

dr inż. Marek Maj*

dr hab. inż. Andrzej Ubysz, prof. PWr*

Czynniki wpływające na trwałość kominów żelbetowych

Factors affecting the durability of reinforced concrete chimneys

Streszczenie. Coraz częściej w projektowaniu, wznoszeniu i eksploatacji żelbetowych kominów ważnym czynnikiem staje się zapewnienie ich trwałości. Staje się ona ważnym elementem w opracowaniu budowlanych norm europejskich. W artykule przedstawiono wiele czynników powodujących obniżenie trwałości ścian żelbetowych kominów. Zaproponowano sposoby odtworzenia projektowanej trwałości konstrukcji kominów.

Słowa kluczowe: trwałość kominów, czynniki destrukcyjne, betonowe kominy, budowa kominów.

Abstract. Durability of chimneys construction becomes an important factor in the process of the design, erection and operation. It is an important element in the preparation of European constructional standards. In this article presented a number of factors, which decrease the durability of the walls of reinforced concrete chimneys. It is proposed methods to restore the durability of the proposed construction of chimneys.

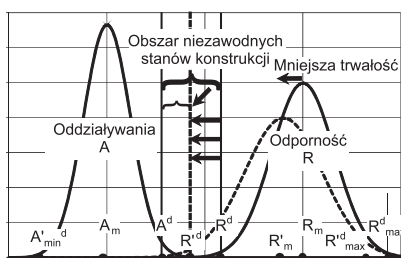
Keywords: durability of chimneys, destructive factors, concrete chimneys, construction of chimneys

Trwałość kominów żelbetowych jest ściśle związana z projektowanym okresem użytkowalności, w którym konstrukcja powinna spełniać swoją funkcję w sposób bezpieczny. Na trwałość konstrukcji komina składają się fazy: projektowania; wykonawstwa oraz użytkowania, w tym także sposób przeprowadzenia wstępnego rozruchu komina. W związku z tym trwałość pozostaje zmienną losową, użytkownicy nie są zwolnieni od stałej dbałości i troski o konstrukcję komina, a wykonawca od sumiennego jego wykonania.

Oddziaływania a trwałość budowli

Równanie obszaru niezawodności konstrukcji $A \leq R$ (rysunek 1) oznacza, że konstrukcja poddana oddziaływaniom (A) pracuje niezawodnie, kiedy oddziaływania nie przekraczają odporności (R) konstrukcji. Jeśli materiały konstrukcyjne zostały właściwie wbudowane, to odporność konstrukcji ściśle związana jest z ich jakością. Materiały te ulegają z czasem starzeniu (korozji), co oznacza pogorszenie się ich właściwości użytkowych i wytrzymałościowych. Kominny poddane oddziaływaniu czynników destrukcyjnych (związki chemiczne ze spalin i atmosfery, temperatura spalin i nasłonecznienie, obciążenia wielokrotnie zmienne) eksploatacyjne są w obszarze awarii ($A > R$ – rysunek 1), jeśli zmniejszona trwałość materiałów pociąga za sobą zawężenie się

* Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego



Rys. 1. Zmniejszenie obszaru niezawodności na skutek obniżenia trwałości konstrukcji

obszaru niezawodnych stanów konstrukcji (rysunek 1).

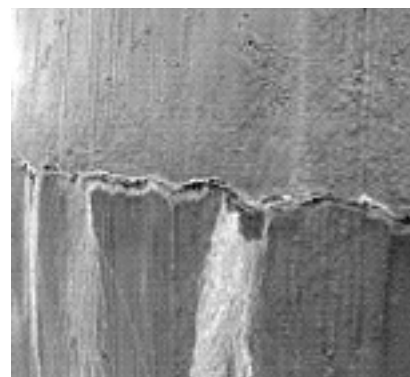
Zgodnie z [1, 2, 3], przez trwałość materiału rozumiemy jego zdolność do zachowania deklarowanych przez producenta właściwości mechanicznych, użytkowych i estetycznych w projektowanym okresie eksploatacji obiektu. Trwałość materiałów konstrukcyjnych zależy od czasu eksploatacji obiektu, liczby cykli obciążeń konstrukcji N poddanej oddziaływaniom cyklicznym i liczby przekroczeń stanów dopuszczalnych. Obniżenie trwałości materiałów zmniejsza wartości obliczeniowe parametrów odpornościowych i zawęża obszar niezawodności całej konstrukcji (rysunek 1).

Czynniki obniżające trwałość kominów

Okres użytkowalności kominów żelbetowych to zazwyczaj minimum 25 i więcej lat w zależności od jakości robót budowlanych i sposobu eksploatacji obiektu. Okres niezawodności konstrukcji powinien się wydłużać w związku z polepszeniem jakości wykonywanych prac budowlanych i zmniejsze-

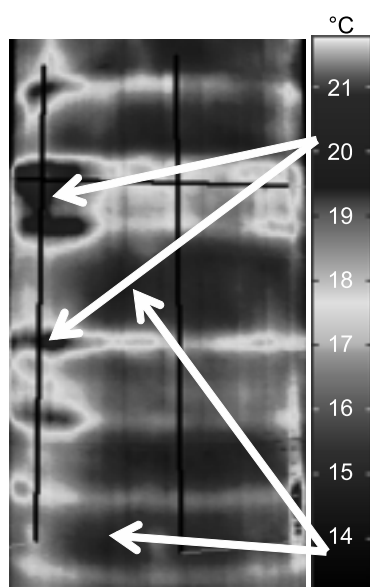
niem szkodliwych oddziaływań środowiskowych. W niektórych technologiach zakłada się stałą pracę komina przez kilkadziesiąt lat bez kontrolnych wyłączeń. Do czynników obniżających trwałość kominów i jednocześnie będących przyczynami uszkodzeń ścian zaliczamy:

- niedbałe wykonanie przerw w betonowaniu wywołujące zarysowanie poprzeczne ścian (fotografia 1) i wibrowanie betonu przez deskowanie i pręty zbrojeniowe;



Fot. 1. Przekieki skroplin w miejscu przerwy w betonowaniu

- brak izolacyjności termicznej komina (fotografia 2);
- oddziaływanie chemiczne środowiska na zewnątrz i wewnątrz komina przy jednoczesnej utracie odporności otuliny;
- niejednorodność betonu (segregacja składników);
- uszkodzenia mechaniczne wewnętrznej ściany szamotowej;
- niedbałe wykonane połączenia ściany wewnętrznej w miejscu wspor-



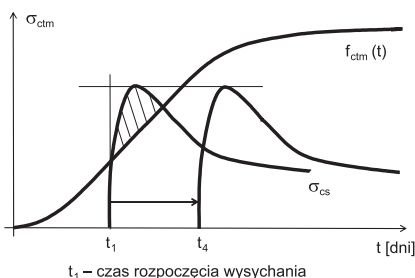
Fot. 2. Pola utraty izolacyjności ściany widziane w kamerze termowizyjnej

ników i uszkodzenia izolacji uszczelniającej, źle wykonane kapinosy w ścianie wewnętrznej;

- niedostatki zbrojenia przeciwskurczowego;
- brak okresowych przeglądów i kontroli reżimu technologicznego pracy kominia (w tym kontroli objętości przepływających spalin, ich wilgotności, temperatury wlotu i wylotu);
- niepoprawnie przeprowadzony wstępny rozruch kominia;
- brak stałej obsługi geodezyjnej geometrii kominia i nadmierne imperfekcje ścian.

Skurcz i przerwy robocze

Skurcz betonu występuje na całej powierzchni kominia. W przypadku kominów masywnych ma to istotne znaczenie do ustalenia minimalnego zbrojenia [4]. Podczas wznoszenia kominia często zapomina się o pielęgnacji betonu. Powstają wówczas duże odkształcenia skurczowe i związane z nimi naprężenia w betonie. W kominach masywnych zasięg skurczu może objąć znaczną część grubości ściany. Typowy wykres rosnących naprężeń skurczowych $\sigma_{cs}(t)$ w czasie dojrzewania betonu, na tle rosnącej wytrzymałości na rozciąganie betonu $f_{ctm}(t)$ pokazano na rysunku 2. Pielęgnacja betonu przesuwają wzrost naprężeń skurczowych $\sigma_s(t)$ w obszar większej wytrzymałości betonu na rozciąganie $f_{ctm}(t)$.



Rys. 2. Wykres przesunięcia w czasie przyrostu naprężeń skurczowych w funkcji wytrzymałości betonu

Jednym z problemów eksploatacyjnych kominów jest silne zarysowanie ścian w miejscu przerw roboczych w betonowaniu (tzw. szwów technologicznych) [5]. Rysom towarzyszy odspojenie otuliny i korozja zbrojenia, wycieki skroplin z kominia, wzmożone osadzanie się pyłów dymnicowych i odspojenie powłok ochronnych (fotografia 1). Przyczyny zarysowania w miejscu przerw roboczych wynikają z błędów wykonawczych.

Zgodnie z normą [6] mieszankę betonową należy układać nie później niż po trzech godzinach przerwy w betonowaniu lub dopiero po częściowym stwardnieniu betonu. Pierwszy przypadek jest trudny do zrealizowania, jeśli stosuje się deskowania przestawne, które wymagają dłuższej niż trzygodzinnej przerwy w betonowaniu. Z tego powodu uzyskanie właściwej jakości złącza uwarunkowane jest sposobem przygotowania powierzchni starego i nowego betonu. Powierzchnia ta powinna być szorstka, czysta, bez mlecza cementowego na powierzchni i odpowiednio nawilżona wodą bezpośrednio przed ułożeniem nowej warstwy betonu.

Dopuszcza się stosowanie środków zwiększających przyczepność świeżo wylewanego betonu na starym. Beton nie może być podawany z dużej wysokości, aby nie doszło do segregacji składników na styku z betonem starym. Dobre łącze w szwie technologicznym może być uzyskane przez zastosowanie betonu z dodatkami chemicznymi i włóknami polipropylenowymi. Przed przesączeniem się skroplin przez źle wykonane połączenie betonu w styku technologicznym można się ustrzec przez wbetonowanie w styk nowego ze starym betonem pionowych przepon z tworzyw sztucznych umieszczonych w środkowej części ściany kominia. Przepony te nie zapewniają ciągłości

strukturalnej betonu, ale hamują proces korozji zbrojenia w rysie przez zatamowanie przepływu chemicznie skażonych skroplin z wnętrza kominia.

Podczas układania betonu w ścianach zbrojonych w dwóch rzędach, buławy wibracyjne często stykają się ze zbrojeniem i deskowaniem, powodując oddzielenie się prętów zbrojeniowych od betonu w niższych partiach ściany (pręty tracą przyczepność do betonu).

Sposoby naprawy

Na naprawę uszkodzonych ścian kominia polegającą na odtworzeniu jego pierwotnej sztywności i projektowanej trwałości składają się następujące czynności:

- usunięcie odspojonych części betonu i powłok malarskich w miejscach zarysowanych szwów technologicznych i rys w ścianie kominia;
- usunięcie skarbonatyzowanej warstwy otuliny;
- wypełnianie rys i szwów iniektem monolityzującym i uszczelniającym ścianę;
- oczyszczenie zbrojenia, nałożenie warstwy szpempnej i rekonstrukcja otuliny;
- położenie nowych powłok ochronnych i ostrzegawczych;
- odtworzenie izolacji wewnętrznej kominia (chemicznej i termicznej), wykonanie wewnętrznej wykładziny szamotowej.

Literatura

- [1] Murzewski J.: Niezawodność konstrukcji budowlanych, Arkady 1970.
- [2] Ajdukiewicz A.: Aspekty trwałości i wpływu na środowisko w projektowaniu konstrukcji betonowych, Przegląd Budowlany 2/2011.
- [3] Maj M., Ubysz A.: W sprawie zarysowania żelbetowych ścian kominów, obciążonych skurczem, termiką i innymi obciążeniami eksploatacyjnymi, Przegląd Budowlany nr 4/2012, s. 27 – 30.
- [4] Flaga K.: Zbrojenie przeciwskurczowe, obliczenia, zalecenia konstrukcyjne w budownictwie powszechnym. XVII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji Ustroń, 20 – 23.02.2002 r.
- [5] Kamiński M., Maj M., Kmiecik P.: Wpływ technologii kształtowania przerw roboczych w aspekcie zachowania właściwości ścian zbiorników i kominów żelbetowych. Przegląd Budowlany nr 4/2012, s. 125 – 129
- [6] PN-B-06251:1963 Roboty betonowe i żelbetowe. Wymagania techniczne.