatamente ad almeno tre categorie di soggetti principali che intervengono nel ciclo di produzione e di utilizzo del prodotto vetrario: il **progettista**, che nella fase progettuale è chiamato a scegliere la tipologia di vetro in funzione dei molteplici parametri che caratterizzano la destinazione finale del prodotto, i **soggetti intermedi** (serramentisti e logistica) che realizzano il serramento e che effettuano il trasporto, lo stoccaggio e la posa delle lastre, e l'**utente finale**, che deve essere informato sulle condizioni e sui comportamenti critici che possono causare un aumento eccessivo del carico termico sulla lastra fino alla manifestazione della rottura.

Questo Vademecum arricchisce la serie di strumenti informativi che l'Associazione ha prodotto negli ultimi otto anni a sostegno dei vetrai stessi, ma anche a beneficio dell'intero mercato di settore.

Christine Müller

Consiglio Direttivo Sezione Trasformatori Vetro Piano
di Assovetro

Struttura del Vademecum

Sollecitazione di natura termica nel vetro

Indicazioni operative per le applicazioni in edilizia

0. - Premessa

1. - Introduzione

2. - Fondamenti della sollecitazione termica

3. - Indicazioni per la progettazione

3.1 - Indicazioni per il progettista

3.1.1 - Dimensionamento della lastra in relazione ai carichi

3.1.2 - Valutazione del carico termico

- (1) Radiazione solare: esposizione e intensità della radiazione solare incidente
- (2) Inclinazione della facciata
- (3) Valore di assorbimento energetico da parte del vetro isolante, presenza di trattamenti superficiali (coating, smaltature, serigrafie, ecc.)
- (4) Rivestimenti (film, pellicole adesive, vernici, ecc.)
- (5) Variazione della temperatura esterna, ombre proiettate sul vetro (da frangisole, parti di edificio, ecc.)
- (6) Precauzioni per applicazioni in climi freddi
- (7) Impiego di vetrate isolanti triple
- (8) Tipo di telaio
- (9) Riscaldamento localizzato (radiatori, tubi radianti ad alta temperatura, ecc.), variazioni della temperatura interna dell'abitazione, oggetti o strutture che trattengono o riflettono il calore sul vetro (tende, veneziane, ostruzioni retrostanti, ecc.)
- (10) Serramenti scorrevoli sovrapponibili senza adeguata aereazione

3.2 - Specifiche per i capitolati

3.3 - Suggerimenti per il cantiere

3.3.1 - Stoccaggio del materiale in cantiere

3.3.2 - Precauzioni durante i lavori di cantiere

4. - Indicazioni per l'installazione

4.1 - Indicazioni per il montaggio

- (1) Rischi di danneggiamento da movimentazione e stoccaggio del vetro isolante
- (2) Rischi di danneggiamento da peso proprio superiore ai limiti ammissibili
- (3) Limitazione dell'irrigidimento del telaio
- (4) Montaggio di sole vetrate integre e senza danneggiamenti preesistenti

4.2 - Montaggio a regola d'arte

5. - Indicazioni per l'utilizzatore

5.1 - Istruzioni per l'uso

- (1) Applicazione di coloranti, collanti o adesivi sul vetro
- (2) Applicazione di film di rivestimento sul vetro
- (3) Proiezione di ombreggiamenti parziali
- (4) Accumulo di calore sul vetro dovuto a oscuranti interni
- (5) Differenziali termici a causa di condizionatori, corpi riscaldanti, illuminanti o arredi imbottiti collocati a ridosso del vetro

5.2 - Consigli per la pulizia

6. - Conclusioni

7. - Riferimenti bibliografici

Premessa

Questa breve pubblicazione, realizzata con il supporto tecnico-scientifico della Stazione Sperimentale del Vetro, si propone di introdurre i concetti di base relativi alle sollecitazioni di natura termica che possono essere indotte nel vetro a causa di disomogenee o localizzate variazioni di temperatura anche per effetto dell'esposizione alla radiazione solare.

Tenendo in considerazione esperienze nazionali ed internazionali, viene fornita una panoramica dei fattori da prendere in considerazione e dei consigli utili per affrontare correttamente i problemi che possono insorgere.

1. - Introduzione

L'utilizzo del vetro come materiale fondamentale da costruzione, adatto a garantire le prestazioni sia energetiche che statiche dei serramenti e delle facciate, non conosce soluzioni di continuità.

Tecnologie innovative ampliano non solo il repertorio di opportunità architettoniche delle costruzioni in vetro, ma offrono nuovi spazi alla realizzazione di concetti costruttivi d'avanguardia e dall'elevato comfort abitativo.

Il vetro garantisce trasparenza, durezza, resistenza alle intemperie ed all'irraggiamento solare, durabilità; è inoltre un materiale totalmente riciclabile. È anche per questi motivi che i vetri ad elevate prestazioni vengono utilizzati con frequenza sempre maggiore. Con il miglioramento dei requisiti prestazionali del prodotto e con la progressiva diffusione di vetrate di grandi dimensioni e delle vetrate isolanti anche triple, i rischi di raggiungere gradienti termici elevati sono aumentati, ciò anche in relazione alle diverse tipologie di rivestimento applicato sulle lastre, alla composizione delle vetrate isolanti stesse e alle sempre più diversificate tipologie costruttive e di posa.

Parimenti, lo sviluppo tecnologico e delle conoscenze scientifiche fa sì che si possano individuare efficaci soluzioni per prevenire le rotture di natura termica, che eventualmente potrebbero verificarsi.

La presente linea guida è stata realizzata con il contributo tecnico delle Aziende associate, sia del settore della produzione che della trasformazione del vetro piano, le quali hanno messo a disposizione le proprie competenze ed esperienze.

2. – Fondamenti della sollecitazione termica

Il vetro viene definito generalmente come un materiale fragile, la cui rottura avviene, senza segnali premonitori, al superamento dei suoi limiti caratteristici. Questo accade quando carichi che possono avere origine differente (meccanica, termica, ecc.) raggiungono un determinato valore critico. Spesso le sollecitazioni termiche sono di difficile quantificazione. Un riscaldamento omogeneo del vetro non rappresenta di regola alcun problema, ma la presenza di un carico termico non omogeneo genera tensioni tali che possono condurre a rottura.

Come la maggior parte dei materiali, anche il vetro è soggetto al fenomeno della dilatazione termica, che avviene, com'è noto, a seguito di una variazione di temperatura. Se accade che due zone della stessa lastra raggiungono temperature molto diverse tra loro, la zona a temperatura superiore tende a dilatarsi mentre l'altra, a temperatura inferiore, oppone resistenza alla dilatazione. Questo causa la genesi di sforzi di trazione nella parte più fredda della lastra che possono portare alla rottura.

Va detto che l'intensità delle sollecitazioni di natura termica prese in esame può essere molto diversa a seconda non solo dello stato termico del componente, ovvero delle differenze di temperature tra varie zone della lastra di vetro, ma anche a seconda della tipologia e della geometria della vetrata (forma e dimensioni, spessore, presenza di intercalare o di rivestimenti, vetrata isolante, struttura di sostegno o di supporto, ecc.). Tutto ciò va visto in relazione anche ai fattori esterni ed allo stato tensionale conseguente; è infatti evidente che con le dimensioni e la tipologia della vetrata (vetro stratificato, vetro isolante, ecc.) cambiano non solo la

conducibilità termica, l'emissività, l'assorbimento energetico, ecc., ma anche le caratteristiche di resistenza alle sollecitazioni. In generale si può dire che laddove si generano più elevati gradienti termici, maggiore è il rischio di arrivare alla rottura.

I carichi termici e le tipologie di rottura qui presi in considerazione sono quelli relativi a variazioni graduali del gradiente termico su due porzioni differenti di una lastra e non sono invece quelli determinati da variazioni improvvise di tale gradiente.

Per esempio, infatti, in una lastra normalmente intelaiata sul perimetro, la porzione di vetro esposta alla radiazione solare diretta assorbe calore e, di conseguenza, aumenta la sua temperatura, mentre la parte intelaiata resta ad una temperatura inferiore in quanto viene schermata.

La differenza di dilatazione termica che avviene tra le due zone della lastra, induce una tensione (ovvero un carico di trazione) sul bordo, che può innescare la frattura.

Per prevenire questi effetti, le norme forniscono indicazioni circa la resistenza contro il differenziale di temperatura attribuita a ciascuna tipologia di vetro.

La frattura conseguente a sollecitazioni termiche è ben identificabile in quanto ha origine dal bordo del vetro e si genera ortogonalmente a questo (90° attraverso lo spessore e 90° rispetto alla direzione del bordo - vedi figura 1).

Eventuali diramazioni della frattura possono avvenire in funzione dell'intensità delle tensioni termiche ad una certa distanza dal bordo (spesso anche di soli pochi mm). Alcune fratture possono proseguire serpeggiando al confine tra zona calda e zona fredda.

Nel caso in cui il bordo del vetro presenti difettosità variamente causate o sopravvenute, l'innesco di tali rotture può avvenire anche con gradienti di temperatura relativamente bassi. Un'ulteriore causa di rottura è la concentrazione di calore riconducibile a corpi posizionati, anche temporaneamente, nelle immediate vicinanze del vetro.

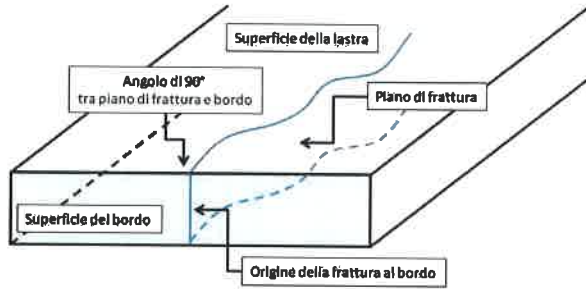


Figura 1. Conformazione della rottura per sbalzo termico, a basso rilascio di energia

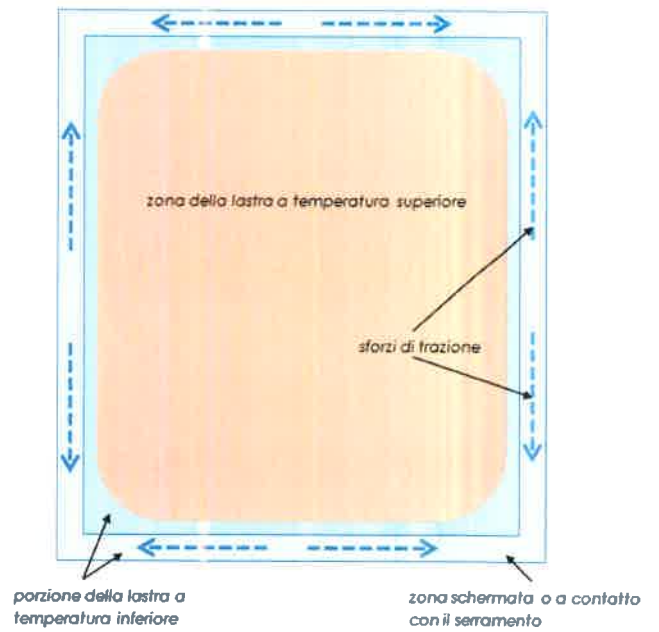


Figura 2. Esempio di una sollecitazione termica in una lastra di vetro

3. - Indicazioni per la progettazione

3.1 - Indicazioni per il progettista

Nelle moderne finestre e facciate, il vetro rappresenta un elemento fondamentale, destinato a sopportare carichi di diverso tipo. In linea generale è sufficiente attenersi alle normative e alle disposizioni di legge attualmente vigenti in materia. La presenza di carichi aggiuntivi, determinati da particolari condizioni strutturali o applicative, richiede invece una maggiore attenzione e l'adozione di ulteriori misure e provvedimenti in fase sia di progettazione sia di utilizzo.

Come detto in precedenza, non è facile prevedere o stimare le sollecitazioni di natura termica in una vetrata. In termini del tutto generali è possibile affermare che le vetrate isolanti per loro stessa natura sono soggette a carichi termici superiori, correlati ai più elevati differenziali di temperatura tra lastra interna e lastra esterna.

3.1.1 - Dimensionamento della lastra in relazione ai carichi

Scelto il tipo di vetro da impiegare ai fini della sicurezza (vedi UNI 7697), la **dimensione** della lastra ed il suo **spessore** devono essere adeguati alla situazione di carico presente secondo il rapporto tecnico UNI/TR 11463. Oltre a tener conto dei tradizionali **carico neve, carico vento e carichi climatici**, è necessario, infatti, prestare attenzione anche ad eventuali **carichi termici**. Carichi eccessivi, determinati ad esempio dalla mancata valutazione delle sollecitazioni termiche, possono comportare la rottura del vetro.

3.1.2 - Valutazione del carico termico

(1) Radiazione solare: esposizione e intensità della radiazione solare incidente

L'intensità della radiazione solare dipende dalla posizione geografica dell'edificio (latitudine, altitudine, zona urbana o non), dall'orientamento della facciata (Nord, Sud, Est, Ovest), dalla stagione e dall'ora di esposizione, oltre che da altri fattori come la nuvolosità, l'inquinamento atmosferico, la riflessione del terreno o di altre strutture adiacenti.

(2) Inclinazione della facciata

Tanto più la superficie vetrata risulta inclinata (fino all'orizzontale) e tanto più l'incidenza della radiazione su questa aumenta, maggiore è l'energia che viene accumulata nella vetrata stessa e di conseguenza la temperatura che questa raggiunge.

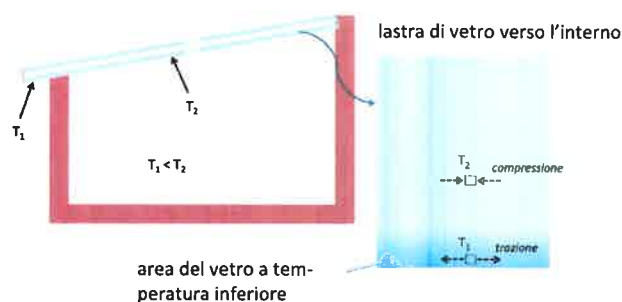


Figura 3. Carichi di origine termica generati nella lastra interna di una vetrata isolante a causa della differente temperatura tra bordo esposto all'ambiente esterno (temperatura= T_1) e faccia a contatto con l'ambiente interno (temperatura= T_2)

(3) Valore di assorbimento energetico da parte del vetro isolante, presenza di trattamenti superficiali (coating, smaltature, serigrafie, ecc.)

Le sollecitazioni termiche tendono a crearsi in particolare nei vetri ad **assorbimento energetico elevato**, quali vetri colorati in massa o rivestiti con coating assorbenti.

L'utilizzo di vetro a basso assorbimento energetico, quale il vetro extrachiaro a basso contenuto di ferro, riduce i rischi di rotture per sollecitazioni di natura termica.

Nel caso dei vetri dotati di **armatura metallica** l'accoppiamento dei due materiali (vetro e metallo) con coefficienti di dilatazione diversi può indurre localmente carichi tensionali aggiuntivi e aumentare il rischio di rottura.

(4) Rivestimenti (film, pellicole adesive, vernici, ecc.)

Il rivestimento dei vetri con pellicola adesiva (ma anche con vernice) può dare origine a sollecitazioni termiche, in particolare nel caso di colori scuri. La probabilità di rottura aumenta e di questo fatto occorre tenere conto in sede di progettazione.

(5) Variazione della temperatura esterna, ombre proiettate sul vetro (da frangisole, parti di edificio, ecc.)

L'intensità e la variazione della radiazione dipendono dalla stagione e dall'ora di esposizione, oltre che da altri fattori, quali quelli meteorologici, strutture adiacenti, ecc. Al mattino, in presenza di temperature dell'aria esterna basse e di irraggiamento solare, accade che il bordo della vetrata, inserito nella scanalatura del telaio, rimanga ad una temperatura più bassa rispetto al centro della lastra irraggiata.

Allo stesso modo, si generano sollecitazioni termiche quando il vetro risulta parzialmente ombreggiato, ad esempio da un albero, da altri edifici, da pilastri, o da dispositivi oscuranti esterni. La superficie ombreggiata può presentare una temperatura significativamente inferiore rispetto alla zona esposta alla radiazione solare diretta.

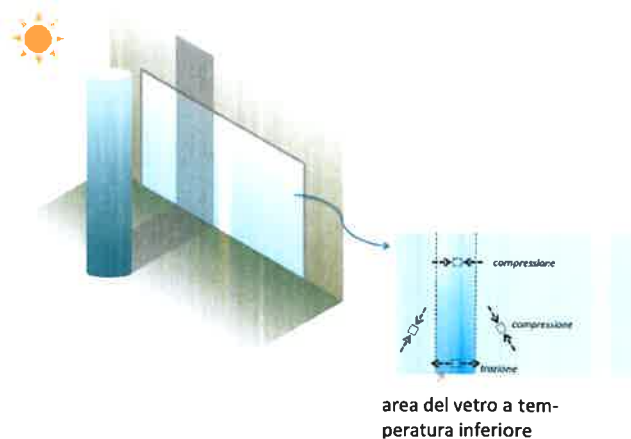


Figura 4. Carichi di origine termica generati in una vetrata esposta alla radiazione solare, ma schermata localmente dalla presenza di un pilastro e condizionata dall'inerzia termica del suolo

(6) Precauzioni per applicazioni in climi freddi

In climi freddi è possibile che, durante la notte, avvengano rotture per sollecitazione termica nella lastra posizionata all'interno, a diretto contatto con l'ambiente riscaldato.

Le basse temperature esterne raffreddano i telai e di conseguenza il bordo del vetro, mentre la parte centrale del vetro mantiene una temperatura più calda.

Questo rischio può essere limitato utilizzando materiali a bassa conducibilità termica per il serramento e per il profilo distanziatore tra le lastre.

(7) Impiego di vetrate isolanti triple

Nelle vetrate isolanti triple (doppia camera), specie se composte con più lastre rivestite con coating, si realizzano condizioni di sollecitazione termica particolarmente elevata.

Laddove le specifiche progettuali richiedano l'impiego di vetrate isolanti triple, per prevenire il rischio di rotture della lastra centrale è opportuno, in sede di progettazione, valutare la necessità di eventuali lavorazioni aggiuntive, come un'accurata molatura dei bordi o il trattamento termico.

In certi casi l'utilizzo di vetro extrachiaro a basso contenuto di ferro può essere sufficiente a ridurre il rischio.

(8) Tipo di telaio

La tipologia e le caratteristiche termiche del telaio e del distanziatore condizionano direttamente la temperatura del bordo del vetro e possono così influenzare il rischio di rottura per sollecitazioni di natura termica. Telai ad elevata inerzia termica accentuano i gradienti termici creando condizioni di maggiore sollecitazione termica.

(9) Riscaldamento localizzato (radiatori, tubi radianti ad alta temperatura, ecc.), variazione della temperatura interna dell'abitazione (fan-coils o surriscaldamenti localizzati), oggetti o strutture che trattengono o riflettono il calore sul vetro (tende, veneziane, ostruzioni retrostanti, ecc.)

In linea generale è necessario evitare l'accumulo di calore nell'ambiente interno in prossimità delle vetrate. Anche la presenza di oggetti adiacenti al vetro può provocare un riscaldamento disomogeneo della lastra e la conseguente rottura. La superficie libera del vetro deve essere esposta al clima interno in maniera omogenea.



Figura 5. Rottura dovuta all'accumulo di calore in prossimità della superficie del vetro per la presenza del tendaggio interno

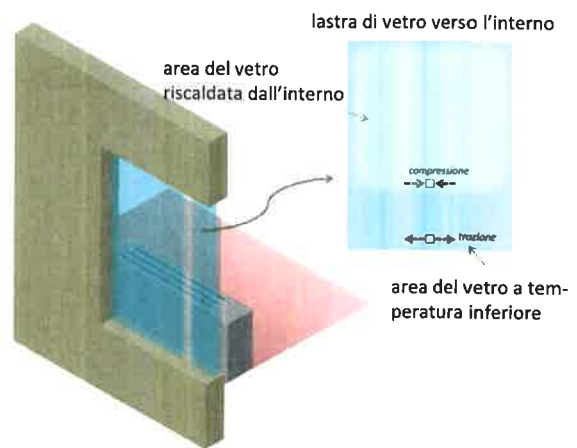


Figura 6. Carichi di origine termica generati nella lastra interna di una vetrocamera a causa della presenza di un ventilconvettore posizionato nelle immediate vicinanze del vetro e che lo riscalda non omogeneamente

Nel caso in cui sia stata prevista, in sede di progettazione, una protezione schermante interna, questa dovrà essere installata a sufficiente distanza dalla lastra di vetro, per consentire un idoneo ricambio d'aria.

Corpi riscaldanti come i termosifoni o i ventilconvettori possono rappresentare una ulteriore causa di riscaldamento disomogeneo della superficie vetrata, e devono pertanto essere posizionati ad un'adeguata distanza dal vetro. Nel caso in cui venga utilizzato un vetro trattato termicamente, tale distanza può essere tuttavia ridotta.

(10) Serramenti scorrevoli sovrapponibili senza adeguata aerazione

Quando viene progettata una porta o una finestra scorrevole realizzata con vetrata isolante, in cui si possono verificare condizioni di sovrapposizione con altre superfici, si deve tener presente che tra questi elementi si viene a formare una camera aggiuntiva. In conseguenza della radiazione solare nella camera d'aria, non solo aumenta la temperatura ma il calore si disperde difficilmente, esponendo in

tal modo le lastre di vetro ad un'ulteriore sollecitazione termica e quindi a rischio di rottura. In questi casi occorre valutare con cura quali siano le tipologie di vetro e/o le lavorazioni più idonee da utilizzare.

3.2 - Specifiche per i capitolati

Nel caso in cui situazioni di carico termico risultino prevedibili e inevitabili già in sede di progettazione, è possibile ridurre il rischio, anche in misura sensibile nel caso delle applicazioni edili, ricorrendo a lavorazioni supplementari del bordo di qualità elevata (molatura) e all'impiego di vetro extrachiario con basso contenuto di ferro, oppure, nei casi più critici, di vetro indurito o temprato.

I capitolati devono contenere indicazioni precise sulla tipologia, sugli spessori e sulle lavorazioni del vetro, le quali dovranno essere determinate preventivamente sulla base delle condizioni di utilizzo.

3.3 - Suggerimenti per il cantiere

3.3.1 - Stoccaggio del materiale in cantiere

Le vetrate vanno conservate, opportunamente distanziate tra loro, coperte, aerate e

protette dall'umidità e dall'irraggiamento solare diretto; in caso contrario si possono verificare condizioni critiche le quali possono favorire una rottura per sollecitazione termica. Bisogna proteggere non solo la superficie, ma soprattutto il bordo del vetro da danneggiamenti.

3.3.2 - Precauzioni durante i lavori di cantiere

Durante il periodo di esercizio del cantiere, la presenza di impalcature temporanee può generare ombre statiche sulle superfici vetrate che potrebbero portare a rotture per elevato gradiente termico.

Nel caso in cui, successivamente alla installazione di finestre e vetrate, venga effettuata una qualunque lavorazione che implichi elevate temperature in prossimità dei vetri, la superficie vetrata andrà adeguatamente protetta.

4. - Indicazioni per l'installazione

4.1 - Indicazioni per il montaggio

Al fine di ridurre il rischio di rottura del vetro a causa di carichi termici, è opportuno gestire la manipolazione, il trasporto e l'installazione delle vetrate isolanti in modo tale da ridurre al minimo le sollecitazioni. A tale scopo, vanno tenuti in considerazione, in particolare, i seguenti criteri:

(1) Rischi di danneggiamento da movimentazione e stoccaggio del vetro

Dopo la verifica della qualità e dell'integrità della vetrata isolante fornita (a tale riguardo vedi anche UNI/TR 11404), successive movimentazioni potrebbero far aumentare i rischi di danneggiamento del vetro soprattutto sui bordi.

La rottura termica può avvenire anche prima che il vetro sia montato, nel caso in cui questo sia stoccato all'aperto e senza le necessarie protezioni dall'irraggiamento solare.

Una vetrata isolante, che presenti difetti sui bordi intervenuti successivamente alla accettazione, non deve essere montata.



Figura 7. Difetti del bordo e ombre proiettate, tra cui quella del ponteggio, hanno contribuito alla rottura della vetrata

(2) Rischi di danneggiamento da peso proprio superiore ai limiti ammissibili

Allo scopo di evitare i possibili rischi di rottura, il montaggio della vetrata isolante sul telaio deve essere effettuato utilizzando adeguati tasselli, nel rispetto delle necessarie tolleranze perimetrali. Anche nel posizionamento e fissaggio del fermavetro deve essere prestata attenzione affinché non venga danneggiato il bordo del vetro.

(3) Limitazione dell'irrigidimento del telaio

Dato l'aumento delle dimensioni e del peso delle vetrate attualmente richieste, al fine di garantire la funzionalità del sistema risulta impossibile evitare completamente un irrigidimento del telaio. Tale irrigidimento non deve tuttavia compromettere il requisito di base di cui al precedente criterio (2).

(4) Montaggio di sole vetrate integre e senza danneggiamenti preesistenti

Particolare attenzione va prestata ai bordi del vetro. I bordi che presentano lesioni, quali ad esempio le scheggiature causate da un'errata movimentazione delle lastre, possono, più facilmente, in seguito a sollecitazioni, innescare la rottura del vetro. Di conseguenza, è necessario prevenire il danneggiamento dei bordi in sede d'installazione, ed evitare il montaggio di vetrate isolanti danneggiate. Risulta evidente l'importanza dello stato del bordo nel vetro ai fini della resistenza alle sollecitazioni termiche e, conseguentemente, l'importanza del grado di finitura del bordo stesso in funzione del tipo di applicazione e del carico termico di progetto. È compito del progettista indicare il grado di finitura del bordo del vetro in funzione dei carichi complessivi previsti (statici, termici e climatici).

Nel caso di vetrate isolanti con lastre sfalsate di più di 2 mm, il posizionamento del vetro sul tassello non garantisce una distribuzione uniforme dei carichi ma induce sforzi aggiuntivi su una delle lastre; è quindi opportuno evitare di installare unità con lastre sfalsate e, in ogni caso, non oltre la misura indicata.

Se si curano questi aspetti, le sollecitazioni sul vetro diminuiscono. Tuttavia, ciò non autorizza a trascurare

tutti gli altri elementi che possono dare origine a rotture per carico termico.

4.2 - Montaggio a regola d'arte

Per il montaggio della vetrata isolante all'interno del telaio, vanno seguite le norme in vigore. Alcune indicazioni pratiche possono essere tratte dalla prEN 12488 e dalle "Linee guida per il montaggio delle vetrate isolanti" elaborate e promosse da Assovetro.

5. - Indicazioni per l'utente

5.1 - Istruzioni per l'uso

Al fine di evitare che la durabilità della vetrata sia compromessa da rotture inaspettate, è necessario evitare di imporre ulteriori carichi termici sui vetri per tutto il ciclo di vita del prodotto. Sfortunatamente, per i non addetti ai lavori è molto difficile valutare il carico termico massimo a cui può resistere il vetro in ogni singolo caso. Solo al momento della rottura diventa evidente che tali limiti sono stati superati. Di conseguenza, è importante adottare le precauzioni che permettano di evitare l'incremento delle sollecitazioni termiche sui vetri installati.

Di seguito sono indicate le principali cause potenziali.

(1) Applicazione di coloranti, collanti o adesivi sul vetro

L'applicazione di adesivi e pitture, soprattutto di colore scuro, su vetri esposti all'irraggiamento solare diretto comporta sempre un riscaldamento differenziato della lastra, dando origine a sollecitazioni termiche che aumentano il rischio di rottura del vetro.

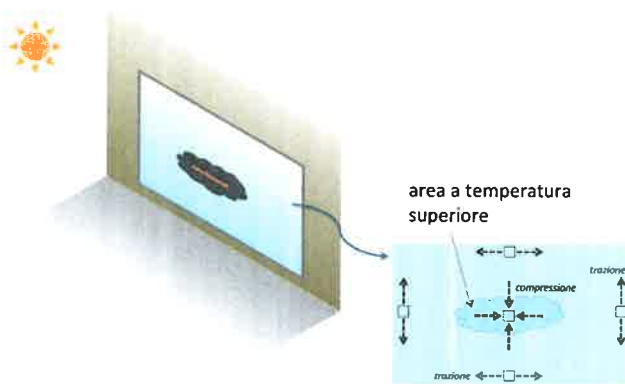


Figura 8. Carichi di origine termica generati in una vetrata esposta al riscaldamento da parte della radiazione solare; la pellicola applicata sulla superficie esterna di colore scuro causa un surriscaldamento localizzato del vetro

(2) Applicazione di film di rivestimento sul vetro

L'allestimento del vetro mediante l'applicazione di rivestimenti adesivi (sia pure occasionali), anche al fine di ottenere una protezione solare aggiuntiva, o un messaggio pubblicitario, richiede prudenza. Molto spesso questi film, soprattutto se di colori scuri, comportano un notevole incremento dell'assorbimento delle radiazioni solari da parte del vetro e possono generare surriscaldamenti disomogenei che producono un aumento delle sollecitazioni termiche e, quindi, del rischio di rottura della lastra.

(3) Proiezione di ombreggiamenti parziali

Se una lastra è in parte esposta alla luce solare diretta e in parte ombreggiata, si ha sempre un differenziale termico sul vetro. I vetri parzialmente ombreggiati presentano un riscaldamento disomogeneo che può divenire pericoloso. Le sollecitazioni che si vengono a creare sul vetro in seguito a tale fenomeno dipendono, tra le altre cose, dall'intensità della radiazione solare, dalla capacità del vetro di assorbire la radiazione e dalla suddivisione geometrica tra aree esposte alla luce solare ed aree ombreggiate. L'ombreggiamento parziale, nei limiti del possibile, deve essere evitato anche attraverso l'utilizzo oculato delle schermature esterne comunemente disponibili sul mercato. È bene prestare attenzione anche ad ombreggiamenti parziali che si creano per presenza di arredi o di piante.

(4) Accumulo di calore sul vetro dovuto a oscuranti interni

Quando si verifica un accumulo di calore direttamente sul vetro, si determina un incremento delle sollecitazioni termiche a carico del vetro stesso. Un esempio tipico di tale situazione è rappresentato dall'applicazione (in un tempo differito rispetto al montaggio) di un dispositivo oscurante all'interno di un locale al fine di migliorare la protezione solare e l'antiabbagliamento (ad esempio tendaggi pesanti, scuri o riflettenti). Se non si presta attenzione a garantire una ventilazione adeguata o una sufficiente distanza nell'applicazione del sistema oscurante dal vetro, l'irraggiamento solare potrebbe generare sollecitazioni termiche superiori al previsto e, di conseguenza, provocare la rottura del vetro.

(5) Differenziali termici a causa di condizionatori, corpi riscaldanti, illuminanti o arredi imbottiti collocati a ridosso del vetro

Bisogna evitare che si verifichi un differenziale di calore provocato da ra-

diatori, fissi o mobili, o da altri sistemi riscaldanti o raffreddanti posizionati troppo vicini al vetro. Anche nelle vetrate a filo pavimento si può generare un accumulo di calore nel caso in cui mobili imbottiti o oggetti di colore scuro (cuscini, vasellame, ecc.) siano collocati troppo vicino al vetro. In tutte queste situazioni, risulta difficile, se non impossibile, valutare il carico termico massimo che il vetro è in grado di sopportare. In caso di dubbio si raccomanda quindi di evitare condizioni critiche come queste.

5.2 - Consigli per la pulizia

Pulire il vetro senza generare sollecitazioni termiche. Anche il lavaggio del vetro deve avvenire in maniera tale da ridurre al minimo le sollecitazioni; va quindi evitato l'utilizzo di acqua eccessivamente calda (o eccessivamente fredda d'estate) e di vapore ad alta pressione per un tempo prolungato su di una zona circoscritta della lastra.

6. - Conclusioni

Le varie cause che possono determinare la rottura del vetro sono, in generale, tutte quelle che comportano una eccessiva sollecitazione nell'elemento vetrato, di natura termica o meccanica. Il raggiungimento del livello di resistenza limite produce la rottura. I fattori che influiscono sul raggiungimento delle condizioni critiche sono: i difetti del materiale, una manipolazione e/o movimentazione non corretta, una posa non a regola d'arte, un utilizzo non appropriato. Anche una non oculata progettazione può essere, per se stessa, causa di rotture.

Le sollecitazioni termiche rappresentano solo una parte dei carichi a cui può essere soggetta una vetratura. Questi possono sommarsi alle tensioni di altra origine (per esempio tensioni interne di natura meccanica) portando alla rottura della lastra.

Al fine di evitare i rischi di rotture a causa di sollecitazioni di natura termica del vetro è necessario eseguire un'attenta valutazione delle possibili variabili ambientali (riscaldamento localizzato, ombreggiamento, ecc.) ed una consapevole progettazione, che preveda la scelta di un prodotto idoneo e di qualità (vetri e serramenti), un montaggio a regola d'arte ed un utilizzo corretto da parte del consumatore.

Esistono le competenze ed i prodotti che consentono di evitare le rotture; si tratta di usarli.

7. – Riferimenti bibliografici

UNI EN 572-1: Vetro per edilizia - Prodotti di base di vetro di silicato sodio-calcico - Parte 1: Definizioni e proprietà generali fisiche e meccaniche

UNI EN 12337-1: Vetro per edilizia - Vetro di silicato sodio-calcico indurito chimicamente - Definizione e descrizione

UNI EN 1863-1: Vetro per edilizia - Vetro di silicato sodio-calcico indurito termicamente - Parte 1: Definizione e descrizione

UNI EN 12150-1: Vetro per edilizia - Vetro di silicato sodio-calcico di sicurezza temprato termicamente - Definizione e descrizione

UNI 7697: Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie

UNI/TR 11463: Vetro per edilizia - Determinazione della capacità portante di lastre di vetro piano applicate come elementi aventi funzione di tamponamento - Procedura di calcolo

UNI/TR 11404: Vetrate isolanti per impiego in edilizia - Qualità ottica e visiva per serramenti

UNI 6534: Vetrazioni in opere edilizie. Progettazione, Materiali e posa in opera

prEN 12488: Glass in building – Glazing requirements – Assembly rules for vertical glazing

UNI EN 1279-1: Vetro per edilizia - Vetrate isolanti - Parte 1: Generalità, tolleranze dimensionali e regole per la descrizione del sistema



ASSOVETRO

Associazione Nazionale degli Industriali del vetro

Sede

Via Barberini, 67

00187 Roma

Tel. 06 4871130 (r.a.)

Fax 06 42011162

e-mail: assovetro@assovetro.it

www.assovetro.it

Ufficio di Milano

Piazzale G.D. Bande Nere, 9

20146 Milano