

Sławomir Matyaszewski
Politechnika Lubelska

STALOWE PRZEKRYCIA STRUKTURALNE.
ZABEZPIECZENIE OGNIOCHRONNE KONSTRUKCJI
CZAJ ICH ODPORNOŚĆ OGNIOWA.

1. Metody zabezpieczeń ogniochronnych stalowych przekryć strukturalnych.

W przeciwieństwie do obiektów o tradycyjnej konstrukcji stalowych przekryć dachowych /tworzonych przez układ płaskich wiązarów dachowych i płatwi/ w obiektach o przekryciach strukturalnych obok powszechnych środków biernej ochrony przeciwpożarowej można także stosować instalacje wodne mające na celu schładzanie konstrukcji lub nawet jej gaszenie w przypadku pożaru.

1.1 Instalacje wodne zakładane w obrębie konstrukcji przekrycia.

Przy montowaniu tych instalacji wykorzystuje się przestrzeń pomiędzy górną i dolną warstwą pretów. W przypadku przekryć strukturalnych jest to możliwe bez żadnej straty użytkowej kubatury budynku, a co więcej instalacje te mogą być rozlokowane równomiernie na całej powierzchni przekrycia /na to szczególne znaczenie w przypadku zagrożenia pożarowego całej konstrukcji/. Jest to oczywiście możliwe wówczas gdy wspomniane instalacje nie są zbyt ciężkie /np. instalacje miedziane/ bowiem wtedy mogą być podwieszane praktycznie w dowolnych węzłach konstrukcji.

Stosowanie tego zabezpieczenia przeciwogniowego przyjęło się najbardziej wśród grupy tzw. trójkierunkowych przekryć strukturalnych /systemy: Pyramitec, Tridimatec oraz Unibat autorstwa Stéphan'a Du Château/ a to dzięki ich uniwersalnej konstrukcji. W systemach tych opracowano instalowanie sieci wodnej zasilanej bądź to z miejskiej sieci wodociągowej bądź też z wewnętrznego zamkniętego obiegu wody.

Użycie tego rozwiązania znacznie opóźnia dojście konstrukcji do stanu awaryjnego w wypadku pożaru, jednakże wiąże się ono ze znacznymi kosztami. W praktyce aby obniżyć

wysokie koszty montażu instalacji wodnej na całej powierzchni przekrycia, ogranicza się jej lokalizację tylko do pewnych stref sieci struktury. Montuje się ją mianowicie w tych strefach, w których elementy /pręty i węzły/ ściśle decydują o zachowaniu stateczności całej zmontowanej konstrukcji, o ile pracuje ona przenosząc obciążenia zgodne z tymi na jakie była projektowana. [8]

1.2 Nakładanie ogniochronnych farb pęczniejących.

Farby pęczniące wchodzi w skład zestawów malarskich, w których podkład ma właściwości antykorozyjne, a warstwa pęczniąca oraz nawierzchniowa zapewniają szczelność powłoki malarskiej. Wyłącznie zestawy malarskie z farbą pęczniącą tworzą skuteczne powłoki ogniochronne i antykorozyjne i zatem tylko takie mogą być stosowane. [2.4.5]

a/ Warunki stosowania farb pęczniejących.

Farby pęczniące mogą być stosowane jako skuteczne zabezpieczenie antykorozyjne zarówno dla elementów narażonych na działanie czynników atmosferycznych jak i dla elementów eksploatowanych wewnątrz pomieszczeń o ile przewidywana wilgotność względna pomieszczenia nie przekracza 70 % , a ponadto pomieszczenie to pozbawione jest czynników agresywnych chemicznie tzn. agresywnych korozyjnie par i gazów. Dokładne warunki stosowania polskich farb pęczniejących z zestawu "Ceniokor" określone zostały przez ITB w tzw. świadectwie dopuszczenia do powszechnego stosowania w budownictwie /nr 28-77/. [2.4]

b/ Powszechnie stosowane marki zestawów farb pęczniejących.

W Polsce powszechnie stosuje się zestaw farb pęczniejących krajowej produkcji typu "Ceniokor". Natomiast spośród stosowanych powszechnie w Europie Zach. farb ogniochronnych do najskuteczniejszych zalicza się: "Cridofeu" i "Unither" /Francja/ oraz "Viedokohl" /RFN/. [2]

c/ Charakterystyka zestawu malarskiego "Ceniokor".

- I warstwa - nakładany jedno lub dwukrotnie podkład antykorozyjny /na powierzchnię oczyszczoną uprzednio przez śrutowanie/ , dopuszcza się zastąpienie tego podkładu cynkowaniem lub nakładaniem farb gruntowych na bazie żywio

ftalowych /typu UIC-3/ lub farby miniowej 60 %.

- II warstwa - nakładana dwiema warstwami pędzlem lub jedną warstwą pneumatycznie biała farba poliwinylowa ogniochronna pęczniejąca w temp. 150-200°C

- III warstwa - наносzona podobnie jak warstwa II żółta farba poliwinylowa ogniochronna pęczniejąca w temp. 150°C

- IV warstwa - наносzona jednokrotnie zewnętrzna biała farba nawierzchniowa ogniochronna, stanowiąca zabezpieczenie przed wpływami atmosferycznymi wcześniej nałożonych warstw

Stosowanie farb pęczniejących podnosi odporność ogniową elementów konstrukcji z klasy "N" do klasy "0,5 godz."

[2,4,5]

1.3 Wykonanie ogniochronnych sufitów podwieszonych.

Równie dobre efekty jak w przypadku stosowania farb ogniochronnych uzyskuje się poprzez zabezpieczenie konstrukcji przekrycia strukturalnego podwieszonym do niej ogniochronnym sufitem tzw. podsufitką. [2,6] Te ogniochronne podsufitki wykonywane są z materiałów płytowych.

a/ Rodzaje ogniochronnych podsufitek.

Do najpowszechniej stosowanych należą:

- płyty suchego tynku zbrojonego ciętym włóknem szklanym

- płyty z gipsu i włókna szklanego

- porowate płyty azbestowo-cementowe /np. francuskie "Marinite" i "Asbestolux" o gęst. ok. 600kg/m³

- płyty z wełny mineralnej na lepiszczu syntetycznym o gęst. ponad 300kg/m³

- płyty z wełny mineralnej z dodatkiem tworzyw perlitopodobnych o gęst. j.w.

- twarde płyty z wełny mineralnej o gęst. 150kg/m³

Wszystkie z wymienionych materiałów płytowych są w zasadzie niepalne, a ponadto nie pękają i nie odkształcają się w wysokich temperaturach. Każdy z nich podnosi odporność ogniową elementów konstrukcyjnych z klasy "N" do klasy "0,5 godz." przy jednej warstwie płyt /o grub. 12,5mm dla płyt z suchego tynku/.

W zależności od rodzaju stosowanych płyt mogą być one

przymocowywane do konstrukcji przekrycia strukturalnego albo za pomocą specjalnych wkrętów albo techniką zgrzewania lub spawania szpilek stalowych. [2,4,8]

b/ Warunki stosowania ogniochronnych sufitów podwieszonych.

- nie zaleca się stosować w.w. podsufitek w budynkach o wysokości ponad 15m

- nie należy przerywać ciągłości podsufitki oprawami urządzeń oświetleniowych, wylotami przewodów wentylacyjnych itp., chyba że w przypadku specjalnego zabezpieczenia opraw oraz zamocowania klap odcinających w przewodach wentylacyjnych

- każde rozwiązanie technologiczne ogniochronnej podsufitki powinno być poddawane badaniom ogniowym przeprowadzanym w warunkach zalecanych przez odpowiednie normy [2,8]

2. Odporność ogniowa budynków o konstrukcji stalowej z przekryciami strukturalnymi.

2.1 Odporność ogniowa budynków o konstrukcji stalowej z przekryciami strukturalnymi w świetle polskich norm i przepisów z zakresu biernej ochrony przeciwpożarowej budynków o konstrukcji wykonanej ze stali.

Zgodnie z normą polską i normami ISO /International Steel Organisation/ odporność ogniową budynku oraz odporność ogniową elementów budynku dzieli się na klasy. W zależności od stopnia niebezpieczeństwa pożarowego i wymaganej klasy odporności ogniowej budynku, wymaga się od poszczególnych elementów budynku pewnej minimalnej klasy odporności ogniowej /Odporność ogniowa konstrukcji stalowej jest to czas jej nagrzewania do temp. krytycznej w warunkach znormalizowanej próby ogniowej/. [2,3,6]

Według krajowych norm klasa odporności ogniowej budynku zależy od:

- średniego obciążenia ogniowego w kg drewna przeliczeniowego na m² podłogi /dla budynków produkcyjnych i magazynowych/

- kategorii zagrożenia ludzi uzależnionej od przeznaczenia obiektu, liczby kondygnacji lub wysokości budynku /dla budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej/

Wymagane klasy odporności ogniowej elementów stalowej konstrukcji budowlanej podaje poniższa tabela:

Klasa odporności ogniowej budynku	Klasa odporności ogniowej elementu konstrukcji		
	Elementy konstr. mogące wywołać katastrofę postępującą np. słupy, podciąg	Elem.nośne przekryć niewym.w kol.2	Elem.nośne przekryć stropodach
A	4	2	0,5
B	2	1	0,5
C	1	1	0,25
D	0,5	0,5	N
E	0,5	N	N

Ponieważ w Polsce w oparciu o istniejące normy przyjęto w budynkach o konstrukcji stalowej z przekryciami strukturalnymi klasę odporności ogniowej "E", narzuca to konieczność podniesienia odporności ogniowej elementów z klasy "N" do klasy "0,5 godz.". Z przedstawionej tabeli wynika, iż aby spełnić ten warunek, nie jest konieczne zabezpieczenie przeciwogniowe całej konstrukcji przekrycia strukturalnego. Może być ono pominięte o ile zabezpieczone zostaną przed skutkami pożaru:

a/ słupy nośne budynków

b/ kratowe belki obwodowe [4,5]

poprzez:

- nałożenie powłok malarskich z zestawu farb pęczniejących

- stosowanie natrysków ogniochronnych na bazie włókna azbestowego, mineralnego lub ceramicznego

- stosowanie otuliny ogniochronnej z materiałów płytowych /materiały jak w p.1.3a/ [2,3,6]

2.2 Badania odporności ogniowej przekryć strukturalnych.

Słuszność takiego sklasyfikowania odporności ogniowej budynków o konstrukcji stalowej z przekryciami strukturalnymi oraz odporności ogniowej ich elementów potwierdziły badania dotyczące zachowania się przekrycia strukturalnego w czasie pożaru, przeprowadzone w 1975 roku we Francji pod kierunkiem Stéphan'a Du Château. [4,8]

a/ Cel badań.

Początkowo przedmiotem badań miała być objęta struktura przestrzenna typu Pyramitec o module 0,90m /modułem jest przekątna podstawy elementu ostrosłupowego/, a podjęte prace badawcze miały być realizowane przez firmę "Tetra" na zlecenie organizacji "Ceca" w ramach otwartego konkursu na "Dom z prefabrykatów stalowych roku 1965". Jednakże autor badań /S.Du Château/ odszedł od pierwotnego zamierzenia postanawiając kontynuowanie badań nad strukturą o znacznie szerszych możliwościach prefabrykacji. Taką uniwersalną strukturę modułarną uzyskał on na drodze selekcji elementów charakteryzujących się optymalną geometrią, spośród różnorodnych /często prototypowych/ elementów systemu Unibat. [8]

Zakres badań stawiał sobie dwa cele:

- wykazać, że bezpieczeństwo konstrukcji przekrycia może być zapewnione przez podwieszenie do niej ogniochronnej podsufitki

- potwierdzić, że hiperstatyczna /tzn. statycznie niewyznaczalna/ struktura przestrzenna wykazuje korzystniejsze zachowanie w warunkach bezpośredniego oddziaływania ognia aniżeli konstrukcja tradycyjna /tzn. wykonana z płaskich wiązarów dachowych i płatwi/ [8]

b/ Warunki badań.

- rodzaj struktury: przekrycie stropowe typu "Unibat" wg. projektu S.Du Château [8,9]

- wymiary segmentu: 8,40 x 8,40 m, skonstruowany z ostrosłupów o module 1,20 m i wysokości 0,60 m

- podparcie segmentu: oparty na obwodzie na słupach o rozstawie 2,40 m

- górna siatka segmentu: zespolona z płytą żelbetową

i obciążona dodatkowo obciążeniem równomiernie rozłożonym o wielkości 250 kg/m^2 to jest ok. $2,50 \text{ kN/m}^2$

- siatka dolna segmentu: obciążona jedynie podwieszoną do niej podsufitką

- komora ogniowa: zlokalizowana w narożu segmentu o powierzchni $3,56 \times 3,60 \text{ m}$ tj. $12,816 \text{ m}^2$ /w przybliżeniu stanowi to $1/5$ powierzchni segmentu/ [4,8]

c/ Wyniki badań.

- całkowity czas badania tzn. obserwacji zachowania się konstrukcji przekrycia: 260 minut /w tym czasie konstrukcja nie uległa zawaleniu/

- całkowity czas dokonywania pomiarów ugięć segmentu: 202 minuty

- zniszczenie pierwszych elementów podsufitki: zaobserwowane w 143 minucie badania

- szybki wzrost temperatury stali: zaobserwowany w 172 minucie badania tj. po zniszczeniu ok. 3 m^2 podsufitki

- pomierzone ugięcia segmentu:

- w 143 min. w środku strefy obciążonej ogniem wyniosło 13 mm

- w 172 min. w środku strefy obciążonej ogniem wyniosło 20 mm

- w 202 min. w środku strefy obciążonej ogniem wyniosło 400 mm

- w 202 min. w środku całego segmentu wyniosło 9 mm czyli w przybliżeniu $1/1000$ rozpiętości segmentu /czyli po 3 godz. i 20 min. obciążania ogniem prawie $1/4$ powierzchni segmentu/

- utrzymywanie się konstrukcji niezabezpieczonej ogniochronnie: miało miejsce przez ok. 1 godz. 30minut tj. od chwili zniszczenia ok. 3 m^2 powierzchni podsufitki do czasu zakończenia próby ogniowej segmentu /czyli pomiędzy 172 i 260 minutą badania/ [4,8]

d/ Wnioski.

- Ponieważ pomiędzy 172 min. /zniszczenie znaczącej części podsufitki/, a 202 min. badania/osiągnięciem stanu przedawaryjnego/ konstrukcja przekrycia nie była już w pełni

zabezpieczona przed ogniem, a mimo to nie uległa zawaleniu, określono jej klasę odporności ogniowej na "0,5 godz.". Próba wykazała, że niezabezpieczona konstrukcja była zdolna znieść dalsze obciążenie ogniem przez bezmała następną godzinę. Z uwagi na fakt, że powierzchnia obciążana ogniem nie przekraczała 1/4 pow. całego segmentu, porzeczano na przyjęciu klasy odporności ogniowej "0,5 godz." [4,8]

- Porównanie klas odporności ogniowej niezabezpieczonych ogniochronnie stalowych konstrukcji przekryć o budowie strukturalnej i tradycyjnej wygląda zatem następująco. Przekrycia strukturalne posiadają klasę odporności ogniowej "0,5 godz.", natomiast przekrycia o układzie płaskich wiązań i płatwi kwalifikowane są do klasy "N". [4,5,8]

- Badanie potwierdziło możliwość długotrwałego zachowania stateczności przekrycia strukturalnego w warunkach pożaru. Przekrycia strukturalne będąc z reguły ustrojami hiperstatycznymi tj. wielokrotnie statycznie niewyznaczalnymi nie są podatne na lokalne zniszczenie jako, że nie powoduje ono w nich łańcuchowej reakcji w rozszerzaniu się awarii. Hiperstatyczne struktury przestrzenne można zatem dodatkowo obciążać lokalnie bez większej obawy poważnego ich przeciążenia. Wykazując znaczną rezerwę ponad wartość wyznaczoną z warunku wytrzymałości sprężystej /tj. w zakresie odkształceń sprężystych, bez osiągnięcia R_e / oraz wysoką odporność na lokalne uszkodzenia, przekrycia tego typu nigdy nie ulegają gwałtownemu zniszczeniu. Nawet w warunkach pożaru, przez stosunkowo długi okres czasu, zachowują one stateczność.

[1,4,7,8,9]

L I T E R A T U R A

- [1] Augustyn J., Śledziwski E. - "Awarye konstrukcji stalowych" Arkady, Warszawa 1976
- [2] Bogucki W. - "Poradnik projektanta konstrukcji metalowych. Część 1" Arkady, Warszawa 1980
- [3] Bogucki W. - "Budownictwo stalowe" Arkady, Warszawa 1965

- [4] Bródka J. - "Przekrycia strukturalne" Arkady, Warszawa 1985
- [5] Bródka J. - "SHS Mostostal - System konstrukcyjno - montażowy stalowych hal o przekryciach strukturalnych" Arkady, Warszawa 1979
- [6] Bródka J., Łubiński M. - "Lekkie konstrukcje stalowe" Arkady, Warszawa 1978
- [7] Buttner O., Stenker H. - "Lekkie budownictwo metalowe. Przestrzenne ustroje prętowe." Arkady, Warszawa 1975
- [8] Du Chateau S. - "Evolution des structures tridimensionnelles", "Recherche CEE, CECA - TETRA - SDC", "Structures spatiales, un bilan" - "Techniques et Architecture" No 309, mai 1976
- [9] Matyaszewski S. - "Przegląd i ocena systemów prefabrykacji i rozwiązań konstrukcyjnych strukturalnych przekryć dachowych", praca dyplomowa, Instytut Inżynierii Budowlanej i Sanitarnej Politechniki Lubelskiej, Lublin 1983