

Marian Robakowski, Jan Kmiec

## PREFABRYKOWANE BLOKI KOMINOWE NA KRUSZYWIE Z PRZEPALONYCH ŁUPKÓW PRZYWĘGLOWYCH

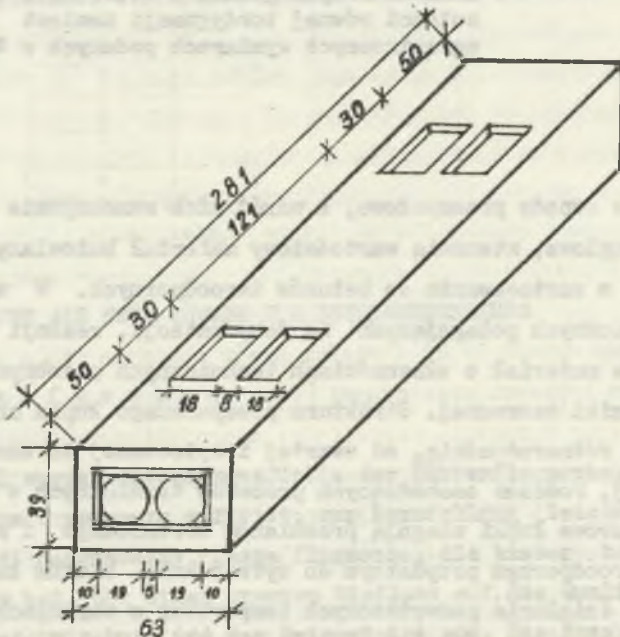
**Streszczenie.** Przepalone łupki przywęglowe o własnościach podobnych do ceramiki spieczonej są odpowiednim materiałem do wytwarzania prefabrykowanych bloków kominowych. Przeprowadzone badania betonu żaroodpornego marki 110 z dodatkiem popiołów lotnych jako mikrokruszywa wskazują na możliwość wykonywania i stosowania bloków o wysokości równej kondygnacji zamiast elementów o ograniczonych wymiarach podanych w Wytycznych ITB.

### 1. Wstęp

Użyteczne odpady przemysłowe, a wśród nich samoczynnie przepalone łupki przywęglowe, stanowią wartościowy materiał budowlany do przerobu na kruszywo w zastosowaniu do betonów żaroodpornych. W wyniku przeobrażeń termicznych polegających na dehydratacji, reakcji i witrifikacji powstaje materiał o własnościach technicznych podobnych do spieczonej ceramiki czerwonej. Struktura przepalonego łupka charakteryzuje się znaczną różnorodnością, od zwartej i spieczonej do warstwowej i mikroporowatej. Podczas zachodzących procesów termicznych w temperaturze do  $1000^{\circ}\text{C}$  surowe łupki ulegają przemianom ceramicznym i stają się materiałem żaroodpornym przydatnym do wytwarzania bloków kominowych narażonych na działanie podwyższonych temperatur w warunkach eksploatacyjnych.

## 2. Charakterystyka bloków kominowych i warunki stosowania

Obowiązujące przepisy ograniczają wymiary bloków z kanałami spalinowymi do wysokości 1/2 kondygnacji, natomiast z kanałami dymowymi o wysokości najwyżej do 60 cm. Ograniczenia te wynikają z odkształceń termicznych powodowanych zmianami temperatur przy nagrzewaniu i ochładzaniu. W normalnych warunkach użytkowania przewodów dymowych w budownictwie mieszkaniowym należy liczyć się z temperaturą gazów spalinowych przy wlocie do przewodu w granicach 150 do 300°C. Jedynie okresowo i krótkotrwanie temperatura może wzrosnąć do 1000°C przy samoczynnym wypaleniu się sadzy. Wymagania techniczne wynikające z przeznaczenia i warunków eksploatacyjnych zmierzają do wytworzenia prefabrykowanych bloków kominowych szczelnych, nie ulegających nadmiernym odkształceniom



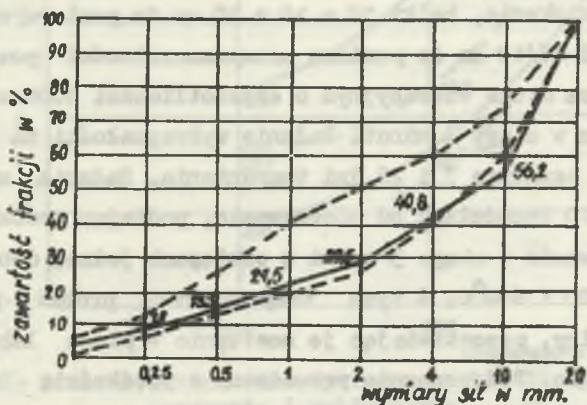
Rys. 1. Prefabrykowany blok kominowy o wysokości kondygnacji typu BK-2/A

niom termicznym, z materiałów żaroodpornych, oprócz innych cech, które również muszą być spełnione. Ograniczone wymiary wysokości bloków ujęte w "Wytucznych projektowania i wykonania" [1] stanowią przeszkodę w

rytmicznym wznoszeniu budynków metodami uprzemysłowionymi. Stąd też przejście na bloki kominowe o wysokości równej kondygnacji jest uzasadnione względami technologii montażu. Kształt i wymiary bloków 2-kałowych typu BK-2/A ilustruje rys. 1.

### 3. Składniki betonu żaroodpornego

Do wytwarzania bloków kominowych zastosowano łupek samoczynnie przepalony "Brzeszcze" o uziarnieniu do 20 mm. Stos okruschowy spełniający warunek minimalnej jamistości obrazuje krzywa uziarnienia na rys. 2.



Rys. 2. Wykres krzywej uziarnienia

— łupek przepalony "Brzeszcze"

---- krzywe graniczne

Punkt płaskowy wynosi 27,9% i mieści się w obszarze pola uziarnienia, ograniczonego krzywymi granicznymi [2].

Uwzględniając wymagania szczelności zaprojektowano składniki betonu żaroodpornego o założonej marce 110 i konsystencji gęstoplastycznej. Ilość cementu marki "350" zmniejszono o 20% w stosunku do obliczonej, wprowadzając taką samą ilość popiołu lotnego "Miechowice" spełniającego rolę mikrokruszywa.

Na podstawie obliczeń przyjęto następujący skład na 1 m<sup>3</sup> betonu:

- |                                |        |
|--------------------------------|--------|
| - cement portlandzki "350"     | 232 kg |
| - popiół lotny "Miechowice"    | 46 kg  |
| - łupek przepalony frakcji 0÷5 | 620 kg |

- żupek przepalony frakcji 5-20	929 kg
- woda	297 kg
	<hr/>
R a z e m:	2124 kg

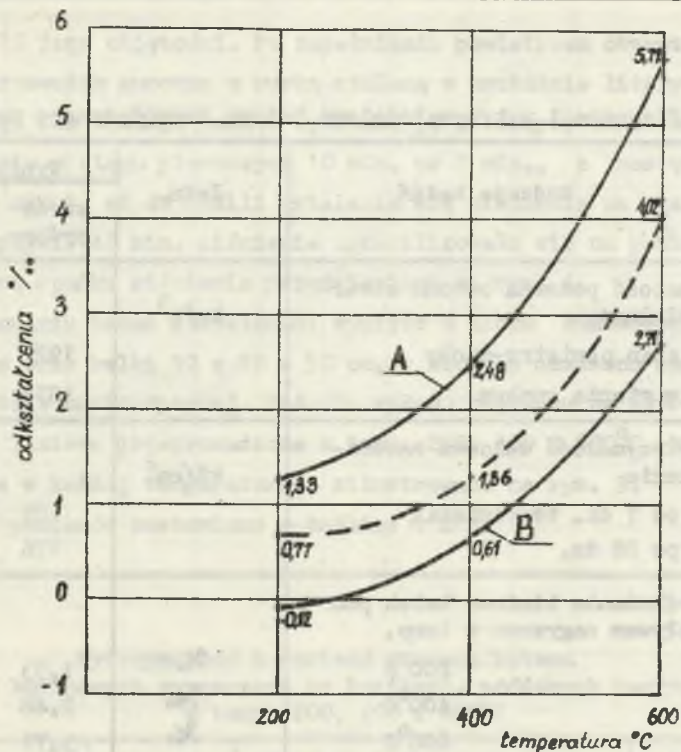
Konsystencja pomierzona na aparacie Ve-Be wynosiła  $H_B = 14,7$ , co jest zgodne z założeniem dla konsystencji gęstoplastycznej.

#### 4. Badania betonu stwardniałego

Z masy betonowej wykonano próbki walcowe  $\emptyset 16/16$  cm do badań wytrzymałości na ściskanie, belki  $10 \times 10 \times 50$  cm do pomiaru zmian liniowych oraz próbki  $\emptyset 16/10$  cm do pomiaru przepuszczalności powietrza. Próbki zagęszczono na stole wibracyjnym o częstotliwości 3000 obr/min i amplitudzie 0,5 mm w ciągu 2 minut. Badanie wytrzymałości na ściskanie przeprowadzono w terminie 7 i 28 dni twardnienia. Badania zmian liniowych wykonano po 10 tygodniach od uformowania, poddając próbki  $10 \times 10 \times 50$  cm nagrzewaniu w ciągu 3 cykli w odstępach jednej doby, kolejno do temp. 200, 400 i 600°C. W tych temperaturach próbki przetrzymywano przez 4 godziny, pozostawiając je następnie w piecu laboratoryjnym aż do wystygnięcia. Podgrzewanie prowadzono z prędkością 100°C/godz. Wykres zmian liniowych przedstawiono na rys. 3. Ocenę stopnia szczelności betonu żaroodpornego przeprowadzono na podstawie badania przepuszczalności powietrza przez próbki o przekroju kołowym  $\emptyset 16$  cm i wysokości 10 cm, odpowiadającej grubości ścianek bloków kominowych. Badania te wykonano przy ciśnieniu powietrza 0,1, 0,5 i 1 atm, przeprowadzając pomiary po upływie 0,5 i 1 godz. Wyniki opisanych badań wraz z pozostałymi zestawiono w tablicy 1.

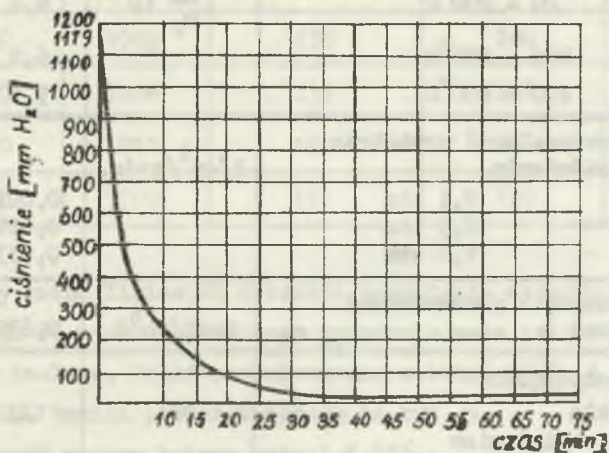
#### 5. Badania bloków kominowych

Wykonane w wytwórni elementów prefabrykowanych bloki kominowe z betonu żaroodpornego marki 110 o wymiarach  $281 \times 63 \times 39$  cm (rys.1) poddano próbie szczelności zgodnie z "Wytycznymi" [1]. Po wyrównaniu płaszczyzn czołowych zaprawą cementową i jej stwardnieniu założono przekładki z miękkiej gumy wraz z płytami stalowymi dociskowymi. Powietrze tłoczono z kompresora poprzez licznik gazowy oddzielnie do każdego kanału



Rys. 3. Zmiany liniowe betonu żaroodpornego marki 110 pod wpływem nagrzewania i ochładzania

— belki wykonane w laboratorium, A - nagrzewanie, B - chłodzenie  
 - - - - belki wycięte z bloku kominowego



Rys. 4. Spadek ciśnienia w kanałach dymowych

Tablica 1

## Cechy fizyczne i wytrzymałościowe betonu żaroodpornego marki 110

Lp.	Rodzaje badań	Jedn.	Wyniki badań		
			żarów próbny	beton z bloku	
1	Gęstość pozorna betonu stwardniałego	$\text{kg/m}^3$			
	- stan powietrz-suchy		1927	1980	
	- w stanie suchym		1832		
2	Wytrzymałość walcowa na ściskanie	$\text{kG/cm}^2$			
	- po 7 dn. twardnienia		109	121	
	- po 28 dn. "		176	204	
3	Wydłużenie liniowe belek pod wpływem nagrzewu w temp.				
		200°C	‰	1,33	0,77
		400°C	‰	2,48	1,36
		600°C	‰	5,71	4,02
4	Współczynnik rozszerzalności termicznej $\alpha$ w przedziale temp.				
		20 - 200°C	$\frac{1}{^\circ\text{C}} 10^{-6}$	6,6	3,8
		200 - 400°C	"	6,2	3,4
		400 - 600°C	"	9,5	6,7
5	Przepuszczalność powietrza przy ciśnieniu	$\text{l/cm}^2/\text{godz.}$			
			0,1 atm	0,0013	
			0,5 atm	0,0070	
			1,0 atm	0,0335	
6	Współczynnik przewodności cieplnej $\lambda$	$\text{kcal/mh}^\circ\text{C}$	0,635		
7	Ognioodporność:				
		- zwykła	sP	123	125
		- pod obciążeniem			
		$t_m$ - temp. mięknięcia	°C	1040	1130
$t_4$ - temp. zgniotu	°C	1090	1190		

w ilości 7,6 jego objętości. Po napełnieniu powietrzem otwarto zawór połączony przewodem gumowym z rurką szklaną w kształcie litery U wypełnioną wodą. Dla każdego kanału wykonano po 2 odczyty odnotowując spadki ciśnienia w ciągu pierwszych 10 min. co 2 min., a następnie w odstępach 5 minut, aż do chwili ustalenia się ciśnienia na stałym poziomie. Po upływie 40 min. ciśnienie ustabilizowało się na poziomie 12 mm H<sub>2</sub>O. Krzywą spadku ciśnienia przedstawiono na rys. 4.

Po wykonaniu badań szczelności wycięto z bloku kominowego kostki o boku 10 cm oraz belki 10 x 10 x 50 cm, w których osadzono czopy pomiarowe ze stali ogniod odpornej. Badania wpływu nagrzewu na wytrzymałość i na zmiany liniowe przeprowadzone w temp. 200, 400 i 600°C kolejno po trzy cykle w każdej temperaturze, zilustrowano na rys. 3.

Wyniki pomiarów zestawiono w tablicy 1 i 2.

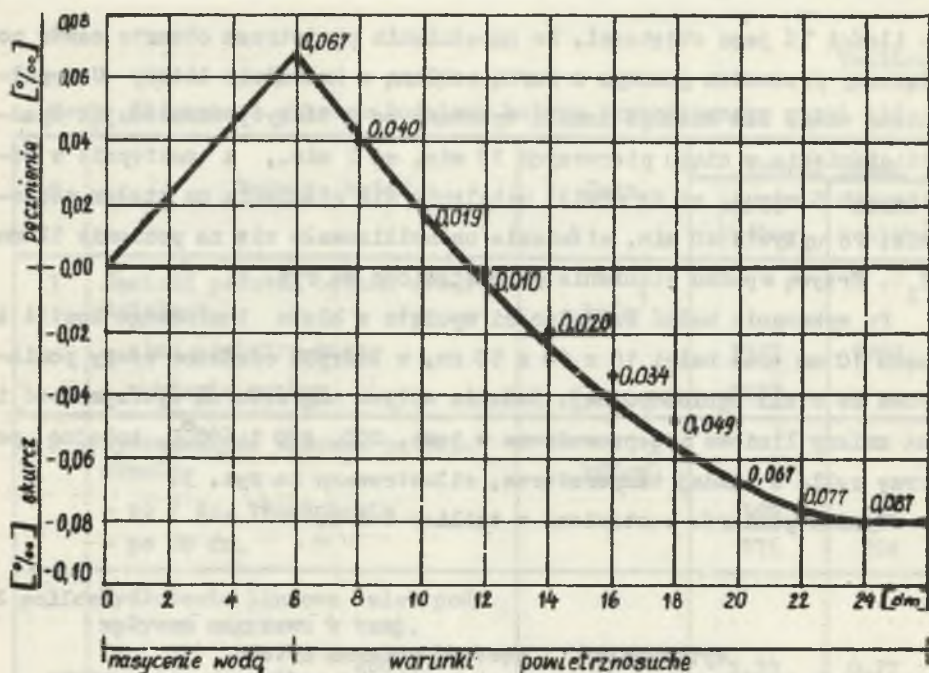
Tablica 2

Wytrzymałość i gęstość pozorną betonu z bloków kominowych wyznaczona na kostkach, poddanych nagrzewaniu w temp. 200, 400 i 600°C

Lp.	Temperatura °C	Gęstość pozorna kg/m <sup>3</sup>	Wytrzymałość na ściskanie		Zmniejszenie wytrzymałości %
			kostkowa kG/cm <sup>2</sup>	walcowa kG/cm <sup>2</sup>	
1	20	1980	238	200	-
2	200	1880	233	196	2
3	400	1810	190	160	20
4	600	1700	152	128	36

Dla oceny zmian liniowych w czasie wysychania stwardniałego betonu żaroodpornego od stanu całkowitego nasycenia wodą przeprowadzono pomiary aparatem Amslera. Belki przechowywano w temp. 18°C i wilgotności względnej 60%. Wyniki pomiarów podano na rys. 5.

Nasiąkliwość wagowa betonu wynosi 2,25%.



Rys. 5. Zmiany liniowe stwardniałego betonu żaroodpornego nasyczonego wodą

## 6. Omówienie wyników badań

Wyniki badań potwierdzają dobrą jakość zarówno masy betonowej, jak też betonu stwardniałego. Korzystną rolę spełniają popioły lotne, które zwiększają urabialność masy betonowej i jej szczelność.

Wytrzymałość na ściskanie próbek wykonanych w laboratorium i wyciętych z bloków odpowiada marce 170, a więc jest wyższa od założonej 110. Istnieje więc możliwość dalszego jeszcze zmniejszenia ilości cementu i zastąpienia popiołem lotnym.

Z badań wytrzymałości na ściskanie próbek poddanych działaniu podwyższonych temperatur 200, 400 i 600°C wynika, że w miarę wzrostu temperatury następuje spadek wytrzymałości wskutek dehydratacji cementu portlandzkiego. W zakresie temp. do 400°C spadek ten wynosi 20%, natomiast w 600°C - 36%. Stan ten w ogólności należy uznać za bardzo dobry, mając na uwadze rzeczywiste temperatury w kanałach dymowych, które w



zasadzie nie przekraczają 300°C. Próba szczelności bloków wykazała, iż wymagania określone w "Wytycznych" są spełnione. Dodatkowe badania polegające na tłoczeniu powietrza przy ciśnieniu 0,1 atm przez próbki grubości 10 cm, a więc 100 razy większym od teoretycznie maksymalnego jakie może wystąpić w przewodzie dymowym, potwierdziły dużą szczelność betonu żaroodpornego. Przy tym ciśnieniu ilość przenikającego powietrza wynosi 0,0013 l/cm<sup>2</sup>/godz., a więc jest niewielka.

Wydłużenie liniowe przy podgrzewaniu betonu żaroodpornego bloków kominowych znacznie wzrasta powyżej 400°C i wynosi 4,02% w temp. 600°C. W temp. 300°C, odpowiadającej warunkom eksploatacyjnym, wydłużenie wyniesie ok. 1%. Współczynnik rozszerzalności liniowej  $\alpha$  w temp. do 400°C wynosi ok.  $3,6 \cdot 10^{-6}$  na 1°C, w wyższej natomiast do 600°C wartość jego wzrasta prawie 2-krotnie. Biorąc pod uwagę temperaturę spalin 300°C w kanałach dymowych należy stwierdzić, że odkształcenia termiczne scharakteryzowane wydłużeniem liniowym i współczynnikiem rozszerzalności liniowej, nie stwarzają niebezpieczeństwa powstania uszkodzeń bloków kominowych, ani też odpadania tynku.

Wyniki badań w ogólności korzystniejsz kształtują się dla betonu z bloków kominowych w porównaniu z próbkami wykonanymi w laboratorium. Wynika to zapewne z bardziej starannego zagęszczania.

Prowadzone obserwacje w budynkach mieszkalnych o 3 kondygnacjach z wbudowanymi blokami kominowymi nie wykazują uszkodzeń w okresie użytkowania tj. w ciągu 4 lat.

Wskazuje to na możliwość wprowadzenia do wykonawstwa budowlanego bloków o wysokości równej kondygnacji.

## 7. Wnioski

- 7.1. Przepalony żupek przywęglowy są wartościowym kruszywem do wytwarzania betonów żaroodpornych przy użyciu cementu portlandzkiego.
- 7.2. Polepszenie urabialności i zwiększenie szczelności betonu uzyskuje się przez dozowanie popiołu lotnego w ilości do ok. 30% z równoczesnym zmniejszeniem cementu o taką samą ilość z zachowaniem konsystencji gęstoplastycznej.

- 7.3. Wytrzymałość betonu żaroodpornego w temp. do  $400^{\circ}\text{C}$ , a więc odpowiadającej warunkom eksploatacyjnym, ulega zmniejszeniu o 20%, mieści się jednak w zakresie wymagań normowych.
- 7.4. Odształcenia termiczne w zakresie temperatur do  $400^{\circ}\text{C}$  nie stanowią zagrożenia dla prefabrykowanych bloków kominowych o wysokości kondygnacji. Również badania makroskopowe w ciągu 4 letniego okresu użytkowania budynków potwierdzają możliwość stosowania tych bloków.

#### LITERATURA

1. Wytyczne projektowania, wykonywania i odbioru prefabrykowanych bloków kominowych i trzonów ze zbiorczymi kanałami wentylacyjnymi, spalinowymi oraz indywidualnymi kanałami dymowymi w budownictwie, ITB, wyd. Arkady, Warszawa 1968 r.
2. PN-62/B-06257 - Beton żaroodporny na cemencie portlandzkim lub hutniczym.

#### СБОРНЫЕ ДЫМОУВODНЫЕ БЛОКИ НА ЗАПОЛНИТЕЛЕ ДЛЯ БЕТОНА ИЗ ПРОКАЛЕННЫХ УГЛИСТЫХ СЛАНЦОВ

#### Резюме

Прокаленные углистые сланцы со свойствами подобными агломерированной строительной керамике — это конгруэнтный материал для производства сборных дымоотводных блоков. Проведенные испытания жароупорного бетона марки "110" с добавкой летучей золы в качестве микрозаполнителя показывают возможность производства и применения блоков длиной в один этаж вместо с ограниченными размерами поданных в инструкции Института Строительной Техники.

PREFABRICATED CHIMNEY BLOCKS MADE OF BURNT CARBONACEOUS SHALE AGGREGATE

S u m m a r y

Burnt carbonaceous shale of quality similar to sintered ceramics is suitable for production of prefabricated chimney blocks. The investigations on heat resistant concrete of 110 kg/cm<sup>2</sup> quality, with addition of fly-ashes as micro-aggregate, showed the possibility of application of blocks one story high instead of elements of limited size which were recommended by the instruction of the Institute of Building Technique.

<sup>1</sup>Laboratorium Technologiczne PZG-OTF przy Instytucie Technologicznym i Zakładzie Technologicznym i Plastiką Budowlaną Instytutu Miastnictwa.