

# Przykład modernizacji znacznie zużytego żelbetowego komina przemysłowego

Dr inż. Stanisław Barycz, dr inż. Rajmund Oruba,  
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

## 1. Wprowadzenie

W wyniku ponad 30-letniej eksploatacji wszystkie elementy konstrukcyjne komina żelbetowego wysokości 120 m uległy korozyjnej degradacji. W celu zapewnienia obiektowi bezpiecznej wieloletniej sprawności eksploatacyjnej podjęto decyzję o jego modernizacji.

Przedstawioną w artykule kompleksową i prawidłową modernizację komina rozpoczęto od strony wewnętrznej. Po wyburzeniu wymurówki i usunięciu resztek izolacji termicznej, zrekonstruowano wewnętrzną powierzchnię trzonu żelbetowego. Nową wymurówkę wykonano z kwasoodpornych kształtek ceramicznych. Poziome dylatacje pomiędzy poszczególnymi segmentami wymurówki zabezpieczono specjalnymi kształtkami żeliwnymi uszczelnionymi dodatkowo folią otowianą. Na izolację termiczną zastosowano szkło piankowe. Przyjęte powyższe rozwiązanie uniemożliwia przedostawanie się agresywnego kondensatu spalin do żelbetowego trzonu nośnego. Zapewni to znaczną trwałość wykonanych zabezpieczeń komina.

Ciągłość produkcji zakładu, w trakcie remontu wnętrza obiektu zapewnił tymczasowy stalowy komin wysokości 70 m.

Kolejnym etapem robót był remont zewnętrznej powierzchni trzonu żelbetowego. Na uwagę zasługują bardzo trudne warunki realizacji tych robót wynikające ze znacznej

liczby zainstalowanych na kominie czynnych anten nadawczych.

Należy dodać, że remont starych kominów żelbetowych najczęściej ogranicza się tylko do wykonania rekonstrukcji zewnętrznej powierzchni trzonu żelbetowego. Poza krótkotrwałym efektem estetycznym, z reguły występuje wtedy przyspieszenie procesów korozyjnych, gdyż proces dyfuzji kondensatu spalin od środka na zewnątrz jest cały czas aktywny.

## 2. Charakterystyka komina

Konstrukcję nośną komina stanowi żelbetowy trzon monolityczny wysokości 120 m, o skokowo zmiennej grubości: od 0,30 m na poziomie terenu do 0,15 m na poziomie +60,0 m [4]. Od +60,0 m do +120,0 m grubość ściany trzonu jest stała i wynosi 0,15 m. Na poziomie ±0,00 m średnica zewnętrzna trzonu wynosi 7,80 m, a 4,66 m na poziomie +120,0 m. W żelbetowym trzonie wykształcono od wewnątrz wsporniki dla oparcia wymurówki wewnętrznej i izolacji termicznej. Wymurówkę wykonano z ceramicznej cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej, a izolację z wełny mineralnej. Wymurówka miała grubość 12 cm, a szczelina izolacyjna 8 cm. W rejonie wlotu czopucha (+27,5 do +40,0 m) grubość wymurówki wynosiła 25 m. Na poziomie +5,0 m wykonano płytowo-żebrowy żelbetowy monolityczny strop ze stalowym lejem odpopielają-

cym. Spaliny doprowadzane są jednym czopuchem o wymiarach 2,0 x 9,0 m na poziomie +28,6 m (dolna krawędź otworu).

Wyposażenie komina stanowią trzy galerie światła przeszkodowych, stalowa drabina oraz instalacje elektryczna i odgromowa.

Na kominie zamontowano wiele anten nadawczych telefonii komórkowej.

## 3. Stan techniczny komina przed modernizacją

Komin przed modernizacją charakteryzował się licznymi uszkodzeniami [6] typowymi dla tego rodzaju obiektów wzniesionych w okresie lat 70. i 80-tych XX wieku [1, 2, 3, 7]. Główną przyczyną korozyjnej destrukcji był agresywny kondensat dyfundujący od strony wnętrza komina na zewnątrz trzonu żelbetowego. W wyniku procesów korozyjnych znacznym uszkodzeniem uległ żelbetowy trzon nośny, izolacja termiczna oraz murowana wykładzina wewnętrzna.

Wyburzenie wymurówki wewnętrznej i usunięcie wełny mineralnej stanowiącej izolację termiczną oraz odkucie słabej partii betonu pozwoliło na bardziej dokładną ocenę stanu technicznego wewnętrznej powierzchni trzonu żelbetowego.

Stwierdzone uszkodzenia i wady wewnętrznej powierzchni trzonu żelbetowego opisano poniżej, z podziałem na charakterystyczne grupy:



Rys. 1. Perforacja trzonu żelbetowego



Rys. 2. Odstonione zbrojenie po usunięciu skorodowanej partii betonu z zewnętrznej powierzchni trzonu żelbetowego

a) perforacje ściany trzonu żelbetowego występujące w górnej części komina powyżej +60 m, tam gdzie grubość jego ściany wynosiła tylko 15 cm (rys. 1),

b) powierzchniowe korozyjne ubytki betonu, praktycznie na całej wewnętrznej powierzchni trzonu o głębokości od 0,5 do kilku cm; odstosowane zbrojenia na wspornikach podwykładzinowych oraz przy wylocie komina, korozja odstosowanego zbrojenia,

c) ubytki betonu do głębokości 7 cm na stykach kolejnych cyklów betonowania, lokalnie połączone z korozją odstosowanego zbrojenia; występowały także pionowe ubytki betonu, w miejscach pionowych styków blatów szalunkowych w okresie budowy,

d) pionowe rysy trzonu żelbetowego o rozwarości do 1 mm; beton na krawędziach tych rys był z reguły osłabiony,

e) lokalne raki i niejednorodności betonu oraz rozsegregowania kruszywa jako wady technologii betonowania,

f) niewielkie lokalne imperfekcje geometryczne ściany trzonu, najczęściej w formie miejscowych wybrzuszeń powierzchni lub owalizacji przekroju kołowego, spowodowane przemieszczeniami elementów deskowania w trakcie budowy obiektu,

g) zbyt mała szerokość poziomych półek wsporników podwy-

kładzinowych, wykształconych w żelbetowym trzonie komina, miejscami ich szerokość wynosiła 10 cm, zamiast projektowych 20 cm [4],

h) uszkodzenia nadproża otworu wlotowego czopucha (poziom +38,75 m) w postaci ugięcia i spękania ukośnego.

Uszkodzenia i nieprawidłowości stwierdzone na zewnętrznej powierzchni żelbetowego trzonu komina to:

a) lokalne raki, niejednorodności, rozsegregowanie kruszywa i powierzchniowa korozja betonu, związane z niską jakością technologii betonowania trzonu żelbetowego; objawy te występowały głównie w górnej części trzonu powyżej poziomu +60,0 m, tam gdzie ściana trzonu ma grubość tylko 15 cm; korozyjne powierzchniowe ubytki betonu występowały praktycznie na całej powierzchni trzonu żelbetowego, głębokość tych ubytków była zróżnicowana, od 0,5 do kilku cm; większa ich ilość zlokalizowana była w górnej części komina,

b) liczne wielokierunkowe spękania i powierzchniowe odspojenia betonu o grubości do kilku cm, z reguły była to betonowa otulina prętów zbrojeniowych; odstosowane pręty były powierzchniowo skorodowane (rys. 2),

c) pionowe zarysowania trzonu o charakterze termicznym, ich długości dochodziły do kilku metrów,

a rozwarości z reguły nie przekraczały 1 mm,

d) poziome zarysowania oraz korozja betonu w rejonie styków roboczych pomiędzy cyklami betonowania; w miejscach styków poziomych stwierdzono głębokie ubytki betonu, lokalnie połączone z korozją odstosowanego zbrojenia; głębokości bruzd w miejscach usuniętego zdegradowanego betonu dochodziły do kilku cm; w pojedynczych przypadkach ubytki te obejmowały całą grubość ściany trzonu żelbetowego,

e) korozja odstosowanego zbrojenia oraz liczne usterki robót zbrojarskich z okresu budowy komina,

f) imperfekcje geometryczne powierzchni trzonu; deformacje te, najczęściej w formie lokalnych wybrzuszeń powierzchni lub owalizacji przekroju kołowego spowodowane były przemieszczeniami elementów deskowania w trakcie budowy; geometryczne niedokładności pomimo negatywnego efektu wizualnego nie wpływają na bezpieczeństwo obiektu.

#### 4. Remont komina

Z uwagi na zły stan techniczny komin wymagał niezwłocznej ingerencji budowlanej polegającej na remoncie trzonu zewnętrznego zarówno od wewnątrz, jak i od zewnątrz oraz na odtworzeniu izolacji termicznej i wymurówki wewnętrznej [7].



**Rys. 3.** Żeliwne kształtki zamykające dylatację poziomą wymurówki

Modernizację rozpoczęto od wnętrza komina. Obejmowała ona wykonanie następujących, kolejnych etapów prac:

- 1) demontaż kształtek żeliwnych wieńczących głowicę komina,
- 2) wyburzenie starej wymurówki i usunięcie izolacji termicznej,
- 3) odkucie i usunięcie słabego, skorodowanego betonu w zasadzie z całej wewnętrznej powierzchni trzonu żelbetowego przy użyciu elektronarzędzi; piaskowanie całej powierzchni oraz spłukania jej wodą;
- 4) oczyszczenie i antykorozyjne zabezpieczenie odsłoniętego zbrojenia,
- 5) kompleksowy remont wewnętrznej powierzchni trzonu żelbetowego z zastosowaniem zbrojonego torkretu oraz specjalistycznych materiałów naprawczych; poszerzenie wsporników podwykładzinowych,
- 6) zabezpieczenie wsporników podwykładzinowych poprzez wyłożenie ich blachą ołowianą,
- 7) wykonanie nowej wymurówki [5] z kwasoodpornych kształtek ceramicznych KW-2 układanych na kicie kwasoodpornym z dodatkiem potasowego szkła wodnego z równoczesnym ułożeniem izolacji termicznej z dwóch warstw płyt izolacyjnych szkła piankowego Foamglass T-4, klejonych na stykach kitem kwasoodpornym (rys. 3),
- 8) uszczelnienie przestrzeni izolacyjnej poprzez zamknięcie kształtkami żeliwnymi górnych partii poszczególnych segmentów cylin-

drycznych wymurówki, styk tych kształtek z wewnętrzną warstwą wymurówki uszczelniano blachą ołowianą układaną na silikonie odpornym na wysoką temperaturę,

- 9) odtworzenie betonu trzonu stanowiącego podłoże pod kształtki wieńczące głowicę komina,
- 10) montaż nowych kształtek ze stali nierdzewnej wieńczących głowicę komina,
- 11) remont zewnętrznej powierzchni trzonu komina powyżej poziomu +117 m według technologii stosowanej przy remoncie trzonu od zewnątrz.

Rozpoczęcie remontu od strony wnętrza komina i wykonanie



**Rys. 4.** Duża ilość anten nadawczych na trzonie komina

szczelnej wymurówki odpornej na agresywne oddziaływanie spalin zasługuje na szczególne podkreślenie. Odcięcie źródła korozyjnej destrukcji od żelbetowego trzonu nośnego zapewni znaczną trwałość wykonanych zabezpieczeń komina.

Po zakończeniu robót wewnątrz komina zlikwidowano tymczasowy komin stalowy i rozpoczęto normalną eksploatację obiektu. Następnie przystąpiono do remontu zewnętrznej powierzchni trzonu komina, który obejmował wykonanie poniższych robót:

- 1) przygotowanie podłoża poprzez mechaniczne usunięcie skorodowanego betonu, piaskowanie powierzchni i spłukanie jej wodą,
- 2) oczyszczenie i antykorozyjne zabezpieczenie odsłoniętego zbrojenia,
- 3) naprawa uszkodzeń trzonu żelbetowego (zbrojony torkret oraz reprofilacja ubytków betonu zaprawami naprawczymi, uzupełnienie skorodowanego zbrojenia),
- 4) szpachlowanie powierzchni materiałami specjalistycznymi,
- 5) malowanie zabezpieczające powierzchnię trzonu.

W trakcie remontu zewnętrznej powierzchni trzonu występowały znaczne utrudnienia wykonawcze wynikające z konieczności prowadzenia robót w sąsiedztwie czynnych anten nadawczych. Brak możliwości demontażu i wyłączenia ich z eksploatacji wymagał stosowania tradycyjnych metod naprawczych z użyciem małogabarytowych elektronarzędzi oraz zachowania szczególnej ostrożności. W czasie tych robót operatorzy anten zmniejszyli moc nadawania. Z powodu anten należało dodatkowo przestawiać szynę jezdnią roboczego pomostu wiszącego. Pewnym utrudnieniem była także wysoka temperatura otoczenia od pracujących w pobliżu pieców obrotowych.

## 5. Podsumowanie

Główną przyczyną korozyjnej destrukcji przedstawionego w arty-

kule komina przemysłowego był agresywny kondensat dyfundujący od strony wnętrza komina na zewnątrz trzonu żelbetowego. Kompleksową modernizację obiektu rozpoczęto od strony wewnętrznej, a dopiero później wykonano remont zewnętrznej powierzchni trzonu żelbetowego. Przyjęcie takiej kolejności robót oraz wykonanie szczelnej kwasoodpornej wymurówki i właściwej izolacji termicznej wyeliminowało źródło zagrożenia korozyjnego. Zapewni to znaczną trwałość wykonanych zabezpieczeń żelbetowego trzonu nośnego komina, a tym samym całego obiektu. Przedstawione w pracy rozwiązania technologiczne i konstrukcyjne zasługują

na upowszechnienie. Praca została wykonana w ramach badań statutowych AGH, nr 11.11.150.005

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Barycz S., Oruba R., Problemy diagnostyki i rekonstrukcji wysokich żelbetowych kominów przemysłowych. Konferencja naukowa z okazji Jubileuszu 50-lecia Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Kraków 2001
- [2] Ciesielski R., Krupiński J. Uszkodzenia i usterki trzonów kominów żelbetowych wybudowanych w latach 1950 – 1970. IX Sympozjum „Badanie przyczyn i zapobieganie awariom konstrukcji budowlanych. R-10. Szczecin 1987
- [3] Oruba R. Uszkodzenia i nieprawidłowości żelbetowych kominów przemysłowych w elektrowniach. Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, nr 86, Studia i Materiały, nr 17, Wrocław 2006

[4] Projekt techniczny nr 4–5529 komina H = 120 m Cementowni „Ożarów” (dokumentacja fragmentaryczna), opracowany przez KBFBP, Kraków 1973

[5] Projekt wymiany wymurówki wewnętrznej komina H = 120 m Cementowni „Ożarów” (0803/1). PROCONS, Kraków 2007

[6] Sprawozdanie z nadzoru naukowego nad modernizacją żelbetowego komina nr 1 H = 120 m Cementowni „Ożarów” S.A. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie 2008 i 2009

[7] Technologia remontu wnętrza komina nr 1 (H = 120 m) Cementowni „Ożarów”. SPB „SAVEX”, Zgorzelec 2007

[8] PN-88/B-03004: Kominy murowane i żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie

## Modernizacja komina żelbetowego w Elektrowni Ostrołęka

Mgr inż. Leszek Hawro, Specjalistyczne Przedsiębiorstwa Budowlane SAVEX, Zgorzelec, prof. dr hab. inż. Piotr Konderla, Politechnika Wroclawska, dr hab. inż. Ryszard Kutylowski, Politechnika Wroclawska

### 1. Wprowadzenie

Przedmiotem analizy jest komin żelbetowy wybudowany w latach 1968–1970 na terenie Elektrowni Ostrołęka o wysokości 120 m i standardowej konstrukcji. Średnica zewnętrzna komina zmienia się liniowo od wartości 8,30 m w podstawie do 7,30 m na poziomie +50 m, a powyżej tego poziomu kształt płaszcza komina jest cylindryczny o stałej średnicy zewnętrznej 7,30 m. Grubość ścianki trzonu komina zmienia się od 33 cm do 15 cm w części stożkowej natomiast w części cylindrycznej grubość trzonu jest stała i wynosi 15 cm. Trzon komina połączony

jest sztywno z żelbetową płytą fundamentową, która oparta jest na 75 palach Franki. Izolację komina stanowi wykładzina ceglana grubości 12 cm oraz wełna żużlowa o grubości 8 cm. Na poziomie 7,0 m znajduje się strop żelbetowy, powyżej którego do komina podłączone są symetrycznie dwa czopuchy o przekrojach 3,7 x 10,0 m. Schemat konstrukcji komina pokazano na rysunku 1a.

W roku 2000 została zainstalowana instalacja odsiarczania z niezależnym kominem, pozwalająca na odsiarczenie około 66% produkowanych spalin. Pozostała część spalin była zbyt mała, aby utrzymać właściwą temperaturę w ana-

lizowanym kominie, co w konsekwencji prowadziło do szybko postępującej degradacji wymurówki, a następnie degradacji materiału żelbetowego trzonu komina. Ekspertyza wykonana przez zespół ITB [1] wskazywała na duże ubytki powierzchniowe wykładziny ceglanej komina oraz znaczną degradację trzonu komina w jego górnym odcinku. Jednocześnie wyniki ekspertyzy wskazywały, że standardowy remont komina polegający na renowacji trzonu może być nieskuteczny i nie gwarantujący trwałości konstrukcji w dostatecznie długim okresie czasu.

Poszukując sposobów rozwiązania tego problemu firma Savex zapro-