

*ANNA BALON-WRÓBEL**
*PAWEŁ PICHNIARCZYK***

Występowanie wad w szybach zespolonych i przyczyny ich powstawania

W artykule przedstawiono wady szyb zespolonych, jakie można spotkać w produkcie finalnym, wynikłe z zastosowania szkła z usterkami, powstałe w trakcie ich produkcji, montażu oraz późniejszej eksploatacji. Zwrócono uwagę na wady występujące w szybach zespolonych, które można wykryć nieuzbrojonym okiem, jak i stwierdzone w wyniku przeprowadzonych badań. Zasygnalizowane zostały niektóre przyczyny występowania przedstawionych wad.

1. Wstęp

Szyba zespolona jest materiałem budowlanym, który dzięki swoim właściwościom podnosi walory użytkowe budynku oraz zmniejsza jego zapotrzebowanie na energię. Osiąga się te korzyści dzięki dobrej izolacyjności cieplnej oraz akustycznej. Zalety te uzyskują tylko produkty pełnowartościowe, tzn. spełniające wszystkie wymagania techniczne [1].

2. Pojęcie wady i jej przyczyny

Wada jest cechą wyrobu potwierdzającą niespełnianie wymagań dotyczących określonego parametru wyrobu, która dyskwalifikuje go jako produkt pełnowartościowy. Przyczyny występowania wad w szybach zespolonych spowodowane są:

- zastosowaniem wadliwego szkła,
- wadami powstałymi podczas produkcji,
- niewłaściwym montażem i późniejszą eksploatacją.

^{**} Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie.

^{**} Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie.

Wady szyb zespolonych powstałe na skutek niewłaściwego ich wykonania oraz zastosowania wadliwego szkła określone są w normie PN-EN 1279-1: 2006 – Szkło w budownictwie. Szyby zespolone izolacyjne. Część 1: Wymagania ogólne, tolerancje wymiarowe oraz zasady opisu systemu [2] oraz w Kryteriach technicznych nr 20/S (wyd. 1 z 15.12.2010 r.) opracowanych przez Zakład Certyfikacji Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie [3].

2.1. Zastosowanie wadliwego szkła

Norma PN-EN 1279-1: 2006 [2] podaje rodzaje tafli szkła, z których mogą być wykonane szyby zespolone. Zaliczamy do nich:

- szkło: float, zbrojone polerowane, płaskie ciągnięte, wzorzyste walcowane, wzorzyste zbrojone;
- szkło specjalne: borokrzemianowe, krzemianowe z tlenkami ziem alkalicznych, tworzywa szklano-krystaliczne;
- szkło przetworzone: m.in. termicznie wzmocnione szkło sodowo-wapniowo-krzemianowe, termicznie hartowane bezpieczne szkło sodowo-wapniowo-krzemianowe, szkło warstwowe i bezpieczne szkło warstwowe, szkło powlekane;
- inne szkła przetworzone: kompozyty szkło–tworzywo sztuczne;
- inne szkła objęte lub nie europejskimi specyfikacjami.

Wady występujące w taflach szkła mających zastosowanie w produkcji szyb zespolonych zostały opisane w Kryteriach technicznych nr 20/S (wyd. 1 z 15.12.2010 r.) [3]; odnotowuje się ich dużą różnorodność, w zależności od zastosowanego szkła.

Wady szkła

Do wad szkła możemy zaliczyć:

- wady punktowe, tj. wady zmieniające jakość szkła ocenianego wizualnie. Wadę tę stanowi występujące jądro, któremu czasem towarzyszy otoczek, ze zniekształconego szkła;
- wady liniowe/wydłużone, tj. wady występujące na powierzchni szkła lub w jego objętości, mające postać wtrąceń, plam lub zadrapań, które mają określoną długość lub powierzchnię;
- rysy, tj. powierzchniowe zarysowania o ostrych lub zatopionych brzegach;
- pęcherze zamknięte, tj. wtrącenia gazowe o kształcie kolistym lub owalnym;
- wtrącenia ciał stałych, tj. niestopione ziarna surowców, materiałów ogniotrwałych, żelaza lub jego tlenków;
- odpryski, tj. powierzchniowe ubytki szkła występujące przy obrzeżach i krawędziach wyrobu;

– szczyrby, tj. ubytki szkła na całej jego grubości występujące przy obrzeżach i krawędziach wyrobu.

Wady szkła powlekanego będące wadami powłoki

Do wad szkła powlekanego możemy zaliczyć:

- zadrapania, tj. różnego rodzaju rysy o charakterze liniowym, których widoczność zależy od ich długości, głębokości i szerokości oraz wzajemnego rozmieszczenia;
- wady punktowe, tj. punktowe zaburzenie wizualnej przezroczystości, widoczne przy patrzeniu przez szkło (cętki, nakłucia);
- plamy, tj. wady w powłoce większe od wady punktowej, często o nieregularnym kształcie, częściowo o strukturze nakrapianej.

2.2. Wady produkcyjne

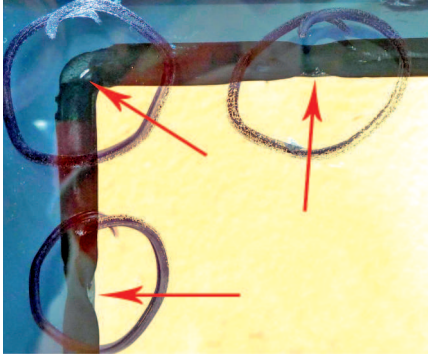
Wadami produkcyjnymi są niezgodności wyrobu powstałe w trakcie nieprawidłowego wykonania szyb zespolonych, stwierdzone w trakcie oględzin lub badań laboratoryjnych.

Wady stwierdzone w wyniku oględzin szyby zespolonej

Do wad szyb zespolonych, których obecność możemy stwierdzić przez dokonanie oględzin zaliczamy:

- brak ciągłości szczeliwa na ramce i narożnikach,
- obecność skorodowanych ramek dystansowych,
- przecieki szczeliwa do wnętrza szyby zespolonej,
- obecność pęcherzy w szczeliwie,
- brak ciągłości butylu na całym obwodzie,
- obecność zabrudzeń w przestrzeni międzyszybowej,
- występowanie menisku większego niż 1 mm,
- przesunięcie szyb składowych względem siebie, w szybach zespolonych, zarówno jedno-, jak i dwukomorowych, a w szybach dwukomorowych przesunięcie skrajnych szyb (powyżej wartości dopuszczonych przez normę),
- obecność pierścieni Newtona, tj. zjawiska optycznego powstałego wówczas, gdy dwie szyby w ich środku stykają się lub są bliskie zetknięcia,
- występowanie zacieków na szybie składowej od strony wewnętrznej (ramki dystansowej) szyby zespolonej. Są to ślady po wyroszeniu, które było spowodowane brakiem szczelności zespolenia.

Na rycinach 1 i 2 przedstawiono wady w postaci braku ciągłości uszczelnienia, jak i występowania pęcherzy w szczeliwie.



Ryc. 1. Brak ciągłości uszczelnienia



Ryc. 2. Występowanie pęcherzy w szczeliwie

Wady stwierdzone w wyniku przeprowadzonych badań

Wadą, której nie można dostrzec, a jedynie stwierdzić w wyniku przeprowadzonych badań, jest brak wypełnienia w odpowiednim stopniu przestrzeni międzyszybowej gazem specjalnym (najczęściej argonem). Niższa od wymaganej zawartość argonu ($< 90\%$) powoduje niemożność zapewnienia wymaganej izolacyjności cieplnej, a tym samym jednej z głównych cech szyby zespolonej. Spotyka się jednak i takie szyby zespolone, w których w przestrzeni międzyszybowej występuje jedynie powietrze, mimo że producent deklaruje obecność w niej argonu [1].

Brak szczelności szyby zespolonej jest wadą, która może ujawnić się w różnym okresie żywotności szyby zespolonej, ale nie musi. W celu wyeliminowania tej wady należy przeprowadzić badania przenikania wilgoci i szybkości ubytku gazu. Uzyskanie pozytywnego wyniku badań jest potwierdzeniem, że wyrób został wykonany prawidłowo.

2.3. Wady wynikłe na skutek niewłaściwego montażu lub późniejszej eksploatacji [1]

Zwykle szkło jest materiałem twardym i kruchym, które w przypadku prawidłowego procesu odprężania w końcowym etapie produkcji ma niewielkie naprężenia wewnętrzne. Pęknięciu ulega na skutek działania termicznych lub mechanicznych czynników zewnętrznych. Przyczynami takich zjawisk jest wadliwy montaż lub nieodpowiednie warunki eksploatacyjne. Wystąpienie w szybie wewnętrznych naprężeń mechanicznych spowodowanych pracą elementów konstrukcyjnych budynku powoduje jej pęknięcie, co przedstawia rycina 3.

Jedną z przyczyn pęknięcia szyb zespolonych są naprężenia wewnętrzne powstałe na skutek zbyt dokładnego dopasowania szyb zespolonych do elementów



Ryc. 3. Pęknięcie w szybie zespolonej spowodowane pracą elementów konstrukcyjnych budynku

konstrukcji lub wygięcia płaszczyzny ramy, w której zamontowane są szyby, co przedstawia rycina 4.

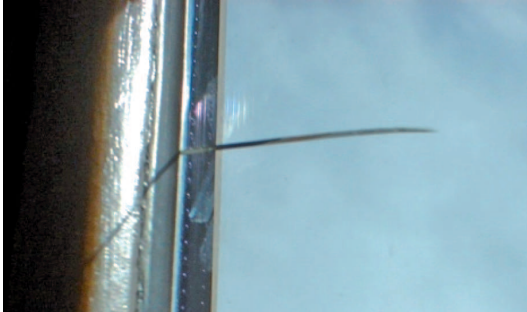
Szkło pęka również wówczas, kiedy w oknie brak jest podkładek oddzielających szkło od ramy okiennej. Zdarzają się również sytuacje, kiedy ma miejsce montowanie w ramy okienne szyb zespolonych z odpryskami. Powoduje to, że w miejscach uszkodzenia szkła (naroża, krawędzie) w późniejszym okresie eksploatacji obiektu rozpocznie się proces pęknięcia szkła, jak zobrazowano to na rycinach 5–7.



Ryc. 4. Pęknięcie w szybie zespolonej wynikłe ze zbytniego dopasowania szyby zespolonej do elementów konstrukcji



Ryc. 5. Odpryski na krawędziach szyb zespolonych



Ryc. 6. Pęknięcie szkła w szybie zespolonej

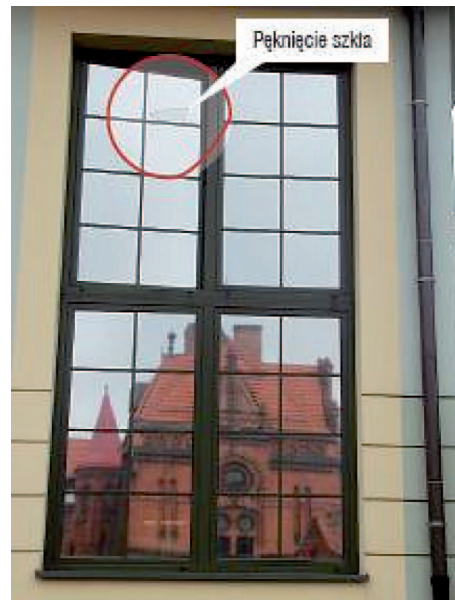


Ryc. 7. Odprysk w narożu szyby zespolonej

bezpośrednie działanie intensywnych promieni słonecznych (ryc. 8).

Zastosowanie innego rodzaju szkła, niż przewidziano w projekcie, może również wpłynąć na pękanie szyb zespolonych. Zastąpienie w zespoleniu szkła hartowanego szkłem klejonym lub zastosowanie szkła klejonego, ale o budowie niezgodnej z wytycznymi, jest przyczyną wspomnianego uszkodzenia wyrobu. Dzieje się tak, jeżeli w szybie zespolonej jej składowa zewnętrzna jest szkłem klejonym. Warunki, w jakich znajduje się ta szyba (ciągłe działanie promieni słonecznych), mają istotny wpływ na jej pracę. Zdarza

Szkło pęka również na skutek wystąpienia naprężeń drugiego rodzaju, tzn. termicznych. Ich powstawaniu mogą sprzyjać specyficzne warunki, np. niejednakowe nagrzanie całej szyby zespolonej. Dzieje się to wtedy, gdy górna jej część jest zacieniona, np. przez znacznie wysunięty gzyms, podczas gdy pozostała część okna wystawiona jest na



Ryc. 8. Pęknięcie spowodowane nierównomiernym nagrzaniem szyby zespolonej



Ryc. 9. Pęknięcie w szybie zespolonej spowodowane naprężeniami termicznymi

się, że w skład takiego szkła klejonego wchodzi szkło zwykłe, odprężone, o niższej odporności termicznej niż szkło hartowane, które przewidziano w projekcie (ryc. 9).

Wady występujące w szybach zespolonych przyczyniają się do wyeliminowania tego produktu budowlanego z dalszego użytkowania. Wadliwy wyrób nie spełnia stawianych mu wymagań. Staje się on „problemem” zarówno dla użytkownika, jak i dla producenta bądź montażysty.

3. Podsumowanie

Poddanie szyb zespolonych badaniom, co prawda na próbkach specjalnie do tego przygotowanych, pozwala ocenić producentom szyb zespolonych zakres zgodności ich wyrobów z wymaganiami.

Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych prowadzi badania właściwości cieplnych szyb zespolonych zgodnie z normą PN-EN 674:1999 [4] oraz badania na zgodność z normą PN-EN 1279: 2004–2006. Badania wykonane w ramach wstępnych badań typu pozwalają określić jakość wykonania szyby zespolonej, oraz jej trwałości poprzez ustalenie wskaźnika przenikania wilgoci i szybkości ubytku gazu.

Literatura

- [1] Balon - Wróbel A., Pichniarczyk P., *Wady i awarie szyb zespolonych*, „Izolacje” 2010, nr 4, s. 30–31.
- [2] PN-EN 1279-1: 2006 – Szkło w budownictwie. Szyby zespolone izolacyjne. Część 1: Wymagania ogólne, tolerancje wymiarowe oraz zasady opisu systemu.
- [3] Kryteria techniczne nr 20/S (wyd. 1 z 15.12.2010 r.) opracowane przez Zakład Certyfikacji Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie.
- [4] PN-EN 674: 1999 – Szkło w budownictwie. Określenie współczynnika przenikania ciepła „U”. Metoda osłoniętej płyty grzejnej.

*ANNA BALON-WRÓBEL
PAWEŁ PICHNIARCZYK*

DEFECTS OF INSULATING GLASS UNITS

The article presents the defects of insulating glass units which we can see in the final product as a result of using the glass with defects or arising during their manufacture, installation and subsequent operation. Attention was drawn to defects in insulating glass units which can be detected with the naked eye as well as found by testing. Some causes of defects were mentioned too.