

dr inż. Teresa Stryzewska\*

dr inż. Stanisław Kańka\*

dr inż. Piotr Matysek\*

# Ocena właściwości materiałów w trzonach kominów murowanych

## *Identification of materials' properties of masonry chimneys*

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki badań materiałów pobranych z dwóch kominów murowanych, wybudowanych na początku ubiegłego wieku. Badaniami objęto cegłę ceramiczną, zaprawę oraz fragmenty muru pobrane w formie odwiertów rdzeniowych. Celem przeprowadzonych badań było określenie aktualnych właściwości fizycznych, mechanicznych i chemicznych pobranych materiałów. Zaprezentowano wiele badań i analiz, które pozwalają, naszym zdaniem, na przyjęcie odpowiednich danych materiałowych do obliczeniowego sprawdzenia stanów granicznych nośności i użyteczności konstrukcji kominów murowanych oraz poprawną ocenę stanu technicznego tych obiektów.

**Słowa kluczowe:** kominny murowane, badania murów.

**Abstract.** In this paper the results of tests of materials taken from masonry chimneys (built at the beginning of the last century) are presented. The tests were carried out on ceramic bricks, mortars and masonry cores. The aim of the study was to identify the physical, chemical and mechanical properties of masonry materials. According to the authors, the results of the presented research are basic data for determining of the ultimate and serviceability limit states of brick masonry chimneys and proper assessment of the technical state of these structures.

**Keywords:** brick masonry chimneys, tests of masonry materials.

**G**wałtowny rozwój przemysłu w XIX wieku wymusił potrzebę budowy wysokich kominów służących przede wszystkim do odprowadzania spalin z palenisk kotłowych. W tym okresie jako pierwsze powstały kominny przemysłowe o konstrukcji murowanej, do budowy których stosowano zwykłą cegłę pełną, a następnie specjalną cegłę kominówką. Kształtki ceramiczne łączono zaprawą wapienną lub wapienno-cementową.

Obecnie w Polsce znajduje się wiele kominów murowanych z początku ubiegłego wieku, które do tej pory pełnią swoją funkcję. Takim przykładem są dwa kominny w jednej z dolnośląskich elektrociepłowni użytkowane od wielu lat jako emitory odprowadzające do atmosfery produkty spalania węgla kamiennego, a od 2010 r. odprowadzające również spaliny ze współspalania biomasy. Podstawowe parametry techniczne omawianych kominów podano w tabeli 1.

W wyniku ciągłego działania odprowadzanych gazów nastąpiło stopniowe pogorszenie pierwotnych właściwości wbudowanych materiałów, tj. cegły i zaprawy. Jest to związane przede wszystkim z zachodzącymi procesami korozji kwasowej i siarczanowej [1, 2].

\* Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Łądowej

Tabela 1. Ogólna charakterystyka badanych kominów

Parametr techniczny		Jednostka	Komin 110	Komin 135
Wysokość H		[m]	110	135
Średnica zewnętrzna	w poziomie wylotu $D_w$	[m]	5,40	5,50
	u podstawy $D_d$		10,45	12,7
Grubość ściany trzonu	w poziomie wylotu $g_g$		0,31	0,4
	u podstawy $g_d$		3,0	3,0

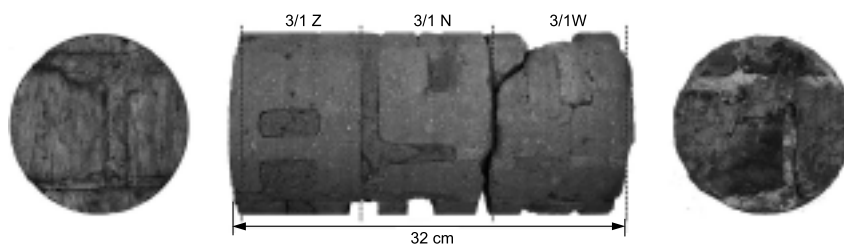
Przedstawione w artykule wyniki badań materiałowych i ich analiza miały na celu ocenę stanu cegły kominówki oraz materiału spoinującego w ramach prowadzonej oceny stanu technicznego kominów. Szeroki zakres badań materiałowych stanowił podstawę przyjęcia niezbędnych danych materiałowych w obliczeniach związanych z określeniem nośności i użyteczności przedmiotowych konstrukcji po wieloletnim okresie eksploatacji.

Próbki do badań pochodzące z dwóch podobnych kominów murowanych

pobrano w formie odwiertów rdzeniowych o średnicy 150 mm i długości odpowiadającej grubości trzonu w miejscach wykonywania odwiertów. Jeden z 10 analizowanych odwiertów pokazano na fotografii 1. Badaniami objęto: zaprawę; cegłę kominówką oraz fragmenty muru.

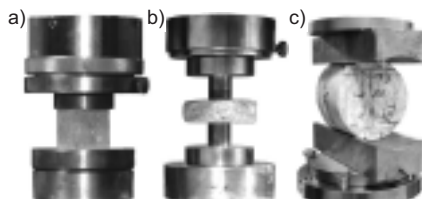
### Wyniki badań cegły ceramicznej i zaprawy

Zakres badań obejmował analizę chemiczną obu materiałów, której celem było określenie stopnia skażenia



Fot. 1. Odwiert rdzeniowy o średnicy 150 mm

zaprawy i cegły na podstawie zawartości jonów siarczanowych, chlorkowych, azotanowych oraz odczynu. Ponadto przeprowadzono oznaczenie właściwości fizycznych, takich jak gęstość, nasiąkliwość i porowatość, oraz badanie wytrzymałości na ściskanie cegły, zaprawy i fragmentów muru. Sposób prowadzenia badań wytrzymałościowych przedstawiono na fotografii 2, a uzyskane wyniki w tabeli 2.



Fot. 2. Badanie wytrzymałości cegiel (a); zaprawy (b); muru (c)

Tabela 2. Wyniki badań cegły i zaprawy

Badana właściwość	Badany materiał				
	cegła kominówka		zaprawa		
	komin 110	komin 135	komin 110	komin 135	
Gęstość objętościowa [g/cm <sup>3</sup> ]	1,950	1,963	1,99	1,93	
Nasiąkliwość masowa [%]	8,8	8,1	11,1	10,8	
Porowatość [%]	24,48	25,6	26,3	30,9	
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	35,8	31,4	3,4	4,7	
Spoivo/kruszywo (wagowo)	–	–	1/4,1	1/4,7	
pH wyciągu wodnego	4,3 ÷ 7,0	6,7 ÷ 8,1	4,7 ÷ 6,9	6,8 ÷ 8,8	
Zawartość związków zakumulowanych w materiale [% masy]	siarczany	0,4 ÷ 2,8	0,3 ÷ 2,4	0,56 ÷ 3,45	0,9 ÷ 6,7
	azotany	0,002	0,002	0,003	0,010
	chlorki	0,01 ÷ 0,05	0,01 ÷ 0,06	0,12 ÷ 0,48	0,12 ÷ 0,53

Badania chemiczne cegły kominówki wykazały, że charakteryzuje się ona obniżonym odczynem, co jest skutkiem gromadzenia się w jej porach kwaśnych produktów korozji oraz składników odprowadzanych spalin. Niemniej jednak zawartość jonów SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> w cegle jest wyraźnie niższa od wartości 5% masy próbki (m.p.), powyżej której obserwuje się zniszczenie czerepu ceramicznego w wyniku działania siarczanów [2]. Zawartość jonów Cl<sup>-</sup> jest nieznaczna i nie stanowi zagrożenia dla trwałości czerepu ceramicznego. Wytrzymałość na ściskanie cegieł ceramicznych określona na wyciętych kostkach o wymiarach ok. 40 x 40 x 40 mm wynosi ponad 30 MPa.

Badania chemiczne zaprawy wykazały, że materiał jest silnie odkalkalizowany (pH wynosi 6,7 – 8,8), co świadczy o zaawansowaniu procesów korozji kwasowej. Zawartość jonów siarczanowych powyżej 1% m.p. mówi o sil-

nym stopniu degradacji i utraty zwięzłości materiału, będącej skutkiem obecności ekspansywnych produktów korozji siarczanowej. Również zawartość jonów chlorkowych na poziomie powyżej 0,25% m.p. stanowi zagrożenie związane z procesami korozji chlorkowej. Natomiast zawartość azotanów jest śladowa i nie stanowi realnego zagrożenia dla trwałości badanej zaprawy. Wytrzymałość zaprawy określona na fragmentach materiału pochodzących ze spoin wynosi 3,4 – 4,7 MPa.

### Wyniki badań muru

Badania wytrzymałości na ściskanie murów prowadzono na próbkach walcowych długości ok. 120 mm i średnicy 150 mm przygotowanych z odwierć rdzeniowych. Uwzględniając dane

zwięzłość) jest na tyle zły, że nie udało się pobrać odwiertu nierozwarstwowego wzdłuż spoin. Wobec tego uzyskane wyniki nie odnoszą się do górnych rejonów kominów.

### Podsumowanie

Przedstawiony w artykule zakres oraz sposób przeprowadzenia badań materiałowych kominów murowanych wydaje się bardzo pomocny przy wykonywaniu kompleksowej oceny ich stanu technicznego. Uwzględniono wiele aspektów, które mają wpływ zarówno na ocenę stanu technicznego tych obiektów, jak i planowanie zakresu bieżących prac remontowych. Przedstawione wyniki badań, naszym zdaniem, stanowią podstawę przyjęcie odpowiednich danych materiałowych do obliczeniowego sprawdzenia stanów granicznych nośności i użytkowalności konstrukcji kominów murowanych w aspekcie oceny ich bezpieczeństwa [5]. Ponadto ocena bezpieczeństwa i niezawodności konstrukcji, która uwzględni stopień skażenia materiałów, stanowi istotną informację na etapie decyzji o wyburzeniu tego typu obiektów. Badania rodzaju i stopnia skażenia pozwalają też na poprawną ocenę możliwości recyklingu lub utylizacji materiałów rozbiórkowych.

Pomimo że przedstawione wyniki badań oraz ich analiza odnoszą się do dwóch wybranych kominów murowanych, proponowany zakres i sposób oceny badań materiałowych, naszym zdaniem, powinien być preferowany w tego rodzaju opracowaniach.

### Literatura

- [1] Lohr R., Solar J., Brick Liners and Chimneys... again? CICIND Report 24-2-2008.
- [2] Stryzewska T., Kańska S., Wpływ skażenia siarczanami na trwałość wykładziny ceramicznej w kominach energetycznych, Przegląd Budowlany 6/2010 str. 70 – 73.
- [3] UIC – International Union of Railways: UIC Code 778-3R; Recommendations for the inspection, assessment and maintenance of masonry arch bridges, final draft 2008.
- [4] Gruszczyński M., Matysek P., Ocena wytrzymałości murów ceglanych na podstawie badań odwierć rdzeniowych. Czasopismo Techniczne Politechniki Krakowskiej 3-B/2011, s. 55 – 69.
- [5] Lechman M., Ocena bezpieczeństwa konstrukcji istniejących kominów murowanych w ujęciu norm PN-EN. Przegląd Budowlany 5/2012, s. 51 – 54.

materiałowe uzyskane w przeprowadzonych badaniach cegły i zaprawy, przeliczono wartości sił niszczących na wytrzymałość muru [3, 4]. Uzyskane wyniki badań podano w tabeli 3.

Średnia wytrzymałość na ściskanie badanych murów wynosiła 7,2 ÷ 9,3 MPa, a ich sprawność (stosunek wytrzymałości cegieł) od ok. 20% do ok. 35%, a więc jest typowa dla murów na zaprawach wapienno-cementowych.

Na uwagę zasługuje fakt, że w poziomach górnych galerii stan zaprawy (jej

Tabela 3. Wyniki badań wytrzymałości murów

Wytrzymałość na ściskanie muru		
	Komin 110	Komin 135
Przedział wartości [MPa]	4,5 ÷ 10,2	7,2 ÷ 13,0
Wartość średnia [MPa]	7,2	9,3
Odchylenie standardowe [MPa]	1,8	2,7