JAN GIERCZAK, *jan.gierczak@pwr.wroc.pl*
Politechnika Wrocławska, Instytut Budownictwa

SAMOISTNE PĘKANIE ELEWACJI SZKLANYCH SPOWODOWANE UWOLNIENIEM SIARCZKU NIKLU

SELF-CRAKING OF GLASS FACADE CAUSED BY THE RELEASE OF NICKEL SULPHIDE

Streszczenie Referat zawiera omówienie samoistnego pękania szyb hartowanych zespolonych wypełnionych argonem. Szyby typu Sunguard HS Super Neutral 70 pękały samoczynnie z powodu uwalniania się siarczku niklu pod wpływem promieni słonecznych. Siarczek niklu uwalnia się podczas hartowania tafli szklanych. Dopiero proces „heat soak test" neutralizuje cząstki siarczku niklu.

Abstract The discussion of self-cracking of the complex hardened glass pond filled with argon is presented. Glass of the Sunguard HS Super Neutral 70 was cracking due to the release of nickel sulphide as an effect of sunlight action. Nickel sulphide is realesed during the process of glass hardening – only the process "heat soak test" neutralizes the nickel sulphide particles.

1. Wprowadzenie

W latach 2010÷2012 r. w jednej z Galerii Handlowej na terenie Dolnego Śląska zaczęły samoistnie pękać tafle szklane elewacyjne i dachowe. Początkowo Zarządca obiektu sprawę bagatelizował, jednak w wyniku powtarzających się awarii w postaci pęknięć tafli szklanych zlecił wykonanie badań i niezbędnych czynności w celu ustalenia przyczyn powtarzających się pęknięć. Badany panel szklany o handlowej nazwie Sunguard HS Super Neutral 70 składał się z szyby hartowanej zewnętrznej o grubości 8 mm z pustką powietrzną wypełnioną argonem i z szybami zewnętrznymi klejonymi o grubości 5 mm+0,76 mm+5 mm. Panel ma następujące właściwości w stosunku do promieniowania i energii świetlnej (wg EN410):

– współczynnik przepuszczalności bezpośredniej promieniowania słonecznego $T_e(E_t)$ = 34%,
– współczynnik odbicia bezpośredniego promieniowania słonecznego 32% (24%),
– współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego g = 40%.

Ponadto, panele dachowe są osadzone w kształtownikach aluminiowych z przekładką termiczną systemu ALUPROF®, z uszczelnieniem zewnętrznym realizowanym na poziomie zewnętrznej płaszczyzny tafli szyby zespolonej za pomocą 20 mm spoiny silikonowej wykonanej z silikonu pogodowego. Silikon pogodowy uszczelnia styk pomiędzy listwą dociskową, a zewnętrzną taflą szyby zespolonej.

Prezentowana tafla szklana jest produkowana techniką float tzn. masę szklarską wylewa się na rozgrzana cynę, uzyskując tym sposobem wysokiej jakości tafle o jednolitej grubości oraz błyszczącej polerowanej powierzchni. W czasie produkcji szkło poddawane jest procesowi hartowania, przez co jego wytrzymałość na zginanie wzrasta 3÷8 krotnie. Technika hartowania szkła polega na wprowadzeniu naprężeń własnych. Taflę szklaną należy pogrzać do temperatury powyżej 640°C i następnie taflę szklaną gwałtownie ostudzić. Najszybciej schładza się

warstwa zewnętrzna tafli. Później następuje spadek temperatury w części środkowej tafli. To powoduje kurczenie się masy szklanej wewnętrznej, podczas gdy masa zewnętrzna uległa już skurczeniu. Powstają wówczas naprężenia własne powodujące w strefie zewnętrznej ściskanie, natomiast w strefie środkowej powstają naprężenia rozciągające. Należy nadmienić tutaj, że szkło ma dobre właściwości na ściskanie, natomiast jego wytrzymałość na rozciąganie jest o rząd wielkości mniejsza. Wprowadzenie naprężeń własnych powoduje wzrost wytrzymałości tafli szklanej na zginanie poprzez redukcję naprężeń rozciągających od zginania.

2. Stan techniczny świetlików dachowych

Podczas oględzin konstrukcji aluminiowo – szklanych stwierdzono, że stan techniczny świetlików tj. paneli szklanych o wymiarach 2,0×1,0 m jest bardzo dobry. Wykonanie uszczelnień okien było poprawne i zgodną z akrobatą techniczna wydaną przez ITB.

Rys. 1. Pęknięta tafla szklana

Wykonano obliczenia statyczno-wytrzymałościowe zgodnie z niemieckimi normami tj. [2, 3]. Należy tutaj nadmienić, że PN odnośnie obliczeń paneli szklanych wypełnionych argonem nie ma. Panel szklany sprawdzono nie tylko na obciążenia klimatyczne tj. obciążenie śniegiem i wiatrem, ale także na zmianę ciśnienia atmosferycznego w trakcie eksploatacji. Uzyskane wyniki potwierdziły, że panele szklane zostały poprawnie zaprojektowane i od obliczeniowych obciążeń klimatycznych stan graniczny nośności i użytkowania nie został przekroczony. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonano przy następujących założeniach:

– przy temperaturze zewnętrznej +45°C założono ciśnienie meteorologiczne na poziomie 100 kPa (odpowiada to obciążeniu 13,9 kN/m^2 i naprężeniom σ_{max} = 2,7 MPa),
– przy temperaturze zewnętrznej +3°C założono ciśnienie meteorologiczne na poziomie 104 kPa (odpowiada to obciążeniu – 7,4 kN/m^2 i naprężeniom σ_{max} = 1,43 MPa),
– moduł Young'a wynosi E = 70 GPa [1,4,5],
– współczynnik Poison'a szkła wynosi μ = 0,23 [1,4,5],
– współczynnik rozszerzalności termicznej szkła przyjęto α_T = 0,0000121/K [1,4,5].

Naprężenia od obciążenia śniegiem i wiatrem wynosiły odpowiednio 16,6 MPa i 2,7 MPa, przy naprężeniach dopuszczalnych 39,1 MPa. Zatem otrzymane wyniki świadczyły o dużym zapasie nośności tak obciążonych płyt szklanych i nie mogły być przyczyną pęknięć szyb.

3. Analiza przyczyn pęknięć tafli szklanych

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń statycznych i wytrzymałościowych oraz analizy przyjętych i wykonanych rozwiązań konstrukcyjnych stwierdzono poprawność wykonania tego przykrycia szklanego. Ponadto wypełniona pustka panelu szklanego argonem i jej parametry początkowe gazu uzyskane w procesie produkcji spełniają wymagania norm przedmiotowych.

W trakcie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że szyby hartowane nie były poddane procesowi „heat soak test" tzn. nie zostały poddane wyżarzaniu. Przy procesie produkcji szkła mogą dostać się cząstki siarczku niklu (NiS). Pod wpływem ogrzania szkła w procesie hartowania cząstka siarczku niklu zawarta w tafli szkła zmienia swoją objętość. Nagłe schłodzenie tafli szkła w kolejnym etapie powoduje jej zahartowanie, ale „zagubiona" w niej cząstka siarczku niklu potrzebuje dłuższego czasu, aby powrócić do pierwotnej objętości i zostaje „zamrożona" w tym stanie. Powoduje to wytworzenie dodatkowych naprężeń w szkle. Zjawisko to zachodzi podczas słonecznej pogody w okresie letnim lub zimowym i może zachodzić przy różnych temperaturach zewnętrznych. W zamontowanej w fasadzie i zadaszenia hartowanej tafli szklanej z wtrąceniem cząstki niklu, która zostaje nagrzana pod wpływem promieniowania słonecznego, następuje uwolnienie wzrostu objętości cząstki, co powoduje dodatkowe naprężenia wewnętrzne. Jeżeli taka cząstka znajduje się w strefie naprężeń rozciągających, to istnieje bardzo duże prawdopodobieństwo, iż zostanie przekroczony graniczny poziom naprężeń i nastąpi spontaniczne pęknięcie tafli szklanej. To zjawisko eliminuje proces „heat soak test". Elementy konstrukcyjne takie jak np. żebra szklane zawsze muszą być poddawane temu procesowi.

Rys. 2. Pęknięta tafla szklana – charakterystyczny rozkład pęknięć

Pomimo zwiększenia kosztów produkcji i wydłużenia czasu wykonania szyb hartowanych poddanych procesowi „heat soak test" powinno się je montować w przypadkach bezpośredniego działania promieni słonecznych. W ten sposób można wyeliminować w przyszłości

samoczynne pękanie szyb i tym samym narażać Właściciela na znaczne koszty wymiany paneli szklanych. W cytowanych normach nie ma zaleceń oraz wymogów, kiedy i dla jakich paneli należy stosować proces „heat soak test" po hartowaniu szyb.

4. Wnioski

Tafle szklane instalowane w miejscach nasłonecznionych powinny być poddawane procesowi „heat soak test" w celu wyeliminowania uwolnienia się siarczku niklu.

Elementy konstrukcyjne tj. żebra szklane, pojedyncze panele dachowe powinny zawsze być poddawane procesowi „heat soak test" ze względu na konstrukcyjny charakter pracy tych elementów.

Literatura

1. *Australia Standard „Glass In buildings – selection and installation, AS 1288-2006,*
2. DIN 18008-1 Glas im Bauwessen- Bemessungs und Konstruktionsregein Teil 1: Beggriffe und allgemeine Grunlagen
3. DIN 18008-2 Glas im Bauwessen- Bemessungs und Konstruktionsregein Teil 2: Linienförming gelagertew Verglasungen
4. Pr EN 13474-1 Glass in building Design of glass panes – Part 1 General basis of design; January 1999
5. Pr EN 13474-2 Glass in building- Design of glass panes – Part 2 Design for uniformly distributed loads.