

NAPRAWA PO POŻARZE STALOWEJ WIELOKONDYGNACYJNEJ WIEŻY PRODUKCYJNEJ Z ZASTOSOWANIEM SPRĘŻANYCH ELEMENTÓW WZMOCNIENIA

DARIUSZ KOWALSKI, e-mail: kowdar@pg.gda.pl
Politechnika Gdańska / KONSTRUKTOR Dariusz Kowalski

Streszczenie: Pożar we wnętrzu wielokondygnacyjnego obiektu produkcyjnego o stalowej konstrukcji ramowej spowodował znaczne uszkodzenia w zakresie stalowych stropów międzykondygnacyjnych oraz części głównych słupów nośnych obiektu. Pomimo dużych strat w obrębie konstrukcji i lekkiej obudowy obiektu oraz długiej akcji gaśniczej udało się uratować w całości baterię technologicznych silosów magazynowych zlokalizowanych na jego dachu. Wydane bezpośrednio po pożarze opinie techniczne niepoparte żadnymi badaniami ani analizami statyczno-wytrzymałościowymi, nie dawały obiektowi żadnych szans na naprawę i kończyły się wnioskiem o konieczności całkowitej rozbiórki obiektu. Wykonana w ostateczności niezależna ekspertyza wykazała możliwość utrzymania obiektu i poddania go remontowi naprawczemu, który zachowałby zasadniczą część konstrukcyjną obiektu i istniejący ciąg technologiczny bez jego demontażu. Przygotowany i zrealizowany projekt naprawczy w zakresie układu nośnego oraz obecna bezproblemowa eksploatacja potwierdzają słuszność przyjętych założeń dotyczących sposobu przeprowadzenia naprawy. W obiekcie zastosowano niespotykane dotąd wzmocnienie uszkodzonych głównych słupów nośnych polegające na sprężeniu zastosowanych stalowych elementów wzmacniających.

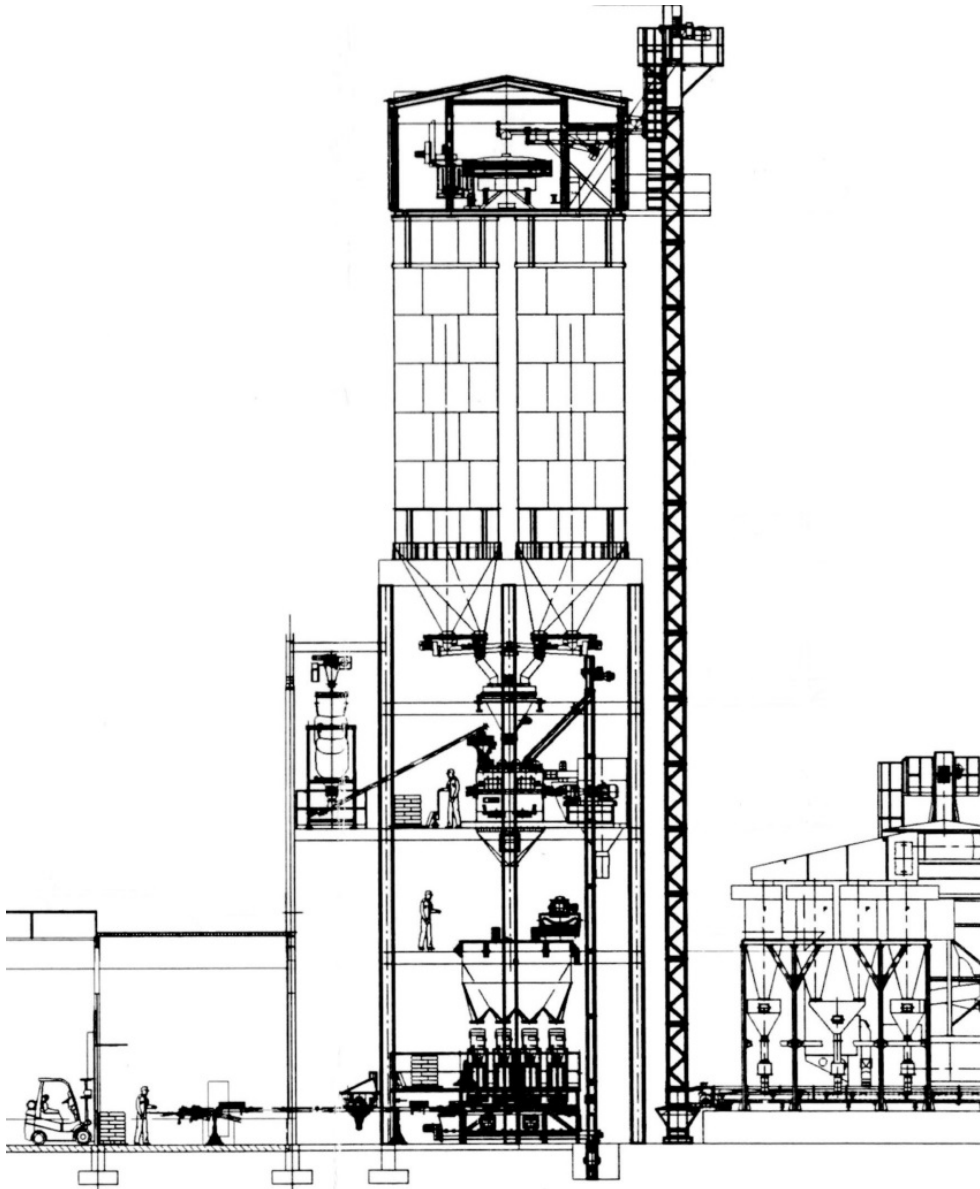
Słowa kluczowe: konstrukcja stalowa, słup stalowy, konstrukcja szkieletowa, wzmacnianie konstrukcji, sprężenie konstrukcji

1. Opis obiektu i jego zasadnicza konstrukcja nośna

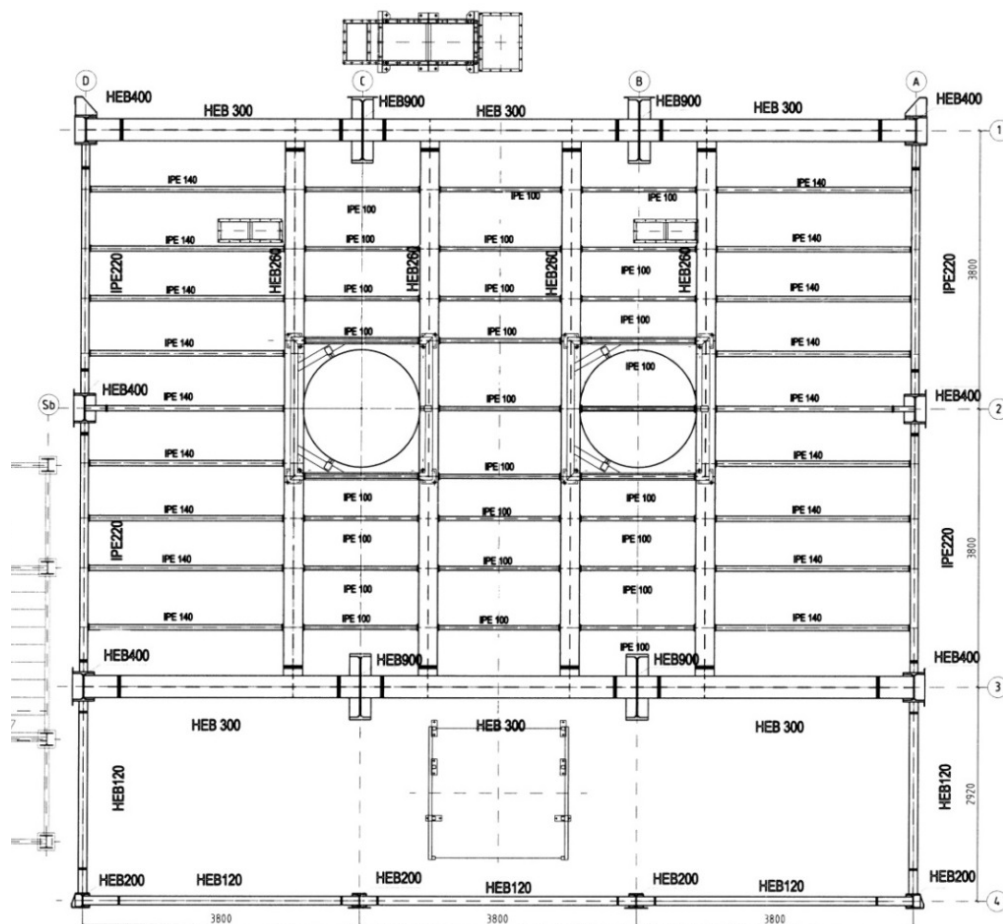
Przedstawiony w artykule obiekt produkcyjny został wybudowany w latach 2008–2009. Obiekt składa się z czterokondygnacyjnego szkieletowego budynku, na dachu którego zlokalizowana została część magazynowa w postaci sześciu silosów technologicznych na podstawowe surowce używane w produkcji o pojemności około 90 m³ każdy (rys. 1). Na górze zespołu silosów magazynowych zlokalizowane zostało pomieszczenie obsługowe związane z automatyczną dystrybucją materiałów do poszczególnych silosów. W dolnej, szkieletowej części tak powstałej wieży produkcyjnej prowadzony jest proces komponowania mieszanek suchych z zastosowaniem materiałów z górnych silosów magazynowych oraz dodatków chemicznych dodawanych w małych ilościach automatycznie lub ręcznie na jednym z poziomów przetwórczych. W obiekcie produkcyjnym wykorzystuje się zasadę grawitacyjnego przemieszczania się komponentów i powstałego z niej wyrobu pomiędzy poszczególnymi poziomami procesów technologicznych.

Zasadnicza część obiektu wykonana została w postaci czterech dwunawowych, czterokondygnacyjnych ram nośnych. Na główne pionowe elementy nośne wykorzystano kształtowniki walcowane HEB400, które zlokalizowano na ścianach szczytowych oraz HEB900 zastosowane w dwóch nawach środkowych. Układ słupowy został wykonany jako ciągły na wysokości całego obiektu. Rygle ramowe wykonano z kształtowników walcowanych o różnej wysokości. Rygle połączone zostały ze słupami nośnymi za pośrednictwem doczołowych połączeń śrubowych. Najwyższe rygle ramowe, zlokalizowane pod baterią silosów wykonane zostały

z dwuteowych blachownic spawanych o wysokości 1700 mm. Stropy międzykondygnacyjne wykonano ze stalowej blachy żeberkowej, która została ułożona każdorazowo na układzie rygli ramowych i dodatkowym ruszcie z belek drugo- i trzeciorzędnych (rys. 2). Przy zasadniczej części obiektu zlokalizowana została jednoprzestrzenna część komunikacyjna służąca do wewnętrznego transportu surowców. Komunikację pionową dla personelu obsługi zapewnia zewnętrzna, otwarta klatka schodowa stanowiąca samodzielny obiekt o konstrukcji stalowej. Obiekt został obudowany lekką obudową, na którą zastosowano płyt warstwowe z rdzeniem styropianowym.



Rys. 1. Przekrój pionowy przez produkcyjną wieżę technologiczną [1]



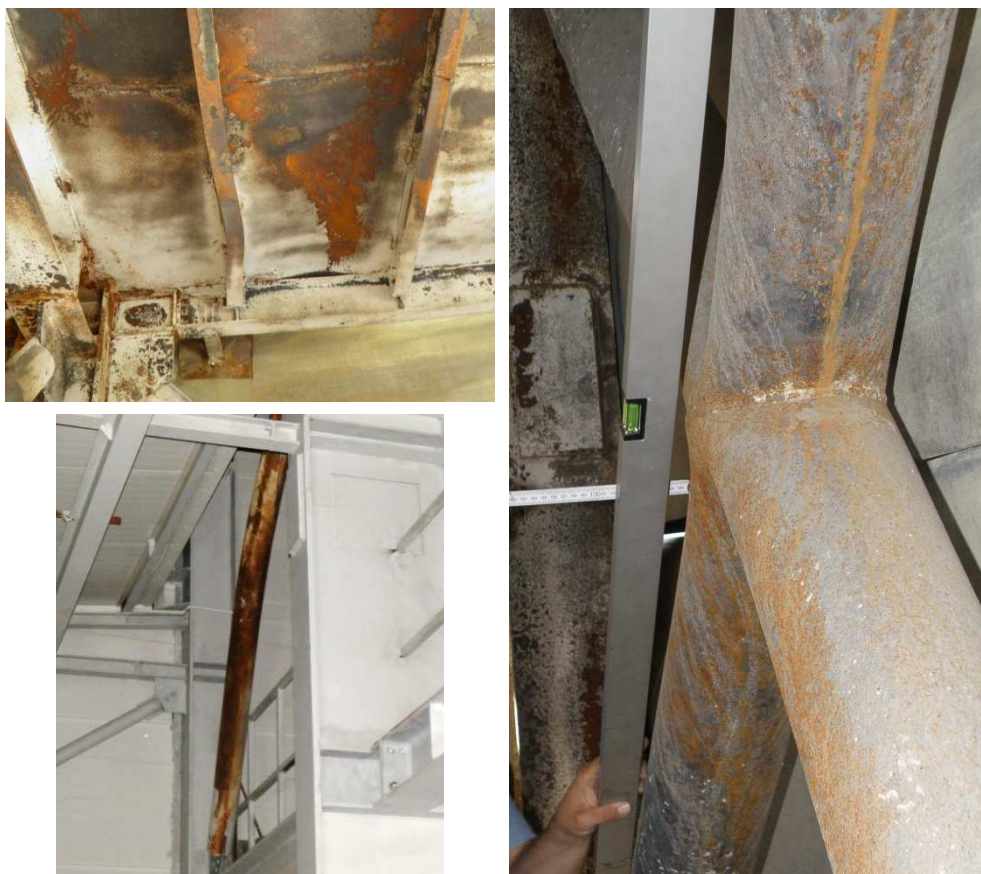
Rys. 2. Przykładowy rzut poziomy kondygnacji technicznej [1]

2. Zniszczenia pożarowe

Pożar wybuchł na trzeciej kondygnacji technicznej głównego obiektu produkcyjnego, na której składowane były materiały dodatkowe do produkcji i gdzie odbywało się ich automatyczne bądź też ręczne dozowanie do produkowanego wyrobu. Pożar objął w pierwszej kolejności składowane tam materiały i ich opakowania. W wyniku wysokiej temperatury wewnątrz obiektu nastąpiło rozgorzenie a następnie zapłon materiału izolacyjnego w postaci styropianu umieszczonego pomiędzy metalowymi okładzinami lekkiej obudowy (rys. 3). Ten element osłony spowodował głównie rozprzestrzenienie się ognia na inne fragmenty obiektu. Ogień pomiędzy blachami okładzinowymi doszedł aż po dach – do poziomu posadowienia silosów magazynowych oraz miejscowo do podstawy ściany osłonowej przy belce cokołowej. Z uwagi na wewnętrznie otwarty charakter budynku oraz jego stalową konstrukcję zarówno nośną jak i przegród poziomych znacznemu ogrzaniu podlegały w szczególności elementy konstrukcyjne zlokalizowane na czwartej kondygnacji: belki nośne zlokalizowane pod silosami i leje spustowe silosów.



Rys. 3. Zewnętrzne zniszczenia obiektu po pożarze



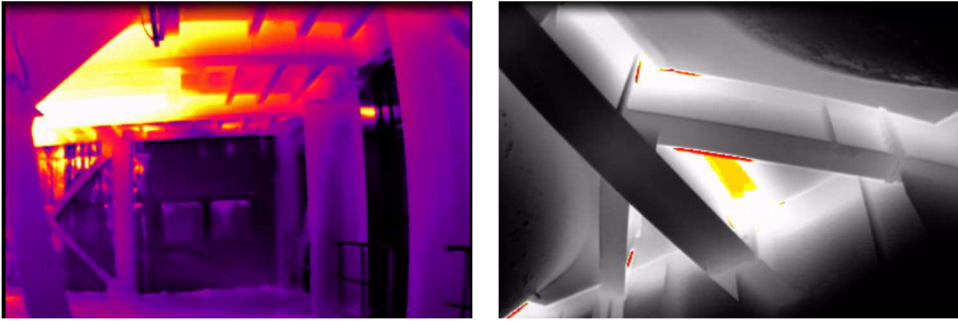
Rys. 4. Przykłady deformacji elementów spowodowane oddziaływaniem termicznym podczas pożaru

W wyniku bezpośredniego oddziaływania ognia oraz promieniowania termicznego elementami, które najbardziej ucierpiały podczas pożaru była konstrukcja stropu nad tą kondygnacją. Stopień deformacji elementów rusztu stropowego był różny w zależności od lokalnej sztywności układu rusztowego i źródła ognia. Również elementy stężeń w obrębie tej kondygnacji oraz powyżej doznały znacznych odkształceń zarówno globalnych jak i lokalnych (rys. 4). W zakresie pionowej konstrukcji nośnej znacznych odkształceń doznały dwa główne słupy wewnętrzne wykonane z kształtowników HEB 900. W obrębie tej kondygnacji słupy te uległy odchyleniom od pionu, szczególnie w zakresie pasów dwuteowników usytuowanych wewnątrz obiektu. Pofalowaniu uległy również środkniki tych kształtowników (rys. 5). Deformacje te wystąpiły w górnej połowie słupów na tej kondygnacji. Żadne odkształcenia w obrębie tych dwóch zasadniczych elementów konstrukcyjnych nie wystąpiły ponad ryglami poziomymi, na kolejnej kondygnacji oddzielonej jedynie stalową blachą pomostową. W zakresie ostatniej kondygnacji, przez oddziaływanie temperatury uwypuklone zostały jedynie błędy projektowe i wykonawcze jakie popełniono przy realizacji tego obiektu z zakresie ramowego połączenia słup – belka [2].



Rys. 5. Deformacje głównych słupów nośnych wykonanych z kształtownika HEB 900

Dzięki zewnętrznej klatce schodowej, do której nie dotarł ogień, akcja gaśnicza prowadzona była na wszystkich poziomach i obejmowała nie tylko próbę ugaszenia głównego źródła ognia, ale również prowadzono prewencyjne schładzanie konstrukcji stalowej szczególnie w obrębie czwartej kondygnacji, co zapewne przyczyniło się do ograniczenia zniszczeń i zachowania stateczności całego układu nośnego. Działania związane z oceną temperatury panującej w obiekcie były monitorowane przez służby pożarowe z wykorzystaniem kamery termowizyjnej (rys. 6).



Rys. 6. Przykładowe ujęcia z kamery termowizyjnej wykonane podczas akcji gaśniczej

3. Badania i analizy stanu obiektu po pożarze

Celem oszacowania bezpowrotnych strat w zakresie elementów konstrukcyjnych obiektu i oceny ewentualnych możliwości jego odbudowy w oparciu o pozostałą strukturę podjęto następujące badania i oceny, wg następującego klucza działania:

- ocena wizualna stanu poszczególnych elementów konstrukcyjnych,
 - ocena wizualna połączeń śrubowych i spawanych,
 - pomiary geodezyjne zasadniczej konstrukcji nośnej obiektu i wyposażenia technologicznego na niej usytuowanego,
 - badania identyfikacyjne w zakresie rodzaju zastosowanego materiału stalowego,
 - badania identyfikacyjne w zakresie oceny wpływu oddziaływania wysokiej temperatury pożaru na właściwości materiałowe kształtowników stalowych,
- oraz
- analizy statyczno-wytrzymałościowe konstrukcji pod kątem oszacowania rezerw nośności konstrukcji zawartych w zrealizowanym obiekcie,
 - analizy statyczno-wytrzymałościowe konstrukcji z uwzględnieniem stwierdzonych po pożarze odchyłek geometrycznych głównego układu nośnego i ewentualnie powstałych zmian materiałowych,
 - ocena możliwości i sposobu naprawy dla poszczególnych elementów konstrukcyjnych.

Powstały w ten sposób zbiór informacji dla poszczególnych elementów konstrukcyjnych dał możliwość wnioskowania o całej konstrukcji obiektu jak i poszczególnych jego elementach składowych.

Dodatkowym problemem jaki ujawnił się podczas analizy dokumentacji projektowej i powykonawczej był całkowity brak świadectw odbiorowych na materiały stalowe użyte do wytworzenia konstrukcji [3] jak i całej dokumentacji powykonawczej, w tym jakichkolwiek pomiarów geodezyjnych obiektu. Brak ten był zawiniony przez nadzór budowy zarówno od strony wykonawcy jak inwestora.

4. Omówienie wyników wybranych badań

Przedstawiony w poprzednim punkcie plan stanowił zakres działania zespołu oceniającego uszkodzony obiekt. Wiele z tych zadań jest powszechnie wykonywanymi zadaniami inżynierskimi z zakresu oceny stanu technicznego w obiektach poddawanych remontom czy też przebudowom. W opisywanym przypadku podstawowym zadaniem było określenie właściwości mechanicznych materiałów stalowych, które zostały podane oddziaływaniu wysokiej temperatury w trakcie pożaru. W tym celu z elementów konstrukcyjnych znajdujących się w obrębie najbardziej uszkodzonej trzeciej kondygnacji obiektu pobrano próbki materiału

stalowego. Próbkę pobierano szczególnie z miejsc narażonych na wysoką temperaturę. Były to zarówno wielkowymiarowe próbki płaskie, celem wykonania próbek do określenia właściwości mechanicznych w próbach statycznego rozciągania (w celu określenia zależności $\sigma-\epsilon$ dla materiału) oraz małe próbki pobierane metodą trepanacyjną celem wykonania badań metalograficznych struktury. Pobrany materiał posłużył również do określenia gatunku stali na podstawie badań twardości powierzchniowej materiału stalowego oraz badań spektrometrycznych, których celem było określenie składu chemicznego stali.

Statyczną próbę rozciągania wykonano zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 10002-1:2004 [4]. Wyniki prób przedstawiono w tabeli 1. U dołu tabeli podano porównawczo również minimalne wartości mechaniczne wymagane dla konstrukcyjnych materiałów stalowych zgodnie z normą PN-EN 10025-2:2007 [5]. W przypadku jednej próby badawczej, dla materiału oznaczonego jako 2, stwierdzono wyraźne odstępstwo własności mechanicznych od uzyskanych dla trzech pozostałych próbek poddanych badaniu. Taki spadek granicy plastyczności R_e mógłby wskazywać na poddanie materiału intensywnym procesom cieplnym. Jednak należy wziąć pod uwagę, iż trzy pozostałe wyniki pomiarów właściwości mechanicznych zostały wykonane z tego samego fragmentu materiału dostarczonego do laboratorium. Stąd jest to raczej błąd przeprowadzonego pomiaru. W przypadku pozostałych badanych pod kątem wytrzymałościowym materiałów stwierdzano występowanie wyraźnej granicy plastyczności.

Tabela 1. Własności mechaniczne dla materiałów poddanych działaniu temperatury

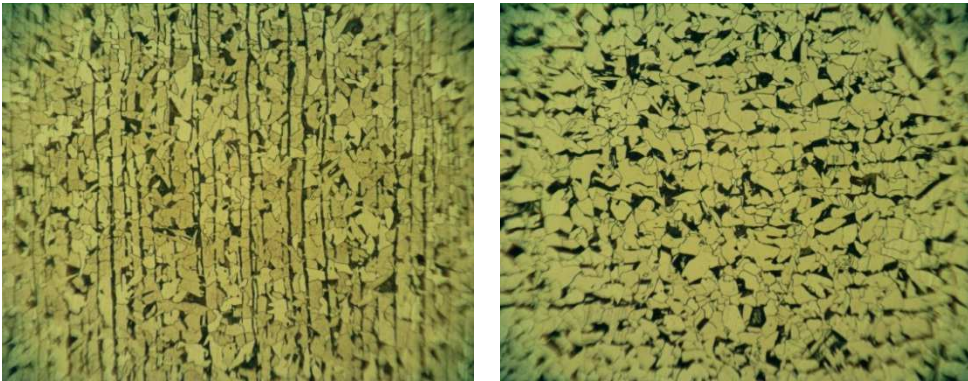
Oznaczenie próby	Własności mechaniczne			Grubość materiału [mm]	Klasa wytrzymałościowa materiału
	R_e [MPa]	R_m [MPa]	A [%]		
1	333	481	35,1	18,5	S275
	328	482	35,7		
	331	482	34,6		
Średnia	331	482	35,1		
2	330	433	36,6	13,4	S275
	275	436	36,2		
	305	425	34,5		
	336	432	35,8		
Średnia	-	431	37,7		
3	369	482	30,9	18,5	S355
	374	495	32,2		
	387	494	30,4		
Średnia	377	490	31,1		
12	395	486	32,7	18,5	S355
	390	490	32,7		
	392	494	32,2		
Średnia	392	490	32,5		
S355	min. 355	470–630	min. 22		
S275	min. 275	410–560	min. 22		

Próby badawcze oznaczone jako 1, 3 i 12 były wykonane z materiału pochodzącego z dwuteowników walcowanych typu HEB 900. Należało się spodziewać, iż mogą one być wykonane z jednego gatunku stali, a przy odrobinie szczęścia nawet z jednego jej wytopu. Ujawnione w tym badaniu duże rozbieżności wartości granicy plastyczności w tym przypadku są informacją o zmianach związanych z odpuszczającym działaniem temperatury na stal, co przejawia się obniżeniem jej wartości. Najbliżej źródła ognia znajdował się materiał z próbek oznaczonej jako 1, następnie 3, zaś najdalej materiał z próby 12. Zmiana tego parametru

potwierdzałyby powstałe odkształcenia w słupach prezentowanych na rys. 5. Próbka materiałowa nr 2 pochodzi ze słupa kształtownika HEB400 zlokalizowanego bezpośrednio przy głównym źródle ognia. Pomierzone wartości wytrzymałościowe w toku tego badania ujawniły największe obniżenie granicy plastyczności.

Na podstawie powyższych badań wytrzymałościowych można było stwierdzić, że materiał po pożarze spełniał wymagania w zakresie wytrzymałościowym na poziomie odpowiadający co najmniej klasie stali S275. Plastyczność materiału, w zakresie jego wydłużalności nie uległa zmianie i znacznie przekraczała wymagane normowo minima.

Kolejne wykonane badanie – badanie metalograficzne – miało umożliwić dokonanie oceny zaistnienia ewentualnych zmian w strukturze materiału stalowego pod wpływem oddziaływania termicznego podczas pożaru. W tym celu dostarczone próbki zostały przecięte wzdłuż ich osi, zainkludowane a następnie z nich przygotowano zglądy metalograficzne. Zglądy poddano trawieniu odczynnikami Mi1Fe (Nital) w celu ujawnienia struktury metalu. Tak przygotowane próbki poddano badaniom na mikroskopie świetlnym. Przykładowe obrazy z wynikami badań przedstawiono na rysunku 7. W przypadku wszystkich badanych próbek stwierdzono występowanie drobnoziarnistej struktury ferrytyczno-perlitycznej, charakterystycznej dla stali niskowęglowych. Widoczne pasmowe ułożenia perlitu są charakterystyczne dla wyrobów walcowanych. Badania mikrostruktury nie wykazały obecności zmian strukturalnych. Na badanych próbkach widoczna jest pasmowość powstała w procesie walcowania. Wskazuje to, że oddziaływanie temperatury mogło być krótkotrwałe (nie powodujące zmian struktury) oraz że temperatura nie przekroczyła wartości około 700°C. Niemniej taka temperatura, w przypadku dłuższego oddziaływania, może prowadzić do redukcji granicy plastyczności, co miało zapewnić miejsce wnosząc po wcześniej opisanych wynikach badań wytrzymałościowych.



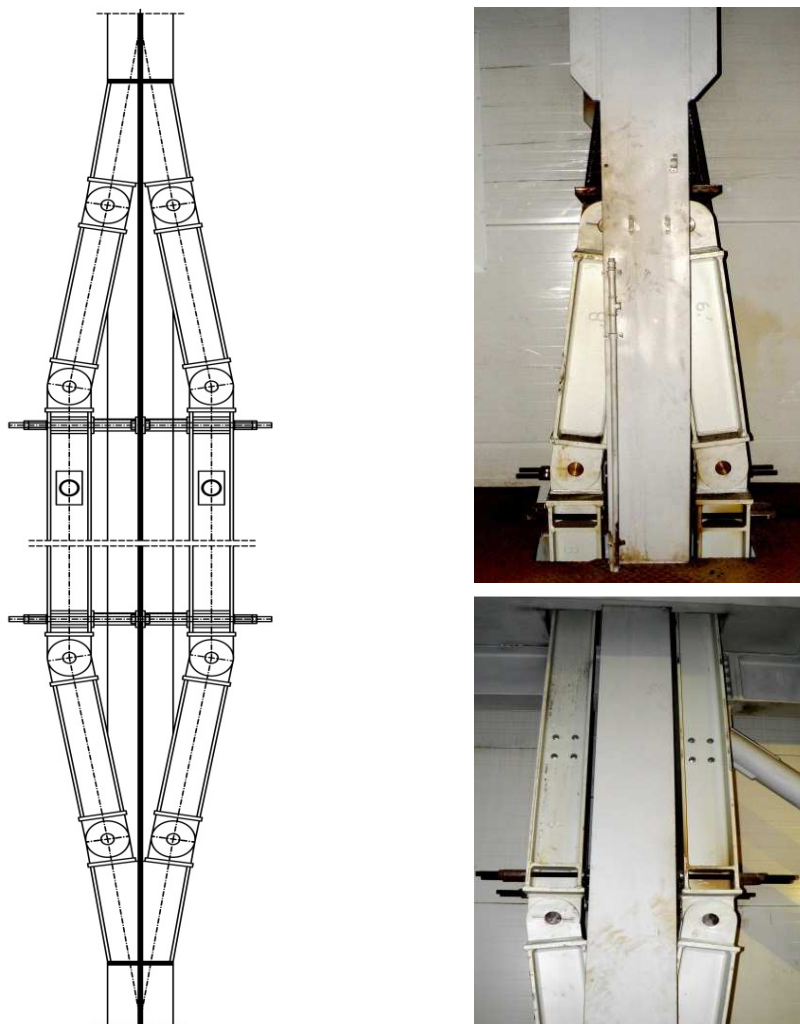
Rys. 7. Przykładowe zglądy z badania metalograficznego materiału stalowego po pożarze

Materiał pobrany z konstrukcji został dodatkowo poddany badaniom w zakresie składu chemicznego jak i twardości powierzchniowej co dało pełen komplet informacji dotyczącej stali zastosowanej w obiekcie [6] i jej ewentualnej degradacji na skutek oddziaływania termicznego.

5. Projekt remontu i wzmocnienia obiektu

Na podstawie zgromadzonych szczegółowych informacji o obiekcie pochodzących z dokumentacji projektowej, badań i analiz podjęto decyzję o możliwości pozostawienia obiektu do dalszej eksploatacji po przeprowadzeniu prac remontowych w zakresie jego poszczególnych elementów oraz wykonaniu dodatkowych elementów wzmocniających.

Przeprowadzone analizy statyczno-wytrzymałościowe, nawet z uwzględnieniem istniejących, popożarowych lokalnych deformacji głównych elementów konstrukcji potwierdziły możliwość dalszej eksploatacji obiektu. Obniżenie wytrzymałości materiału kształtowników stalowych, jakie uwzględniono w trakcie tych analiz obliczeniowych pokazało wystarczający zapas nośności konstrukcji i jej połączeń.



Rys. 8. Projekt i realizacja wzmocnienia głównych słupów nośnych obiektu

W ramach prac naprawczych i remontowych wskazano na następujący zakres robót do wykonania:

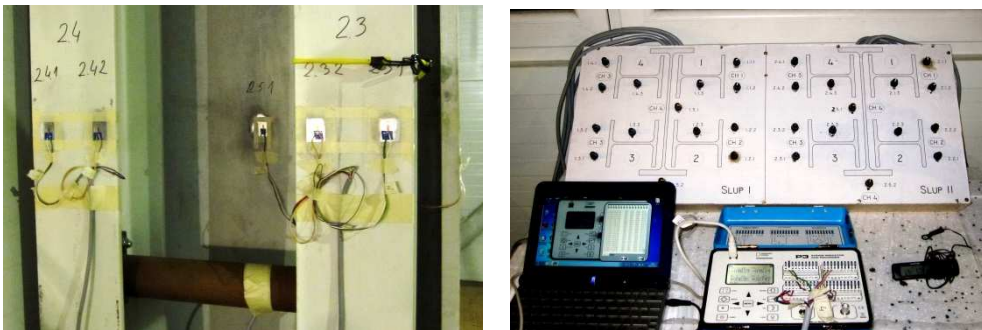
- wymiana znacznej części elementów prętowych tworzących ruszt nośny stropu zlokalizowany nad trzecią kondygnacją, która wynikała z deformacji elementów powstałych na skutek odkształceń termicznych,
- wymiana kompletnych układów stężeń ściennych odkształconych podczas pożaru,

- prace naprawcze w obrębie wadliwie wykonanych od początku połączeń słup – rygiel na ostatniej kondygnacji,
- wymiana wszystkich łączników śrubowych w połączeniach od trzeciej kondygnacji w górę,
- całkowita wymiana obudowy ściennej na płyty warstwowe, ale tym razem z rdzeniem termicznym wykonanym z wełny mineralnej.

W zakresie odkształconych słupów nośnych, których wymiana była niemożliwa do wykonania z uwagi na istniejącą znaczną nadbudowę technologiczną i magazynową, zostało zaproponowane wzmocnienie, którego uproszczony schemat konstrukcyjny oraz fotograficzną dokumentację z realizacji przedstawiono na rysunku 8.

Projekt wzmocnienia dwóch słupów wykonanych z kształtowników HEB 900 zakładał wykonanie dla każdego z nich obustronnej dodatkowej konstrukcji stalowej z kształtowników HEB 240 połączonej z istniejącymi słupami stalowymi poza obszarem występowania w nich uszkodzeń. Dodatkowe elementy wzmacniającego układu nośnego połączone zostały ze sobą przegubowo, z pewnym kątem odchylenia określanym na etapie obliczeń. Elementy obustronnej rozbudowy zostały na odcinkach pionowych dwukrotnie spięte ze sobą za pomocą cięgien z prętów gwintowanych wykonanych ze stali wysokiej wytrzymałości. Elementy te posłużyły do sprężenia zamontowanej nowej konstrukcji wsporczej. Podczas dokręcania nakrętek na cięgnach zmniejszeniu podlegała odległość pomiędzy prętami pionowymi. Przemieszczenia te wymuszały obrót dwóch wahaczowo połączonych prętów z nową oraz starą konstrukcją. Wywołany ruch po łuku kołowym, jaki zataczały wewnętrzne przeguby połączeń powodowały powstanie sił ściskających w nowym układzie, a te z kolei spowodowały rozciągnięcie znajdującego się pomiędzy nimi uszkodzonego odcinka słupa. W ten sposób nowe elementy wzmacniające zostały rozparte pomiędzy ustalonymi punktami istniejącej konstrukcji, co spowodowało stopniowe włączenie się ich do udziału w przenoszeniu obciążeń, zarówno przyszłych, ale również tych, które były w chwili instalacji i sprężenia nowych elementów. Zastosowane w obiekcie rozwiązanie umożliwia regulację wartości odciążenia wzmacnianego elementu nośnego konstrukcji, które jest zależne od wartości sprężenia cięgien.

Prace związane ze sprężeniem konstrukcji wsporczej, z uwagi na jej prototypowy charakter, zostały przeprowadzone pod kontrolą monitoringu tensometrycznego (rys. 9).



Rys. 9. Pomiary tensometryczne elementów wzmacnianych i wzmacniających podczas ich sprężania

Monitoring ten pozwolił na bieżące kontrolowanie odkształceń na poszczególnych elementach wzmacnianych. Pozwoliło to doprowadzić do równego sprężenia wszystkich nowych elementów. Zainstalowanie tensometrów na uszkodzonych słupach pozwoliło na kontrolowanie ich odciążenia przez nowe elementy wzmacniające, co zostało wykazane poprzez odpo-

wiednie odczyty. Rozwiązanie wzmocnienia słupa poprzez zastosowanie obustronnych elementów wzmacniających i ich sprężenia zostało zgłoszone do ochrony patentowej w Urzędzie Patentowym Rzeczypospolitej Polskiej [7] i podlega związanej z tym ochronie prawnej.

6. Podsumowanie

Opisany przykład procedury postępowania z obiektem, który uległ uszkodzeniom w wyniku pożaru jak też w przypadku innych zdarzeń losowych, pokazał że nie można podejmować decyzji na podstawie pobieżnych ocen wydanych bez odpowiedniej wiedzy, doświadczenia oraz możliwości prowadzenia badań i zaawansowanych sprawdzeń czy też prowadzenia analiz.

W wielu konstrukcjach, szczególnie stalowych, ukryte są znaczne rezerwy nośności zarówno materiałowe, konstrukcyjne jak i geometryczne, które mogą zostać wykorzystane do naprawy i przywrócenia obiektu do dalszej eksploatacji.

Naprawy konstrukcji nie zawsze muszą przebiegać w sposób szablonowy, znany na przykład z doniesień literaturowych i powszechnej praktyki, ale również mogą być przyczynkiem do powstawania nowych rozwiązań konstrukcyjnych w zakresie sposobów wzmacniania elementów, co przedstawił w niniejszym artykule.

Operacja sprężania, a przez to odciążenia słupów głównych, została przeprowadzona siłą ludzkich rąk bez zastosowania żadnej techniki hydraulicznej czy też rozporowej. W chwili wzmocnienia nie potrzebne było żadne odciążenie lub wyparcie konstrukcji obiektu przy pomocy innych elementów, przez co efektywnie skróceniu uległ czas realizacji tego rozwiązania. Prostota wykonania i działania pozwalają przypuszczać iż ta metoda wzmacniania konstrukcji słupowej może być częściej stosowana.

Zastosowana metoda wzmocnienia łączy w sobie cechy dodatkowego elementu przenoszącego zarówno istniejące jak i przyszłe obciążenia obiektu, jak i mechanicznego elementu rozpiętego się pomiędzy określonymi punktami konstrukcji wymagającej wzmocnienia.

Zrealizowane rozwiązanie techniczne wzmocnienia, jak i całego obiektu, w chwili pisania tego artykułu, pracuje bezawaryjnie i bezproblemowo od prawie trzech lat, co chyba jest dość dobrym dowodem na słuszność podjętego kierunku remontu i wzmocnienia obiektu.

Literatura

1. Projekt budowlany – Studio Projektowe Architektoniczno-Budowlane, Piotrków Trybunalski, 2008.
2. Kowalski D.: Eksploatacja obiektu budowlanego weryfikacją prac projektowych i wykonawczych. 23 Konferencja Naukowo-Techniczna. Zapobieganie, diagnostyka, naprawy, rekonstrukcje – Awarie Budowlane, Politechnika Szczecińska, Szczecin-Międzyzdroje, 2007.
3. Urbańska-Galewska E., Kowalski D.: Dokumentacja projektowa konstrukcji stalowych w budowlanych przedsięwzięciach inwestycyjnych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015.
4. PN-EN 10002-1:2004 Metale – Próba rozciągania – Część 1: Metoda badania w temperaturze otoczenia (norma zastąpiona przez PN-EN ISO 6892-1:2016-09).
5. PN-EN 10025-2:2007 Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 2: Warunki techniczne dostawy stali konstrukcyjnych niestopowych.
6. Kowalski D.: Techniki badania właściwości stali. XIV Konferencja Naukowo-Techniczna. Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego. 11–13 maja 2016 r. Kielce-Cedzyna, 2016.
7. Kowalski D.: Sposób aktywnego wzmocnienia słupowego elementu konstrukcyjnego, zwłaszcza stalowego i konstrukcja do aktywnego wzmocnienia słupowego elementu konstrukcyjnego, zwłaszcza stalowego. Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa, 2014.

REPAIR AND STRENGTHENING OF STEEL MULTI-STOREY INDUSTRIAL TOWER AFTER FIRE USING PRESTRESSED COMPONENTS

Abstract: The fire which occurred inside of a multi-storey industrial building made of a steel frames with cladding caused a substantial damage to both intermediate steel floor systems and columns. Despite the significant losses in structural components, the cladding, the whole battery of technologic warehouse silos located at the roof was saved after long lasting firefighting. Technical reports provided immediately after the fire were written without any examinations and structural analysis of the structure. The possibility of structural repair was excluded and immediate demolition recommended. The further independent inspection proved that there is a possibility to keep the building in operation and subject it to renovation, which would maintain an essential part of the structure and existing technological line without its reassembling. The implementation of the repair project and further smooth operation confirms the correctness of the assumptions taken. Innovative way of strengthening of the main columns using prestressed components was implemented in the repair project.

Keywords: steel structure, steel column, frame structure, structure strengthening, structure compression