

i wewnętrznych powłoki, słupów chłodni, wzmocnienie powłoki pierścieniami usztywniającymi, pasami usztywniającymi (o szerokości kilku metrów), lub nałożeniem dodatkowej warstwy betonu. Słupy podbudowy można także naprawić lub wzmocnić nową warstwą betonu. Po wykonaniu tych robót obecnie stosuje się ponadto wykonanie powłoki ochronnej (ograniczającej dostęp agresywnych środowisk) zarówno dla płaszcza chłodni, jak i słupów.

6. Opracowanie końcowego raportu

Ocena stanu technicznego istniejących chłodni kominowych wymaga wykonania szeregu etapów, które zostały wymienione w niniejszym artykule. Każdy etap wymaga pisemnego opracowania, które powinno być dołączone do końcowego raportu.

Końcowy raport powinien zawierać:

- a) stronę tytułową, na której należy podać: nazwę opracowania, dane zlecniodawcy, dane autora(ów) oceny i datę opracowania,
- b) cel oceny uzgodniony ze zlecniodawcą (łącznie z planem użytkowania chłodni),
- c) opis chłodni, tj. rok budowy, opis systemu konstrukcyjnego, przeszłe i obecne użytkowanie,

d) opis wykonanych badań; w tym punkcie należy wymienić: stan dokumentacji technicznej, listę badanych dokumentów, źródło ich pochodzenia, szczegółowy opis uszkodzeń i zniszczeń wraz z analizą ich przyczyn, sposób pobierania ich próbek i laboratoria, które badania wykonały,

e) opis analizy – rodzaj wykonanych obliczeń,

f) weryfikacja – głównie stanu granicznego nośności,

g) przegląd wariantów interwencji budowlanych,

h) wnioski i zalecenia; wnioski należy formułować w sposób krótki, stanowczy i jasny; każdy wniosek powinien być oparty na materiale zawartym we wcześniejszych rozdziałach raportu,

i) spis wykorzystanych dokumentów i literatury,

j) załączniki, tj.: rysunki, dokumentację fotograficzną, wyniki badań laboratoryjnych, wyniki obliczeń itd.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Broniewski T., Jamroży Z., Płachecki M., Uszkodzenia korozyjne i naprawa żelbetowych hiperboloidalnych chłodni kominowych. Inżynieria i Budownictwo, nr 10/1988
- [2] Broniewski T., Płachecki M., Ziobroń W., Kryteria trwałości żelbetowych chłodni kominowych. Inżynieria i Budownictwo, nr 1/1991
- [3] Chmielewski T., Golczyk M., On the structural reliability of natural draught cooling towers. Archives of Civil Engineering, XLV, 2, 1999, p. 181–191

[4] Chmielewski T., Probabilistyczny model statycznego obciążenia wiatrem budowli wieżowych. Materiały XXII Konferencji Naukowej KILiW PAN i Komitetu Nauki PZITB „Problemy naukowo-badawcze budownictwa”, Tom Teoria Konstrukcji

[5] Fiertak M., Trwałość materiałów budowlanych poddanych działaniom środowiska chemicznego. Materiały 51 Konferencji Naukowej KILiW PAN i Komitetu Nauki PZITB „Problemy naukowo-badawcze budownictwa”, Tom 1, str. 65–84, 2005 r.

[6] Gumbel E.J., Statistics of extremes. New York, 1958

[7] International Standard ISO 13822, Bases for design of structures – Assessment of existing structures, Geneva 2001

[8] Jamroży Z., O naprawach i zabezpieczeniu żelbetowych chłodni kominowych. Inżynieria i Budownictwo, nr 6/1996

[9] Konderla P., Kasprzak T., Badania i ocena stanu bezpieczeństwa chłodni kominowej nr 2 w Elektrowni Adamów. Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej nr 81, Seria, Konferencje nr 30, Wrocław 2002, str. 74–80

[10] Lewiński P. M., Więch P. P., Analiza diagnostyczna uszkodzeń chłodni kominowej. Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej nr 90, Seria: Studia i Materiały nr 19, Budownictwo w energetyce, Wrocław 2008, str. 141–148

[11] Persona M., Z badań doświadczalnych chłodni kominowych Elektrowni „Turów”. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy trwałości żelbetowych chłodni kominowych”, Wrocław-Zamek Czocha-Bogatynia, 2–5 listopada 1989 r., str. 109–116.

[12] PN-EN1991–1–4:2008 Eurokod 1, Oddziaływania na konstrukcje – Część 1–4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.

[13] Runkiewicz L., Przyczyny powstawania i sposoby usuwania zagrożeń żelbetowych chłodni kominowych. Przegląd Budowlany, nr 11/1994.

Wybrane problemy diagnostyki i oceny stanu technicznego chłodni kominowych

Prof. dr hab. inż. Mieczysław Kamiński, Instytut Budownictwa, Politechnika Wroclawska

1. Wprowadzenie

Od czasu katastrofy chłodni kominowej w Elektrowni Turów wszystkie chłodnie kominowe w Polsce

poddane zostały szczegółowej ocenie stanu technicznego, wskutek czego większość z nich została gruntownie wyremontowana. W kilku przypadkach chłodnie

kominowe wymagały wykonania miejscowych wzmocnień z uwagi na brak spełnienia wymogów bezpieczeństwa. Część chłodni została wyremontowana bez speł-

nienia wszystkich wymagań określonych w większości systemów naprawczych konstrukcji żelbetowych. Skutkowało to oczywiście ponowieniem prac remontowych w krótkim czasie. Jedną z przyczyn wadliwych remontów było również pobieżne bądź niestaranne przeprowadzenie badań chłodni sprowadzające się często jedynie do jej oględzin zewnętrznych, np. z poziomu podestu wejściowego do wnętrza chłodni. „Eksperci” tacy często wyciągając fałszywe wnioski o rzeczywistym stanie technicznym chłodni opracowywali ograniczony zakres ich remontów, nieraz sprowadzający się jedynie do wykonania powierzchniowych napraw oraz konserwacji powłoki i słupów nośnych. Autor pracy, opierając się na wynikach własnych badań kilkunastu chłodni kominowych, zwraca uwagę na podstawowe problemy związane z wyborem metod badań chłodni oraz interpretację uzyskanych wyników.

2. Program badań chłodni

2.1. Zakres badań

W wyniku badań rzeczoznawca powinien uzyskać następujące dane do oceny stanu technicznego chłodni:

- inwentaryzacja uszkodzeń elementów konstrukcyjnych i wykończeniowych chłodni (zarysowania, korozja betonu i stali),

- stopień karbonatyzacji betonu,
- wytrzymałość betonu na ściskanie i rozciąganie (płaszcz, słupy, fundamenty, elementy konstrukcyjne wodorozdziału chłodni oraz zbiornika),
- współczynnik sprężystości betonu,
- grubość powłoki chłodni (betonu, otuliny) oraz wymiary geometryczne pozostałych elementów konstrukcyjnych chłodni,
- wytrzymałość stali zbrojeniowej,
- średni stopień utraty zbrojenia w wyniku korozji,
- imperfekcje geometryczne elementów konstrukcyjnych,
- wartości osiadań fundamentów chłodni.

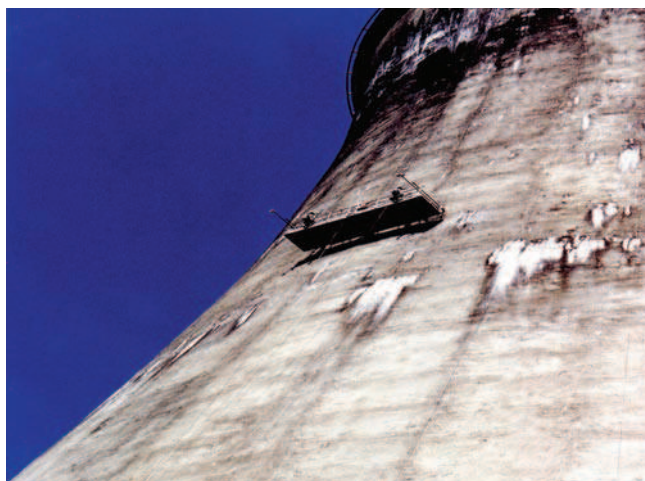
2.2 Metody badań

Pomiary geometrii chłodni kominowej oraz jej osiadań przeprowadza się zwykle metodami geodezyjnymi. Do inwentaryzacji uszkodzeń powłoki chłodni można wykorzystywać metody geodezyjne, fotogrametryczne lub skanowania laserowego 3D, które pozwalają na określenie uszkodzeń lub nieprawidłowości wykonawczych, takich jak:

- imperfekcje geometryczne,
- odsłonięte zbrojenie,
- korozja i ubytki otuliny zbrojenia,
- rysy pionowe, poziome i ukośne,
- wgłębne i powierzchniowe raki

- powstałe w skutek złego zawibroowania betonu podczas wykonania oraz na stykach deskowań i w miejscach przerw technologicznych,
- nierówności otuliny (zgrubienia, wybrzuszenia, wklęsnięcia i pęknięcia),
- uskoki na płaszczu,
- perforacje płaszczu z przesączeniami wilgoci,
- złuszczenia powłok zabezpieczających ściany chłodni.

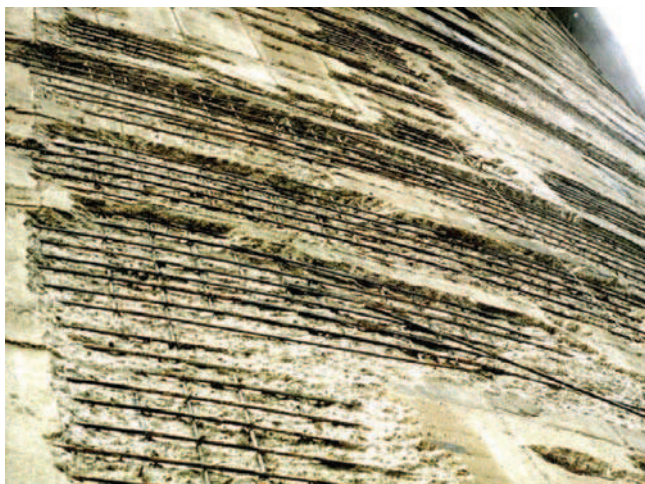
Metoda geodezyjna umożliwia szybkie zinwentaryzowanie jedynie powierzchniowych uszkodzeń powłoki chłodni, natomiast nie pozwala na inwentaryzację szeregu istotnych uszkodzeń, takich jak np. głębokość karbonatyzacji betonu, zakres i stopień korozji stali zbrojeniowej oraz rozwarstwień betonu w przekroju chłodni. Inwentaryzacja tych uszkodzeń możliwa jest jedynie przy wykorzystaniu rusztowań wiszących. Badania wytrzymałości betonu wykonywane mogą być metodą niszczącą lub metodami nieniszczącymi. Badania betonu winny być wykonane zgodnie z normami [od 1 do 9]. Pierwsza z tych metod polega na odwierceniu walcowych próbek z powłoki chłodni i wykonaniu odpowiednich badań w laboratorium. Badaniom tym często towarzyszą badania chemiczne składu betonu i zawartości szkodliwych soli w betonie. Do metod nieniszczących należą: metoda sklerometryczna (z użyciem młot-



Rys. 1. Przykład wycieków na zewnętrznej powłoce chłodni



Rys. 2. Przykład wycieków produktów korozji stali zbrojeniowej



Rys. 3. Przykład uszkodzeń otulin zbrojenia



Rys. 4. Przykład otworu wykutego na całą grubość powłoki z powodu niskiej wytrzymałości betonu

ka Schmidta), metoda pull-out lub metoda ultradźwiękowa.

3. Przykładowe wyniki i ich ocena

3.1. Uszkodzenia chłodni

Badania szczegółowe chłodni wykazują zwykle występowanie następujących typowych wad i usterek:

- drobne zarysowania i pęknięcia rodzimego betonu płaszczka,
- zarysowania powierzchni w miejscach napraw (torkretu) – zarysowania te w zdecydowanej większości występują w miejscach ułożenia prętów zbrojenia poziomego i pionowego,
- odpryski, odspojenia i rozsegregowania betonu na powierzchni powłok,
- odspojenia betonowych otulin prętów poziomego zbrojenia i korozja zbrojenia w tych miejscach (rys. 3),
- wycieki zasady wapniowej, które w większości przypadków występują w miejscach styków szalunków lub na połączeniu starego betonu i torkretu nałożonego podczas remontów chłodni (rys. 1),
- wycieki produktów korozji stali zbrojeniowej (rys. 2),
- uszkodzenia betonu na górnej krawędzi korony chłodni,
- rysy skurczowe pionowe, poziome i ukośne,
- wgłębne i powierzchniowe raki

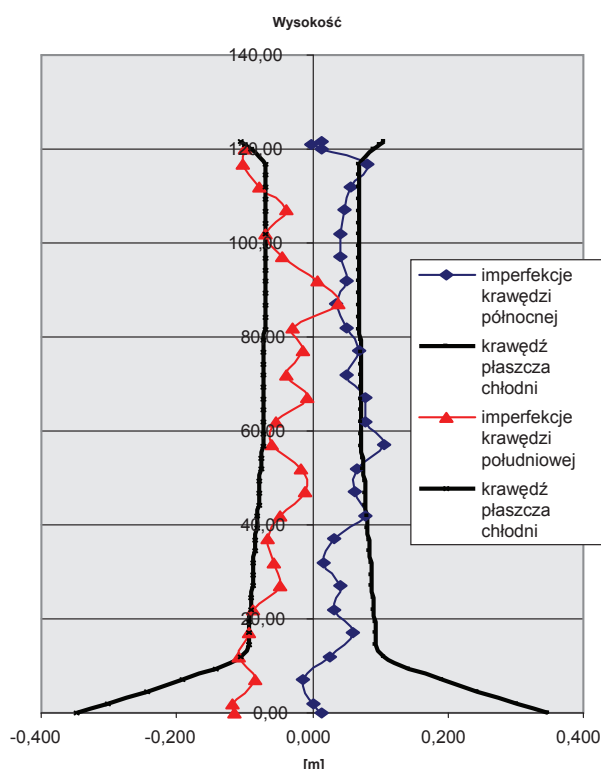
powstałe wskutek złego zawibrowania betonu podczas wykonania powłoki, szczególnie na stykach deskowań i w miejscach przerw technologicznych,

- nierówności otuliny (zgrubień, wybruszeń, wklęśnięć i pęknięć),
- uskoki na powierzchni powłoki,
- perforacje powłoki na całej jej grubości (rys. 4),
- powierzchniowe złuszczenie farby zabezpieczającej (szczególnie na stronach wewnętrznych oraz powierzchniach niewyremonutowanych słupów).

3.2. Imperfekcje płaszczka chłodni i kontrola osiadań

Pomiary imperfekcji płaszczka chłodni oraz osiadań fundamentów należą do bardzo ważnych badań z uwagi na to, że ich uwzględnienie powoduje znaczne zwiększenie wartości sił wewnętrznych w powłoce chłodni.

Jak wykazały dotychczasowe badania, wartości imperfekcji płaszczka chłodni wynoszą od kilku do nawet kilkudziesięciu centymetrów. Przykład pomierzonych wartości imperfekcji na dwóch róż-



Rys. 5. Przykładowe wartości imperfekcji powłoki chłodni



Rys. 6. Widok ogólny pobranych próbek z jednego z południków płaszczu chłodni



Rys. 7. Przykład rozwarstwionej próbki

nych chłodniach pokazano na rysunku 5.

3.3. Badania wytrzymałości betonu

Badania wytrzymałości betonu wykonane różnymi metodami zwykle różnią się między sobą tak znacznie, że trudno jednoznacznie określić średnią wytrzymałość betonu w powłoce chłodni. Szczególnie duże różnice w uzyskanych wynikach występują pomiędzy metodą niszcząca (laboratoryjna) a metodami sklerometryczną i ultradźwiękową.

Przyczyn tych różnic należy doszukiwać się w uszkodzeniach powierzchniowych i wgłębnych betonu płaszczu w postaci wielowarstwowych rozwarstwień (rys. 6 i 7). Zwykle uszkodzenia takie występują na dużych powierzchniach chłodni i są wywołane przede wszystkim korozją siarczanową betonu. Również nie można wykluczyć, iż w niektórych przekrojach dochodzi do zniszczenia betonu wskutek przekroczenia jego wytrzymałości na ściskanie.

Rozwarstwienia te, jeżeli występują na znacznych powierzchniach, praktycznie wykluczają wykorzystanie w badaniach chłodni metod nieniszczących do badań wytrzymałości betonu, bez uprzedniego sprawdzenia stanu betonu metodą odwiertów.

Ekspert powinien uwzględnić w wykonywanych obliczeniach statyczno-wytrzymałościowych fakt rozwarstwienia betonu oraz zróżnicowanie wytrzymałości na grubości ściany.

4. Podsumowanie

Podczas oceny stanu technicznego chłodni kominowych należy dołożyć szczególnych starań zarówno w zakresie szczegółowej inwentaryzacji uszkodzeń płaszczu chłodni, jak i badań betonu. Inwentaryzację uszkodzeń można wykonać różnymi metodami z powierzchni terenu, ale ich wyniki należałoby dodatkowo weryfikować losowo z rusztowań wiszących. Szczególnie starannie należy zrealizować program badań wytrzymałości betonu. Nie można w tym przypadku ograniczyć się do samych badań metodami nieniszczącymi. Metodom tym muszą towarzyszyć odwierty betonu wykonane na całą grubość powłoki oraz badania laboratoryjne. W obliczeniach sprawdzających powinno się uwzględnić oprócz obciążeń podstawowych także wpływy imperfekcji płaszczu chłodni, ewentualnego zmniejszenia grubości powłoki spowodowanej rozwarstwieniami i korozją betonu oraz osiadań fundamentów, jeżeli takie występują.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN EN 12390-1:2001 Badania betonu – Część 1: Kształt, wymiary i inne wymagania dotyczące próbek do badania i form
- [2] PN EN 12390-2:2001 Badania betonu – Część 2: Wykonywanie i pielęgnacja próbek do badań wytrzymałościowych
- [3] PN EN 12390-3:2002 Badania betonu – Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badania
- [4] PN EN 12390-4:2001 Badania betonu – Część 4: Wytrzymałość na ściskanie – Wymagania dla maszyn wytrzymałościowych
- [5] PN EN 12390-5:2001 Badania betonu – Część 5: Wytrzymałość na zginanie próbek do badania
- [6] PN EN 12390-6:2001 Badania betonu – Część 6: Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu próbek do badania
- [7] PN EN 12390-7:2001 Badania betonu – Część 7: Gęstość betonu
- [8] PN EN 12504-1:2001 Badania betonu w konstrukcjach – Część 1: Odwierty rdzeniowe – Wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie
- [9] PN EN 12504-2:2002 Badania betonu w konstrukcjach – Część 2: Badanie nieniszczące – Oznaczanie liczby odbicia
- [11] PN EN 12504-3:2006 Badania betonu w konstrukcjach – Część 3: Oznaczanie siły wyrwywającej
- [12] PN EN 12504-4:2005 Badania betonu – Część 4: Oznaczanie prędkości fali ultradźwiękowej
- [13] PN EN 13791:2007 Ocena na budowie wytrzymałości na ściskanie betonu w konstrukcji i w elementach prefabrykowanych
- [14] PN ISO 15630-1:2002 Stal do zbrojenia i sprężania betonu – Metody badań – Część 1: Pręty