

prof. dr hab. inż. Mieczysław Kamiński*
mgr inż. Mateusz Maszczak*

Remont komina żelbetowego wysokości 160 m w wyniku uszkodzeń powierzchni zewnętrznej

Repair of a RC chimney with a height of 160 m due to the damage to the outer surface

Streszczenie. Opisano stan techniczny komina żelbetowego wysokości 160 m, uszkodzenia konstrukcji i zabezpieczeń antykorozyjnych zewnętrznej powierzchni płaszcza, a następnie przedstawiono analizę przyczyn powstałych uszkodzeń oraz zalecenia dotyczące ich naprawy.

Słowa kluczowe: komin żelbetowy, uszkodzenia, naprawa.

Abstract. The paper describes a technical condition of a reinforced concrete chimney with a height of 160 m. The damage both to the structure and to selected protection measures of an outer surface of the shell are then presented. The damage are analyzed and the paper concludes with some recommendations of damage repair.

Keywords: RC chimney, damage, repair.

Pomimo faktu, że żelbetowe kominy przemysłowe należą do typowych konstrukcji przemysłowych i istnieje wiele norm projektowych [1] i branżowych [2], pozwalających na bezpieczne projektowanie i realizację, to jednak w dalszym ciągu powszechnie dochodzi do uszkodzeń konstrukcji w wyniku błędów projektowych i wykonawczych [3]. W artykule przedstawiono jeden z przykładów [4] analizowanych wybranych uszkodzeń powstałych w trakcie eksploatacji komina żelbetowego.

Opis techniczny konstrukcji

Opisywany komin jest żelbetową konstrukcją wolno stojącą, posadowioną bezpośrednio na własnym fundamencie. Średnia temperatura technologiczna spalin przy wlocie waha się od 180 °C do 240 °C. Wysokość konstrukcji wynosi 160 m powyżej poziomu terenu. Trzonem nośnym konstrukcji jest monolityczny płaszcz żelbetowy o zbieżności na całej wysokości wynoszącej 2,25%. Średnica zewnętrzna u podstawy komina wynosi 13,30 m, a u wylotu 6,10 m, grubość ścian jest zmienna od 0,45 m w poziomie ±0,00 m do 0,15 m w koronie. W trzonie występują dwa przeciwległe, współosiowe otwory wlotu czopucha 3 x 6 m oraz dwa otwory wejściowe. Trzon oraz czopuch zostały zaprojektowane z betonu klasy B20 i zbrojone stalą St3SX (A-I). Trzon komina posadowiony jest na oczepie palowym z betonu B17,5, opartym na 87 palach wielkośrednicowych Ø820. Poziom posadowienia żelbetowej płyty oczepowej wynosi -4,00 m. Płyta fundamentowa jest zbrojona stalą klasy A-0. Osprzęt komina stanowią 4 stalowe galerie na poziomach: +40,00 m; +80,00 m; +120,00 m i +157,00 m. Dodatkowym wyposażeniem konstrukcji są światła przeszkodowe; drabinka włazowa z ochronnymi kabłąkami i instalacja odgromowa.

Uszkodzenia zewnętrznej powierzchni komina

Ogólny stan zewnętrznej powierzchni komina był zadowalający pod względem bezpieczeństwa konstrukcji, lecz niezadowalający, jeśli chodzi o zabezpieczenie przed nega-

tywnym oddziaływaniem na beton agresywnych czynników zewnętrznych. W dalszej części artykułu zostały krótko opisane wybrane uszkodzenia konstrukcji i powłok ochronnych.

Uszkodzenia o charakterze konstrukcyjnym, to:

- pojedyncze rysy o rozwarości 0,1 ÷ 0,4 mm, zauważone w dolnej części żelbetowego płaszcza komina, wynikające z odkształceń skurczowych lub termicznych i obniżające szczelność otuliny. Dodatkowo zaobserwowano większą rysę (0,4 ÷ 0,6 mm) wzdłuż drabinki włazowej na poziomie około +5,00 ÷ +7,00 m powyżej poziomu terenu;

- lokalna korozja prętów zbrojeniowych, wnioskowana pośrednio na podstawie wycieków z żelbetowego płaszcza komina w dolnej części konstrukcji na poziomie ok. +5,00 m oraz nasilająca się na wyższej wysokości, co jednak wiąże się z niedostatecznie zabezpieczonymi antykorozyjnie konstrukcjami wsporczymi pod galerie i instalacje oświetleniowe;

- lokalne przesączenia i krystalizacja związków węgla wapnia, obserwowane głównie w środkowej i górnej części żelbetowego płaszcza kominowego (fotografia 1), których zakres jest mniejszy od przesączeń „rdzawych” spowodowanych korozją betonu;

- punktowe nieszczelności powłoki ochronnej i otuliny konstrukcyjnej, obserwowane w postaci punktowych wycieków, w których w wyniku dalszego przenikania wody (z reguły nieobojętnych chemicznie) procesy korozyjne będą postępowały.

Najważniejsze uszkodzenia powłok ochronnych, które stwierdzono, to:

- lokalne, powierzchniowe złuszczenie powłok w górnej części komina;



Fot. 1. Wycieki zasady wapniowej

* Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego



Fot. 2. Widok uszkodzeń na górnej części kominia

■ równoleżnikowe odspojenia warstw betonu, łącznie z powłoką ochronną (fotografia 2).

Analiza przyczyn uszkodzeń

Na stan techniczny kominia miały wpływ: pierwotny projekt wykonania kominia; prace wykonawcze przy jego wznoszeniu; wadliwie przeprowadzone wcześniejsze prace remontowe oraz bieżąca eksploatacja kominia.

Pierwotny projekt przewidywał wykonanie kominia wg technologii

z 1975 r. z późniejszymi aktualizacjami, co nie gwarantowało zastosowanym materiałom właściwej odporności na agresywne oddziaływania chemiczne. Nie ma danych, na jaką temperaturę i na jakie przepływy gazów komin został zaprojektowany. Objawy uszkodzeń wskazują na skraplanie się spalin podczas wypływu, co pośrednio wskazuje na możliwość zbyt niskiej temperatury wlotowej lub niedostosowanej właściwie średnicy wylotowej kominia. Dodatkowo, w projekcie nie była przewidziana technologia betonów niskoskurczowych. W przypadku betonowania odcinkami należy wówczas dokładnie opisać czas wibrowania mieszanki betonowej, gdyż łatwo o efekt rozsortowania betonu i w konsekwencji lokalne osłabienie przekroju.

Zaprojektowanie wymurówki z cegły szamotowej jest wprawdzie rozwiązaniem uzasadnionym ekonomicznie, ale przy zmiennych parametrach spalania i w przypadku skraplania się spalin może prowadzić do szybkiego zawilgocenia warstwy izolacyjnej i znacznego pogarszania się parametrów izolacyjności, co z kolei obniża występowanie punktu rosy. Może też prowadzić do szybszego wypłukiwania zaprawy. Z wykonanych obserwacji wynika, że w zaprojektowanym kominie może dochodzić do zmiennych parametrów prowadzonego procesu spalania gazu. Występuje nadmierne schłodzenie spalin podczas ich emisji, a w konsekwencji – przy niekorzystnych warunkach atmosferycznych – skraplanie. Skropliny przedostają się do warstwy izolacyjnej pomiędzy wymurówką i żelbetowym płaszczem, a następnie penetrują powłokę na zewnętrzną powierzchnię kominia. Zawilgocenie wełny mineralnej umieszczonej w wielowarstwowym kominie ogranicza możliwości jej osuszenia i prowadzi do pogorszenia właściwości izolacyjnych oraz częstszego pojawiania się punktu rosy. Na podstawie badań termograficznych stwierdzono, że zjawisko to występowało intensywnie przed remontem, a zainicjowany wcześniej proces postępował.

W przypadku **prac wykonawczych** brakowało dodatkowo szczegółowych danych dotyczących sposobu zagęszczania mieszanki betonowej. Znaczenie mają zarówno czas wibrowania, jak i sposób obsługi wibratora. Zbyt krótki czas wibrowania nie pozwala na uzyskanie odpowiedniego stopnia zagęszczania betonu, a zbyt długi prowadzi do jego rozsortowania.

Złuszczenia powłok wynikały z braku wystarczającej przyczepności pomiędzy warstwami ochrony antykorozyjnej i zaprawy naprawczej do rodzimego betonu kominia. Stwierdzono dwójaki charakter uszkodzeń:

- powierzchniowe złuszczenia, które mogły się pojawić w przypadku niewłaściwie przygotowanego podłoża (lokalne zanieczyszczenia, niekorzystne warunki atmosferyczne, np.

wtórne samozanieczyszczenie kwaśnym deszczem pochodzącym z własnych spalin);

- odspojenia spowodowane obniżoną wytrzymałością betonu, dyfuzją agresywnych gazów i obniżoną mrozoodpornością;
- nieodpowiednia kompatybilność betonu rodzimego kominia i zastosowanych zapraw naprawczych.

Białe i rdzawe wycieki spowodowane były krystalizacją roztworów węglanów wapnia i korozją elementów stalowych (w dużej części elementów zewnętrznych, np. konstrukcji wsporczych galerii i opraw oświetleniowych). Na uszkodzenia powierzchni zewnętrznej miała też wpływ zła decyzja dotycząca kolejności prac remontowych powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej płaszcza kominia. Jako pierwsza powinna być wyremontowana strona wewnętrzna, a dopiero później zewnętrzna. Taka kolejność w istotny sposób zmniejszyłaby migrację kwaśnego kondensatu od strony wewnętrznej kominia. Więcej na temat prac remontowych przy uszkodzonej konstrukcji i izolacjach można znaleźć w pracy [4].

Zalecenia technologiczne dotyczące naprawy uszkodzeń

W nawiązaniu do analizowanych uszkodzeń opracowano zalecenia i wytyczne technologiczne dotyczące naprawy uszkodzeń zewnętrznej powierzchni strony kominia.

Prace przygotowawcze. Przed przystąpieniem do zasadniczych prac naprawczych i zabezpieczających zalecono dokonanie odkuć zarysowanych, obluźnionych i zanieczyszczonych chemicznie partii betonu oraz otulin prętów, pod którymi stwierdzono korozję zbrojenia. Następnie oczyszczono zewnętrzną powierzchnię betonu kominia oraz odsłonięte zbrojenie z rdzy (do stopnia Sa 2½ wg [5]) metodą strumieniowo-ścierną. Po takim przygotowaniu zinwentaryzowano szczegółowo zarysowania i inne uszkodzenia występujące na płaszczu remontowanego kominia.

Zrealizowane prace naprawcze.

W pierwszej kolejności uszczelniono powierzchnię kominia w miejscach występowania rys i po uprzednim oczyszczeniu zabezpieczono zbrojenie antykorozyjnie. Następnie uzupełniono ubytki betonu i otulin zbrojenia metodą obróbki ręcznej, a w przypadku większych powierzchni metodą natrysku, zlikwidowano nierówności przez oczyszczenie podłoża metodą strumieniowo-ścierną, zwilżono podłoże wodą, naniesiono szpachlę wyrównawczą, a w ostatnim etapie powłoki ochronne. Widok kominia po remoncie przedstawia fotografia 3.



Fot. 3. Widok kominia po remoncie

Literatura

- [1] Noakowski P. Close to reality methods for the structural design of towers. The basics of the relevant standards for industrial chimneys. Architecture Civil Engineering Environment, tom 3, nr 3, 2010.
- [2] VGB PowerTech. Industrial chimneys. Evaluation of Designs, Notes on Construction and Commissioning, Instruction Sheet. VGB-M 642 Ue, Essen 2003.
- [3] Kamiński M., Ubysz A. Destrukcyjność żelbetowego kominia przemysłowego spowodowana błędami technologii prac remontowych. Przegląd Budowlany, nr 5, 2012, 55 – 59.
- [4] Kamiński M., Ubysz A. Orzeczenie techniczne dotyczące przyczyn uszkodzeń kominia żelbetowego. Wrocław 2011.
- [5] PN-EN ISO 12944-4:2001. Farby i lakiery. Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich. Część 4: Rodzaje powierzchni i sposoby przygotowania powierzchni.