

dr hab. inż. Rajmund Oruba, prof. AGH*

mgr inż. Andrzej Grudzień**

dr inż. Stanisław Barycz*

dr hab. inż. Marek Gawlicki, prof. AGH***

dr inż. Karol Firek*

Stan awaryjny komina „mokrego” H = 150 m

Accidental condition of „wet” chimney H = 150

Streszczenie. Odprowadzanie spalin z instalacji odsiarczających metodą mokrą wapienno-gipsową jest dużym wyzwaniem dla projektantów, wykonawców i użytkowników kominów. W artykule przedstawiono przypadek komina „mokrego” H = 150 m w elektrowni, który uległ awarii na skutek przesączenia się agresywnego kondensatu przez ceramiczny przewód spalin już po kilku miesiącach od rozpoczęcia eksploatacji. Opisano uszkodzenia komina oraz badania umożliwiające dokładną ocenę jego stanu technicznego. Przedstawiono także zakres robót rekonstrukcyjnych, które zapewniły normalną eksploatację obiektu. **Słowa kluczowe:** komin „mokry”, kondensat spalin, stan awaryjny komina.

Abstract. Carrying out the flue gas from the wet FGD is a big challenge for the designers, constructors and users of chimneys. The article describes a failure of the „wet” H=150 m power plant chimney caused by the aggressive condensate leakage through the ceramic flue duct just after several months of exploitation. The damages of the chimney, as well as the examining methods enabling on the precise evaluation of its state were described. The scope of reconstruction works to restore the normal exploitation of the chimney were also presented.

Keywords: „wet” chimney, flue gas condensate, accidental condition of chimney.

Charakterystyka techniczna komina

Jednoprzewodowy komin żelbetowy H = 150 m w Elektrowni Pątnów II odprowadza spaliny z bloku energetycznego nr 9 o mocy 464 MW wyposażonego w instalację odsiarczania spalin metodą mokrą wapienno-gipsową. Blok ten był pierwszą jednostką prądowózczą na parame try nadkrytyczne pary w krajowym systemie energetycznym [1].

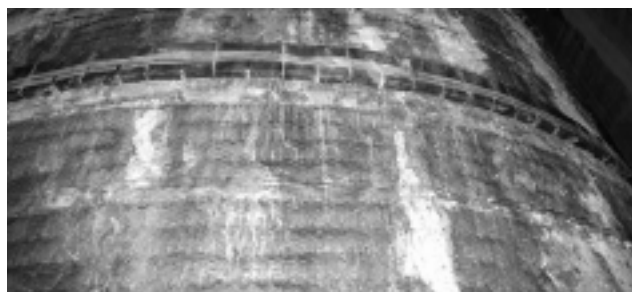
Konstrukcją nośną komina jest żelbetowy, cylindryczny trzon zewnętrzny średnicy 11,80 m, który przejmuje obciążenie ze stalowych pomostów wewnętrznych zlokalizowanych na poziomach +83,0 m i +116,5 m, na których opierają się górne segmenty ceramicznego przewodu spalin. Na trzonie zewnętrznym opiera się także żelbetowy, obwodowy strop wieńczący na poziomie +145,0 m. W dolnej części komina, w strefie wlotowej spalin (do poziomu +49,5 m), znajduje się cylindryczny, żelbetowy trzon wewnętrzny średnicy 8,11 m. Na poziomie +10,0 m wykonano żelbetową płytę dna przewodu spalin. Fundamentem komina jest pierścieniowa żelbetowa płyta fundamentowa grubości 2,50 m spoczywająca na palach CFA. Spaliny odprowadzane są jednym, wewnętrznym przewodem spalin średnicy 7,1 – 7,60 m. Wykonano go z ceramicznych, kwasoodpornych kształtek typu S-4 grubości 10 cm układanych na kicie kwasoodpornym. Przewód spalin podzielony jest na segmenty o maksymalnej długości 33,5 m. W górnej części komina segmenty przewodu spalin spoczywają na stalowych pomostach wewnętrznych, a w dolnej na żelbetowym trzonie wewnętrznym. Poziome styki segmentów spalin połączono elastycznymi taśmami dylatacyjnymi. W pierwszym etapie eksploatacji obiektu (do października 2009 r.) po zewnętrznej stronie przewodu spalin występowała izolacja termiczna z wełny mineralnej grubości 6 cm.

Komin został wybudowany w okresie od czerwca 2002 r. do lipca 2003 r. Próby rozruchowe bloku rozpoczęto we wrześniu 2007 r., a początek ciągłej eksploatacji obiektu miał miejsce w poło-

wie 2008 r. W czasie normalnej eksploatacji komin odprowadza spaliny o temperaturze od +64 do +69 °C i wilgotności do 20,4% (komin „mokry”). W przypadku awarii IOS „surowe” nieodsiarczone spaliny o temperaturze +140 – +170 °C mogły być kierowane kanałem by-pass bezpośrednio do komina.

Opis stanu awaryjnego

Już po kilku miesiącach normalnej, ciągłej eksploatacji stwierdzono intensywne przesączenie się kondensatu przez ceramiczną ścianę przewodu spalin [1]. Całkowitemu zawilgoceniu uległa izolacja termiczna z wełny mineralnej (fotografia 1). Kondensat ściekał w dół po zewnętrznej powierzchni przewodu spalin. W ramach doraźnego zabezpieczenia wykonano w dolnych partiach poszczególnych segmentów przewodu spalin specjalne rynny i rury spustowe do wyłapywania spływającego kondensatu. Działanie to okazało się niewystarczające. Agresywny kondensat powodował postępującą degradację korozyjną stalowego osprzętu komina, instalacji elektrycznej, dźwigu wewnętrznego oraz wszystkich elementów konstrukcyjnych i wyposażenia w sąsiedztwie przewodu spalin. W zimie 2009 r., w czasie długotrwałego utrzymywania się ujemnej temperatury, wystąpiło duże nagromadzenie się „kwaśnego” lodu w dolnej części komina, uniemożliwiające funkcjonowanie dźwigu i innych urządzeń. W późniejszym okresie ilość kondensatu przesączonego się przez ścianę przewodu spalin była tak duża, że wypływał na zewnątrz komina (fotografia 2).

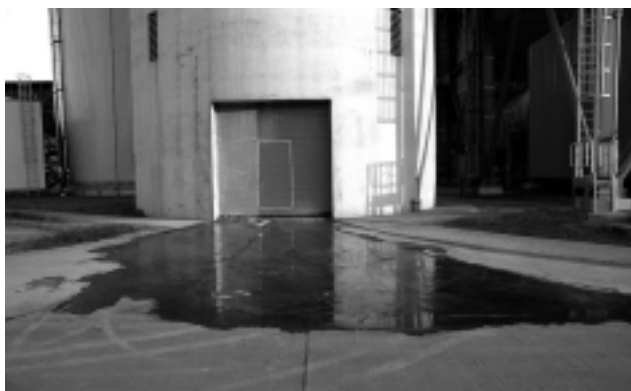


Fot. 1. Intensywne przesączenia kondensatu na zewnętrznej powierzchni przewodu spalin [1]

* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

** ZE „PAK” SA Elektrownia Pątnów II w Koninie

*** AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki



Fot. 2. Kondensat spalin wypływający na zewnątrz kominia [1]

Stan kominia oceniono jako awaryjny. Zagrożenie bezpieczeństwa wynikało z postępującej degradacji korozyjnej elementów konstrukcyjnych, braku świateł przeszkodowych, awarii dźwigu wewnętrznego i instalacji pomiaru emisji spalin. Występowała także możliwość porażenia prądem elektrycznym. Ponadto procesy korozyjne mogłyby spowodować zagrożenie stateczności wewnętrznego, ceramicznego przewodu spalin i utratę nośności stalowych stropów wewnętrznych.

Badania stanu technicznego kominia

W ramach pierwszego etapu badań stanu technicznego kominia wykonano inwentaryzację uszkodzeń wszystkich elementów konstrukcyjnych (trzony żelbetowe, ceramiczny przewód spalin, pomosty stalowe) oraz pobrano próbki materiałów [1]. Następnie wykonano badania laboratoryjne cech fizycznych, wytrzymałościowych i chemicznych pobranych próbek: kształtek ceramicznych; kitu w spoinach; betonu trzonów żelbetowych; kondensatu spalin; osadu na powierzchniach ściany przewodu spalin i wełny mineralnej.

Badania wykonane za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego LV-SEM wyposażonego w mikroanalizator EDS wykazały, że wiele porów w kształtkach ceramicznych wypełniło się dobrze wykształconymi kryształami gipsu. Rozrastające się ziarna gipsu spowodowały mikropęknięcia materiału. Proces ten mógł w dłuższym czasie spowodować degradację ceramicznego muru przewodu spalin. Wartość pH kondensatu spalin wynosiła 1,3–3,1, co świadczy o jego wybitnie kwaśnym charakterze, stwarzającym silne zagrożenie korozyjne.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań stwierdzono, że wszystkie elementy konstrukcyjne, tj. żelbetowy trzon zewnętrzny i wewnętrzny, stalowe stropy wewnętrzne oraz ceramiczne ściany przewodu spalin, pomimo procesów korozyjnych, charakteryzowały się wystarczającą nośnością [1, 2, 3, 4]. Niestety, ceramiczna ściana przewodu spalin, a szczególnie jej spoiny pionowe oraz dylatacje poziome pomiędzy segmentami przewodu spalin nie zapewniały wystarczającej szczelności dla dyfundującego kondensatu i wymagały specjalistycznego uszczelnienia.

Remont kominia

Awaryjny stan kominia i związane z tym zagrożenie bezpieczeństwa wymagały pilnego wykonania prac remontowych. Główną ideą remontu było zapewnienie szczelności przewodu spalin materiałami charakteryzującymi się ekstremalną odpornością na oddziaływanie silnie agresywnego kondensatu. Spośród różnych koncepcji przebudowy kominia wybrano zastosowanie wykładziny wewnętrznej Pennguard Block Lining System zaaplikowanej na we-

wnętrzną powierzchnię ceramicznego przewodu spalin. Wykładzinę tę tworzą bloczki ze szkła boro-krzemianowego Pennguard oraz klej Pennguard Membrane zachowujący trwałą elastyczność. W pierwszej kolejności usunięto zawilgoconą wełnę mineralną oraz wymieniono taśmy dylatacyjne z zastosowaniem docisków ze stali kwasoodpornej. Na umytą ciśnieniowo, wysuszoną i wypia-skowaną wewnętrzną powierzchnię przewodu spalin przyklejono wykładzinę Pennguard grubości 51 mm. W ramach robót remontowych wykonano także wiele innych prac, w trakcie których usunięto skutki wcześniejszego agresywnego oddziaływania kondensatu spalin na wszystkie elementy kominia. Remont wnętrza kominia wymagający wyłączenia bloku energetycznego trwał 45 dni.

Od czasu wykonania remontu i wyłożenia wewnętrznej powierzchni ceramicznego przewodu spalin wykładziną Pennguard komin przez 4 miesiące odprowadzał spaliny odsiarczone o temperaturze ok. +68 °C. Wówczas wystąpiła awaria instalacji odsiarczania spalin. Gorące „surowe” spaliny skierowano wtedy do kominia kanałami obejściowymi, z pominięciem absorbera. W ciągu 6 min temperatura spalin wzrosła w kominie z +68 do +141 °C, a później do +160 °C. Blok w tym trybie pracował przez ok. 20 h. Po ok. 1 h od wprowadzenia gorących spalin do kominia stwierdzono odrywanie się fragmentów bloczków Pennguard i ich wydostawanie się wraz ze spalinami na zewnątrz. Po 5 h proces ten zakończył się. Powodem nieprawidłowości było prawdopodobnie rozprężanie się pary wodnej zamkniętej w porach piankowego szkła Pennguard. Pierwotną przyczyną infiltracji i częściowego zawilgoce-nia bloczków wykładziny Pennguard było, wg opinii TÜV, naruszenie przez znajdujący się w kondensacie kwas fluorowodorowy zamkniętych struktur piankowego szkła boro-krzemianowego.

Najbardziej uszkodzone bloczki wykładziny Pennguard wymieniono na nowe. W latach 2010 i 2011 wymieniono łącznie 425 m² wykładziny. Z powodu zawilgoce-nia wykładziny Pennguard komin aktualnie może odprowadzać wyłącznie spaliny odsiarczone o temperaturze ok. +68 °C. W czasie awarii IOS blok energetyczny musi być wyłączony z eksploatacji.

Podsumowanie

Materiały, z których wykonuje się przewody spalin w kominach „mokrych”, odprowadzających spaliny z instalacji odsiarczania spalin metodą mokrą wapienno-gipsową, powinny charakteryzować się szczelnością i ekstremalną odpornością na oddziaływanie agresywnego kondensatu spalin. Przewody kominowe z ceramicznych kształtek kwasoodpornych S-4 łączonych kitem kwasoodpornym nie zapewniają wymaganej szczelności w przypadku odprowadzania spalin z IOS metodą mokrą wapienno-gipsową.

Wykładzina wewnętrzna z bloczków ze szkła boro-krzemianowego Pennguard nie powinna być stosowana w tych kominach „mokrych”, które oprócz normalnej eksploatacji mają być także wykorzystywane do awaryjnego odprowadzania gorących, nieodsiarczonych spalin w systemie *by-pass*.

Artykuł opracowano w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.150.005.

Literatura

- [1] Ocena stanu technicznego kominia H = 150 m bloku nr 9 Elektrowni Pątnów II, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, 2009 – praca niepublikowana.
- [2] Oruba R.: Oddziaływanie środowiska przemysłowego i eksploatacji górniczej na bezpieczeństwo żelbetowych kominów przemysłowych, Monografia Nr 211, Wydawnictwa AGH, Kraków, 2010.
- [3] Model Code for Concrete Chimneys. Part B: Brickwork Linings. CICIND, 2003.
- [4] Norma DIN 1057 teil 2. Baustoffe für freistehende Schornsteine. Formsteine für das Futter Anforderungen, Prüfung, Überwachung.