

dr inż. Stanisław Kańka*

Ocena stanu technicznego materiałów trzonu kominów żelbetowych

Evaluating the status of materials within the shafts of reinforced concrete chimneys

Streszczenie. Żelbetowe kominy przemysłowe mają ograniczoną trwałość ze względu na trudne warunki eksploatacji. Analizę pozwalającą wykazać tendencje procesów degradacji trzonów żelbetowych kominów energetycznych na skutek wieloletniej eksploatacji przedstawiono na przykładzie badań odwiertów pobranych z 15 podobnych kominów. Na podstawie analizy uzyskanych wyników przedstawiono tendencje postępu procesów degradacji trzonów żelbetowych kominów energetycznych w odniesieniu do przyjętych kryteriów oceny wyników badań odwiertów.

Słowa kluczowe: kominy żelbetowe, degradacja betonu, ocena stanu technicznego.

Abstract. Industrial reinforced concrete chimneys are characterized by their limited durability which is connected with operating conditions. This article presents the results of research conducted on 15 industrial chimneys which are located in heating plants throughout the country. The tests were performed on cored samples. The test results allowed examiners to determine the way in which degradation of reinforced concrete chimneys occurs.

Keywords: reinforced concrete chimneys, degradation concrete, evaluation of the technical condition.

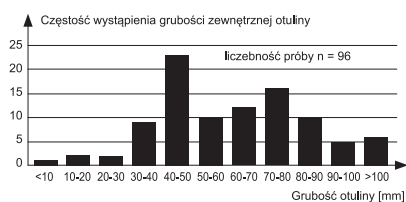
Do analizy pozwalającej ustalić, czy materiały, z których wykonano trzony kominów żelbetowych, wykazują prawidłowości w procesach destrukcji betonu, wybrano 15 kominów tej samej wysokości 120 m, użytkowanych przez wiele lat w krajowych elektrociepłowniach lub zakładach przemysłowych.

Na przestrzeni kilku lat przeprowadzono badania materiałowe odwiertów rdzeniowych pobranych z trzonów kominowych. W większości kominów odwierty wykonywano z poziomu galerii kontrolnych, rozmieszczonych co 1/3 wysokości. Analiza polegała na sporządzeniu rozkładów częstości wystąpienia wartości badanej cechy w określonych przedziałach. Uzyskane rozkłady odniesiono do przyjętych kryteriów oceny [1].

Zakres, wyniki oraz analiza badań

Przeanalizowano ponad 1500 jednostkowych wyników uzyskanych w badaniach laboratoryjnych 123 odwiertów. Przedstawione wybrane wyniki badań zaczerpnięto z [1].

Pomiar grubości otuliny zbrojenia. Rozkład częstości wystąpienia grubości zewnętrznej otuliny zbrojenia trzonów 15 kominów w podziale co 10 mm, w odniesieniu do zewnętrznej powierzchni trzonu (rysunek 1), wskazuje na zróżnicowanie tej grubości. Dominuje poprawna grubość otu-



Rys. 1. Rozkład częstości wystąpienia, określonej przedziałami, grubości zewnętrznej otuliny zbrojenia w trzonach 15 kominów

lenia, ale często rejestrowane jest przesunięcie zewnętrznego zbrojenia w kierunku środka ściany trzonu (grubość otulenia w przedziale 60 ÷ 100 mm). Przesunięcie położenia zbrojenia zewnętrznego o kilkadziesiąt milimetrów w głąb ściany trzonu komina nie wpływa w istotny sposób na obniżenie jego nośności, ponieważ skutkuje jedynie zanikającym przesunięciem położenia osi obojętnej przekroju pierścieniowego. Niemniej jednak takie usytuowanie zbrojenia należy uznać za niepokojące, gdyż nadmiernie zwiększona otulina nie ma możliwości przeniesienia naprężeń rozciągających pochodzących np. od obciążeń temperaturą lub innych obciążeń użytkowych w okresie eksploatacji komina. Natomiast zbyt małe otulenie skutkuje możliwością korozji zbrojenia. Takie otulenie zidentyfikowano w niespełna 15% odwiertów (rysunek 1).

Gęstość, wytrzymałość na ściskanie oraz nasiąkliwość betonu. Gęstość betonu w stanie wilgotności rzeczywistej określano w badaniach próbek walcowych $\phi = h = 100$ mm, przygotowanych do ba-

dania wytrzymałości na ściskanie. Uzyskane wyniki nie są zbyt różnicowane i we wszystkich przypadkach mieszczą się w przedziale 2000 ÷ 2600 kg/m³ przyjętym dla betonu zwykłego. Na rysunku 2a przedstawiono rozkład pojedynczych wartości wytrzymałości na ściskanie betonu, uzyskanej w badaniach próbek walcowych $\phi = h = 100$ mm. Przedziały rozkładu przyjęto w odniesieniu do wartości wytrzymałości charakterystycznych kolejnych klas wytrzymałości. Prezentowane wyniki wskazują, że beton w trzonach ma stosunkowo wysoką wytrzymałość na ściskanie. Należy podkreślić, że odwierty ze względów technicznych wykonywane są w miejscach nieuszkodzonych, co zapewne rzutuje na wartość uzyskanych wyników. Nie należy więc wykluczyć występowania lokalnie betonu charakteryzującego się małą wytrzymałością (poniżej 10 MPa).

Jedną z ważniejszych właściwości betonu, która powinna być brana pod uwagę w ocenie jego trwałości, jest nasiąkliwość. Niestety prezentowane na rysunku 2b wyniki badań w istotny sposób obarczone są wpływem rodzaju próbki. Badania wykonywano na próbkach będących fragmentami odwiertów wycinanych z konstrukcji, o zróżnicowanej objętości, każdorazowo poniżej 1 dm³. W związku z tym wartość nasiąkliwości, szczególnie powyżej 6%, może być zawyżona, co prowadzi do negatywnej oceny trwałości betonu.

Odczyn betonu w przekroju trzonów. Wyniki przedstawione na rysunku 3 w sposób jednoznaczny wskazują na postępują-

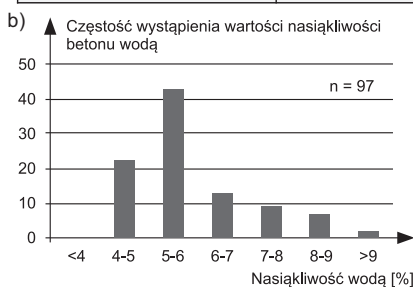
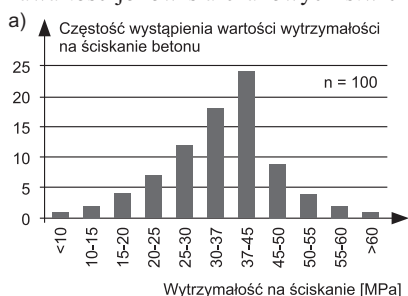
cy proces destrukcji betonu zarówno od wnętrza, jak i na zewnątrz trzonów, przy czym od wnętrza jest on bardziej intensywny, gdyż 43,4% próbek wykazało $pH < 9$. Natomiast w rejonie zbrojenia w 42% próbek stwierdzono wartość $pH > 11,8$ zapewniającą ochronę zbrojenia.

Skażenie betonu chlorkami w przekroju trzonów (rysunek 4) kształtuje się podobnie w całym przekroju betonowym. Jego nieznaczna intensyfikacja, co jest zrozumiałe, występuje w warstwach po wewnętrznej stronie trzonu.

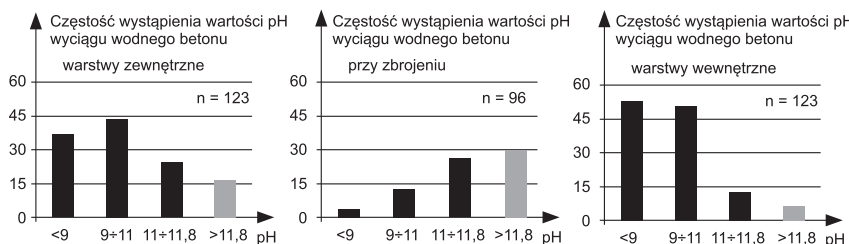
Skażenie betonu siarczanami w przekroju trzonów (rysunek 5). Największą zawartość jonów siarczanowych stwier-

Wybrane wyniki badań odwiertów w odniesieniu do przyjętych kryteriów oceny

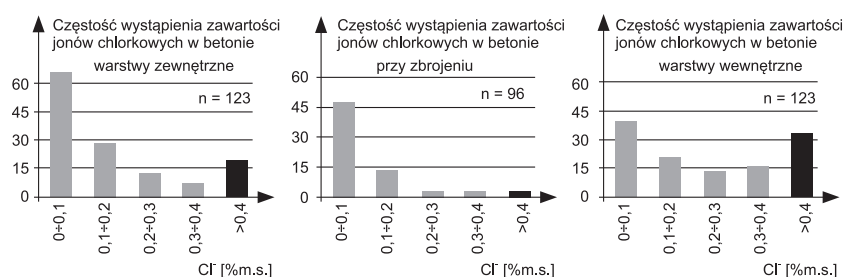
Badana właściwość	Przyjęte kryteria oceny	Przekroczenie wartości kryterialnej
Długość odwiertu [mm]	wg PN-88/B-03004 grubość trzonu nie mniej niż 180 mm przy średnicy wylotu 2 m < D < 5 m	22,8%
Otulinie prętów zbrojenia [mm]	wg PN-88/B-03004; dla $\varnothing > 16$ mm nie mniej niż 40 mm; dla $\varnothing \leq 16$ mm nie mniej niż 30 mm	14,6%
Gęstość [kg/m ³]	wg PN-EN 206-1 w przedziale 2000÷2600 kg/m ³	brak przekroczeń
Nasiąkliwość [% masy]	$\leq 5\%$ masy; wg PN-88/B-03004	76,3%
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	wg PN-88/B-03004 najniższa dopuszczalna klasa betonu B25	14,0%
Odczyn pH	$> 11,8$ ochrona zbrojenia; $< 11,0$ zagrożenie korozją zbrojenia; $< 9,0$ destrukcja betonu	31,1%
Zawartość jonów siarczanowych [% masy spoiwa]	≤ 3 brak zagrożenia; > 3 zagrożenie korozją; > 6 destrukcja betonu	87,1%
Zawartość jonów chlorkowych [% masy spoiwa]	$\leq 0,4$ zagrożenie korozją zbrojenia; wg 206-1	13,5%



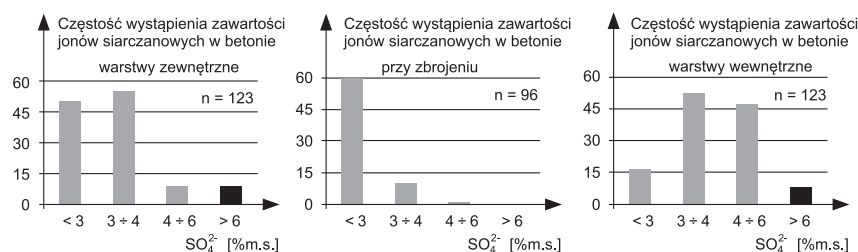
Rys. 2. Rozkład częstości wystąpienia, określonej przedziałami, wartości wytrzymałości na ściskanie (a) oraz nasiąkliwości betonu (b) w trzonach badanych kominów



Rys. 3. Rozkład częstości wystąpienia, określonej przedziałami, wartości pH wyciągu wodnego betonu poszczególnych warstw trzonów badanych kominów



Rys. 4. Rozkład częstości wystąpienia, określonej przedziałami, zawartości jonów chlorkowych w betonie poszczególnych warstw trzonów badanych kominów



Rys. 5. Rozkład częstości wystąpienia, określonej przedziałami, zawartości jonów siarczanowych w betonie odpowiednich warstw trzonów badanych kominów

dono w warstwach betonu od wnętrza trzonu i w warstwach na powierzchni zewnętrznej. Natomiast w rejonie zbrojenia przekroczenie wartości przyjętych za graniczne prawie nie występuje.

Podsumowanie

Zestawienie pozwalające na ocenę wyników uzyskanych w badaniach 123 odwiertów pobranych z 15 trzonów kominów wysokości 120 m przedstawiono w tabeli. Na podstawie rozkładów pokazanych na rysunkach 1 ÷ 5 oceniono parametry mające istotny wpływ na trwałość konstrukcji w odniesieniu do kryteriów podanych w [1, 2]. W ostatniej kolumnie przedstawiono prawdopodobieństwo empiryczne wystąpienia wartości przekraczającej wartość przyjętą za graniczną.

Za niepokojące uznać należy:

- częste występowanie przypadków cieńszego niż 180 mm trzonu kominu, które stwierdzono na poziomie 23%;
- ponad 31% przypadków obniżenia odczynu betonu przy zbrojeniu, co może skutkować procesem korozji stali szczególnie w obecności chlorków;
- występowanie w otulinie zbrojenia jonów chlorkowych w ilości sprzyjającej korozji zbrojenia w 13,5% przypadków;
- skażenie siarczanami zewnętrznej powierzchni trzonów, które występuje w ponad 60% przypadków, świadczy o powszechności tego zjawiska pomimo stosowania powłok ochronnych, natomiast skażenie od wnętrza jest w zasadzie nieuniknione, co potwierdzone zostało w 87,1% przypadków.

Literatura

[1] Kańka S., Materiałowe i eksploatacyjne uwarunkowania trwałości żelbetowych kominów przemysłowych, Praca doktorska, Politechnika Krakowska. Kraków 2012.
 [2] The CICIND Chimney Book. CICIND, Zurich 2005 (praca zbiorowa 18 autorów).