

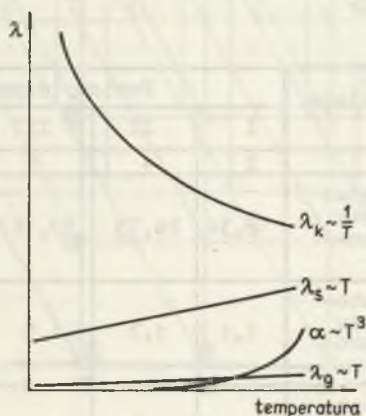
Rudolf MACIEJOŃCZYK

DOBÓR PARAMETRÓW MASY BETONOWEJ W KSZTAŁTOWANIU STRUKTURY
 ŻAROODPORNYCH PORYZOWANYCH BETONÓW KERAMZYTOWYCH
 METODĄ PODCIŚNIENIA

Streszczenie. W artykule przedstawiono dobór parametrów masy betonowej w kształtowaniu struktury żaroodpornych poryzowanych betonów keramzytowych, metodą podciśnienia. W wyniku przeprowadzonych doświadczeń w oparciu o plan badań w przestrzeni czynnikowej wyznaczono bryłę parametrów masy betonowej, zdolnej do poryzacji i wykształcania porowatej komórkowej struktury betonu, bez stosowania specjalnych dodatków spulchniających.

1. Wstęp

Własności izolacyjne żaroodpornych materiałów zdeterminowane są głównie wielkością i strukturą porowatości, zależą także od składu chemicznego i mineralogicznego. W literaturze znaleźć można wiele związków określających zależność pomiędzy izolacyjnością termiczną materiałów w podwyższonych temperaturach, a cechami jego struktury. Na rysunku 1 pokazano jakościowy schemat składowych przewodności cieplnej wyrobów ogniotrwałych



Rys. 1. Jakościowy schemat składowych przewodności cieplnej wyrobów ogniotrwałych i ich zmian w funkcji temperatury wg [4]

λ_k - przewodność składnika krystalicznego, λ_s - przewodność składnika szklistego (bez uwzględnienia promieniowania), λ_g - składowa przewodnościowa gazu w porach (bez uwzględnienia konwekcji), α - składowa promieniowania w porach

i ich zmian w funkcji temperatury [4]. Wynika z tego, że dobrymi własnościami izolacyjnymi odznaczają się tworzywa o drobnokomórkowej strukturze i szklistej budowie składników. Strukturę taką trudno uzyskać w betonach kruszywowych - na stosunkowo "ciężkich" obecnie produkowanych kruszywach porowatych, bez stosowania specjalnych dodatków spulchniających i zabiegów technologicznych oraz ekonomicznej zawartości spoiwa.

2. Przebieg i wyniki badania

W Instytucie Technologii i Organizacji Budownictwa sprawdzono możliwość kształtowania porowatej komórkowej struktury żaroodpornych betonów keramzytowych działaniem obniżonego ciśnienia na świeżą masę betonową, bez stosowania dodatków spulchniających. Celem tej pracy było uzyskanie żaroodpornego betonu keramzytowego o możliwie niskiej gęstości pozornej, przy korzystnej strukturze porowatości oraz zastosowaniu w nim cementu portlandzkiego z dodatkiem popiołów lotnych - jako mikrowypełniacza wiążącego wolny CaO.

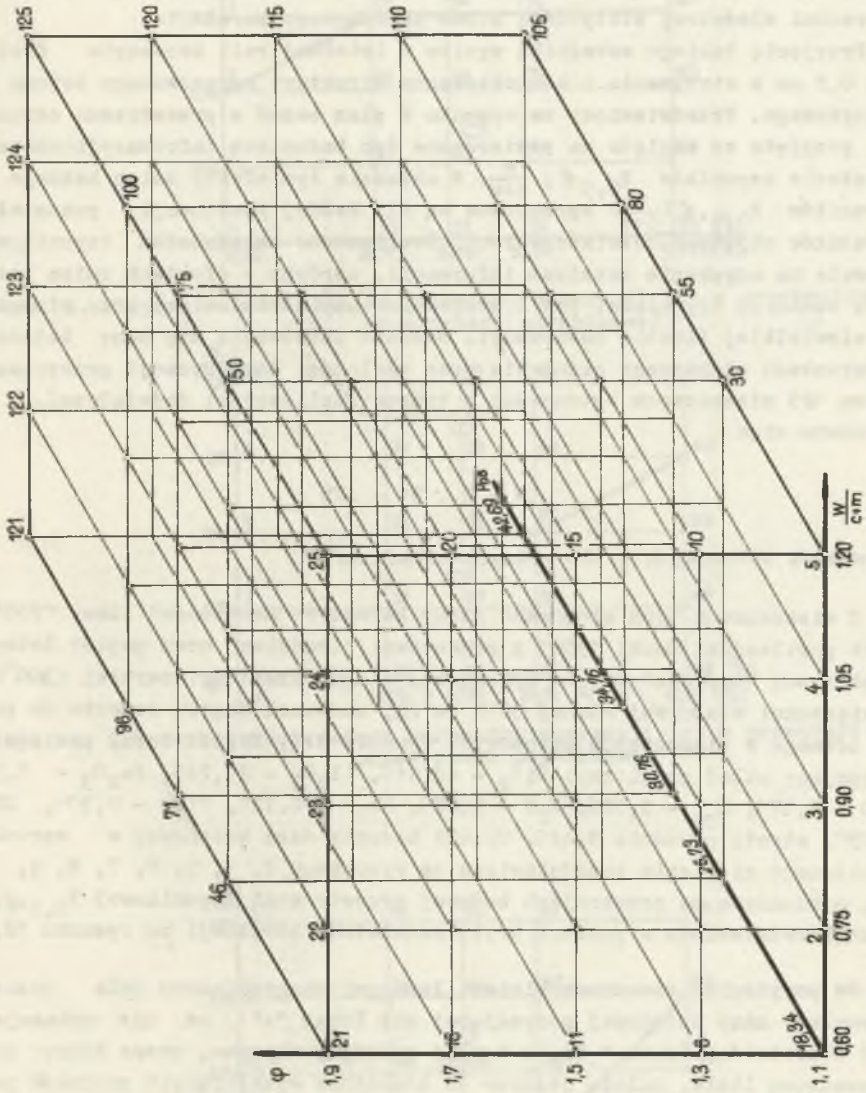
Podstawową trudność stanowił dobór parametrów mieszanek betonowych, zdolnych do poryzacji w wyniku działania podciśnienia.

Parametry masy betonowej dobrano w oparciu o plan badań wieloczynnikowych typu 5^n , gdzie "n" oznacza parametr (czynnik) masy betonowej, liczba 5 oznacza ilość przyjętych poziomów badania każdego z czynników.

Zestawienie wartości czynników wraz z ich poziomami zawiera tablica 1, plan badań czynnikowych przedstawiono na rysunku 2.

Tablica 1

Lp.	Czynniki charakteryzujące masę betonową	Poziomy czynników				
		I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6	7
1	Wskaźnik powierzchni właściwej statycznej punktu pyłowo-piaskowego keramzytu $P_{0,5}$	18,34	26,73	30,76	34,76	42,69
2	Wskaźnik przesycenia stosu okruszowego keramzytu zaczynem cementowo-mikrowypełniaczowym φ	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
3	Wskaźnik wodno-cementowo-mikrowypełniaczowy $\frac{w}{c + m}$	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20



Rys. 2. Przestrzeń czynnikowa badań poryzacji masy betonowej w warunkach obniżonego ciśnienia

Wskaźnikiem $P_{0,5}$ powierzchni właściwej statycznej punktu pyłowo-piaskowego keramzytu nazwano rzędną odpowiadającą procentowi powierzchni właściwej statycznej keramzytu frakcji $0 \div 0,5$ mm, w stosunku do całkowitej powierzchni właściwej statycznej stosu okruskowego keramzytu.

Przyjęcie takiego wskaźnika wynika z istotnej roli keramzytu frakcji $0 \div 0,5$ mm w utrzymaniu i kształtowaniu struktury poryzowanego betonu keramzytowego. Przedstawiony na rysunku 2 plan badań w przestrzeni czynnikowej przyjęto ze względu na stwierdzone (po badaniach informacyjnych) współdziałanie czynników $P_{0,5} \varphi, \frac{w}{c+m}$. W układzie tym efekty zmian każdego z czynników $P_{0,5} \varphi \left(\frac{w}{c+m} \right)$ sprawdzane są dla każdej kombinacji pozostałych czynników objętych doświadczeniami. Zastosowany układ badań czynnikowych pozwala na uzyskanie maksimum informacji, zarówno o efektach zmian każdego z badanych czynników, jak i wzajemnych współdziałaniach przy stosunkowo niewielkiej liczbie obserwacji. Badanie zachowania się masy betonowej w warunkach obniżonego ciśnienia oraz zdolności do poryzacji przeprowadzono na 125 mieszankach betonowych z trzema replikacjami doświadczeń. Wykonano więc

$$N = 3 \cdot 5^3 = 375$$

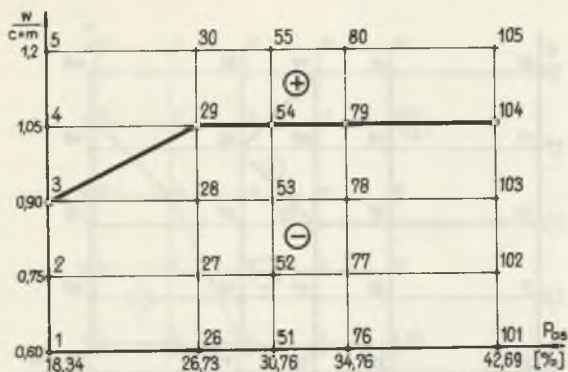
mieszanek betonowych o 125 różnych składach.

W mieszankach tych stosowano suchy keramzyt "Mszczonów" klasy "700", cement portlandzki marki "350" z cementowni "Grodziec" oraz popiół lotny z elektrowni "Łeziska" ($G_{nz} = 890 \text{ kg/m}^3$) o ogniotrwałości zwykłej 1300°C i powierzchni właściwej równej $5670 \text{ cm}^2/\text{g}$, stosunek wagowy cementu do popiołu lotnego w mieszankach betonowych wynosił 3:1. Popiół lotny posiadał następujący skład chemiczny: $\text{SiO}_2 - 48,41\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 27,24\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 7,96\%$, $\text{CaO} - 4,07\%$, $\text{H}_2\text{O} - 2,92\%$, $\text{K}_2\text{O} - 3,28\%$, $\text{Na}_2\text{O} - 0,72\%$, $\text{TiO}_2 - 0,30\%$, $\text{SO}_4 - 2,05\%$, straty przeżenia 3,44%. Wyniki badania masy betonowej w warunkach obniżonego ciśnienia przedstawiono na rysunkach 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, wykonanych na przekrojach badanej przestrzeni czynnikowej $P_{0,5} \varphi \cdot \frac{w}{c+m}$ oraz przedstawiono w postaci bryły parametrów poryzacji na rysunku 12.

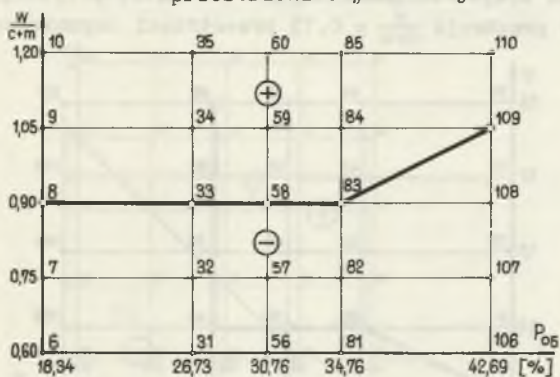
Na powyższych rysunkach liniami łamanymi rozgraniczono pola poziomów czynników masy betonowej poryzującej się (znak "+") od nie wykazującej tej właściwości (znak "-"), z tym że punkty pomiarowe, przez które przeprowadzono linie, należą jeszcze do mieszanek wykazujących zdolność poryzacji.

3. Analiza wyników badań

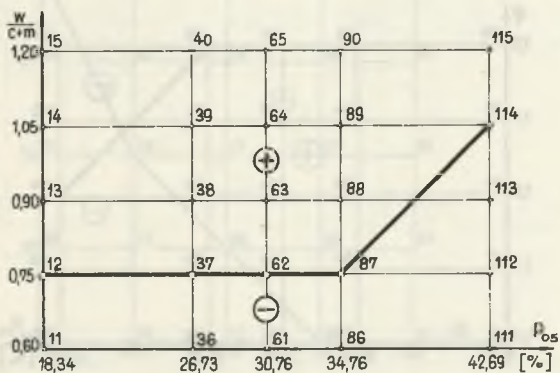
Z przedstawionych rezultatów badań keramzytowych mieszanek betonowych wynika, że dobrze poryzują się mieszanki betonowe o wyższych wartościach



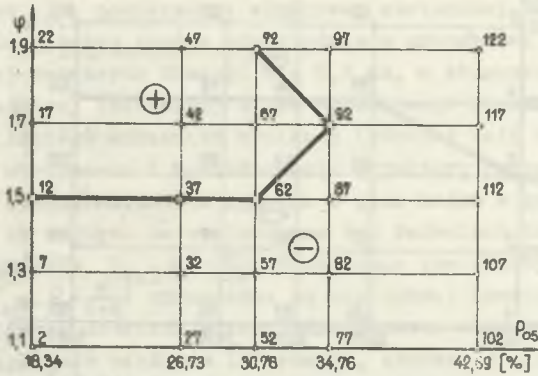
Rys. 3. Krzywa rozgraniczająca parametry poryzacji (+) w przekroju $\varphi = 1,1$ przestrzeni czynnikowej



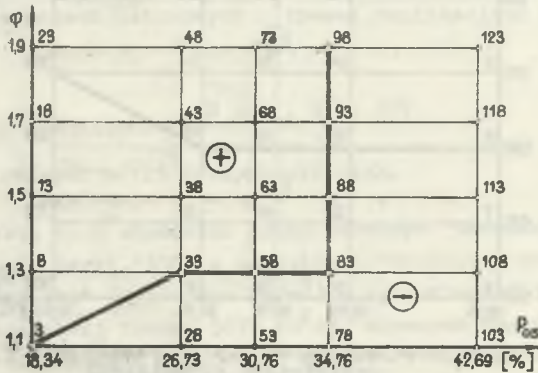
Rys. 4. Krzywa rozgraniczająca parametry poryzacji (+) w przekroju $\varphi = 1,3$ przestrzeni czynnikowej



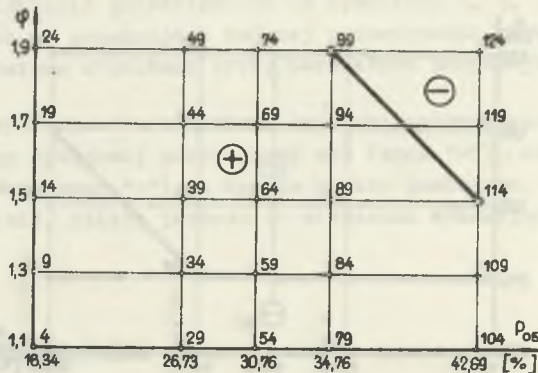
Rys. 5. Krzywa rozgraniczająca parametry poryzacji (+) w przekroju $\varphi = 1,5$ przestrzeni czynnikowej



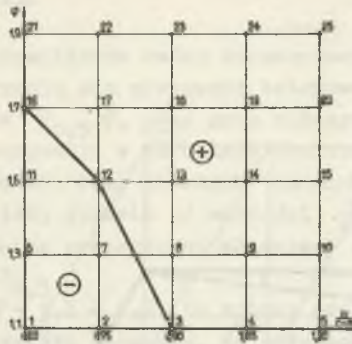
Rys. 6. Krzywa rozgraniczająca parametry porzycacji (+)
w przekroju $\frac{w}{c+m} = 0,75$ przestrzeni czynnikowej



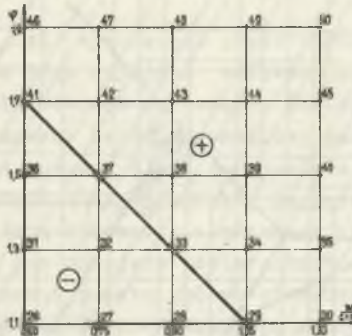
Rys. 7. Krzywa rozgraniczająca parametry porzycacji (+)
w przekroju $\frac{w}{c+m} = 0,90$ przestrzeni czynnikowej



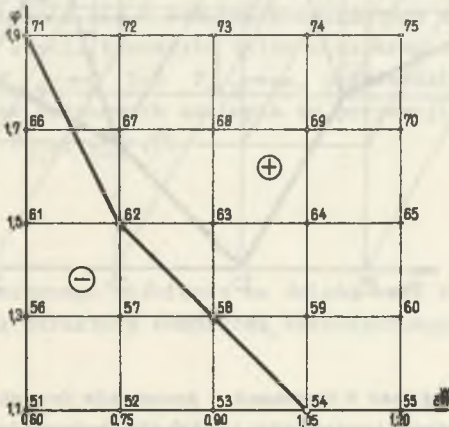
Rys. 8. Krzywa rozgraniczająca parametry porzycacji (+)
w przekroju $\frac{w}{c+m} = 1,05$ przestrzeni czynnikowej



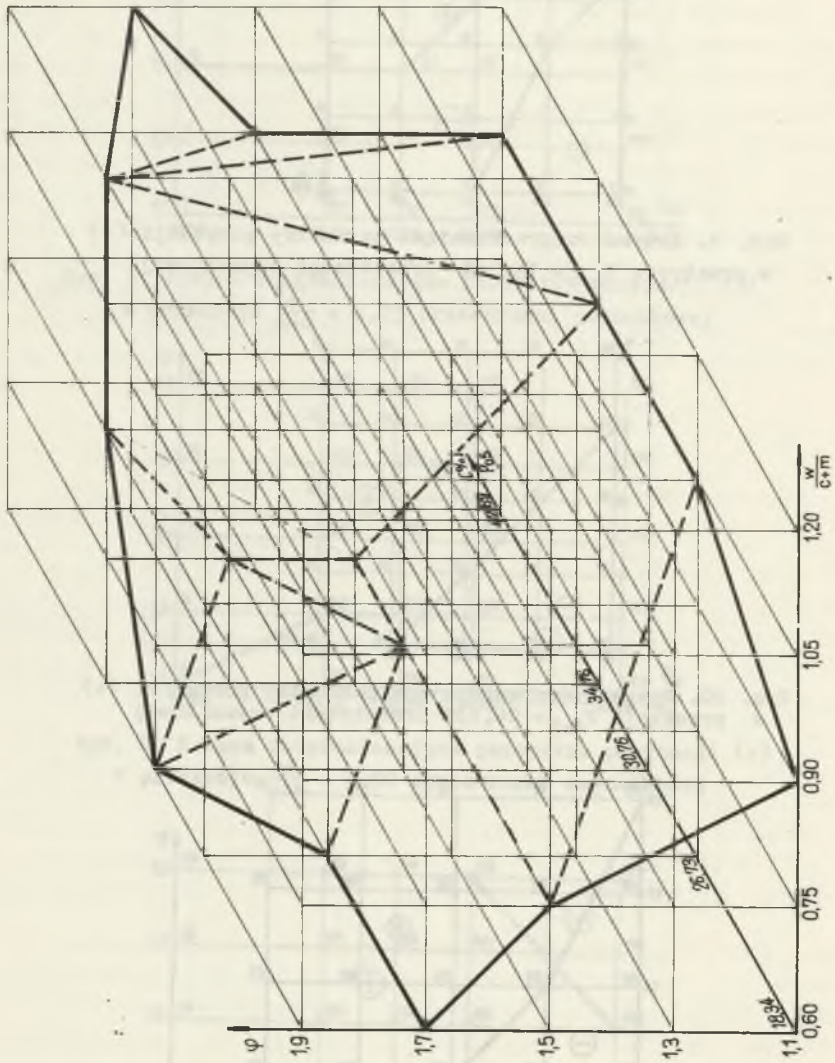
Rys. 9. Krzywa rozgraniczająca parametry poryzacji (+) w przekroju $P_{0,5} = 18,34\%$ przestrzeni czynnikowej



Rys. 10. Krzywa rozgraniczająca parametry poryzacji (+) w przekroju $P_{0,5} = 26,73\%$ przestrzeni czynnikowej



Rys. 11. Krzywa rozgraniczająca parametry poryzacji (+) w przekroju $P_{0,5} = 30,76\%$ przestrzeni czynnikowej



Rys. 12. Powierzchnia i bryła parametrów porzycacji masy betonowej przestrzeni czynnikowej $P_{Q,5,\varphi}$, $\frac{w}{c+m}$

5. Analiza wyników badań

Z przedstawionych rezultatów badań keramzytowych mieszanek betonowych wynika, że dobrze poryzują się mieszanki betonowe o wyższych wartościach przyjętych wskaźników $P_{0,5}, \varphi, \frac{w}{c+m}$; przy niższych wartościach powyższych wskaźników zdolność poryzacji w warunkach obniżonego ciśnienia wykazują tylko nieliczne mieszanki. Przy niższych wartościach wskaźnika poryzacja masy betonowej zależy głównie od wartości $\frac{w}{c+m}$, w małym stopniu zależy natomiast od wskaźnika powierzchni właściwej statycznej punktu pyłowo-piaskowego keramzytu $P_{0,5}$.

Przy wartościach $\varphi = 1,7 \div 1,9$, to znaczy przy dużym przesyleniu jam stosu okruszowego keramzytu zaczynem, na poryzację bardziej wpływa wskaźnik $P_{0,5}$. Należy to tłumaczyć faktem, że dla utrzymania wykształconej w wyniku działania podciśnienia nowej porowatej struktury świeżego jeszcze betonu, potrzebne jest kruszywo najdrobniejsze o uziarnieniu $0 \div 0,5$ mm i $0,5 \div 1,0$ mm.

Z przekrojów (rys. 6÷8) wykonanych przez czynnik $\frac{w}{c+m}$ wynika, że ze wzrostem wartości poziomów tego czynnika zwiększa się ilość mieszanek betonowych wykazujących właściwości poryzacji. Stwierdzono jednak, że przy wartości $\frac{w}{c+m} = 1,2$ poryzowany beton keramzytowy posiada niekorzystną strukturę porowatości, gdyż znaczna ilość por posiada średnice o wielkości 3÷4 mm. Z wykresów w układzie $\varphi - \frac{w}{c+m}$ wynika, że łatwiej poryzują się mieszanki betonowe z zawartością keramzytu o mniejszej ilości frakcji drobnych $0 \div 2,0$ mm, posiadają one mniejsze powierzchnie właściwe i mniejsze wskaźniki właściwej powierzchni punktu pyłowo-piaskowego. W tym przypadku mniejsza ilość zaczynu wypełnia pory występujące w drobnym kruszywie o dużej powierzchni właściwej, większa część zaczynu może spełniać rolę "smaru" przy przesuwaniu się ziarn keramzytu, w wyniku rozprężania się powietrza zawartego w masie betonowej.

Obserwacja zachowania się w warunkach obniżonego ciśnienia masy betonowej wykonanej przy użyciu keramzytu tylko o uziarnieniu 4÷10 mm, lub $0 \div 0,5$ mm, tzn. gdy $P_{0,5} \rightarrow 0$ lub $P_{0,5} \rightarrow \infty$, potwierdziły celowość szukania parametrów mieszanek betonowych zdolnych do poryzacji przy przyjętych poziomach czynników $P_{0,5}, \frac{w}{c+m}, \varphi$.

4. Wnioski

- 4.1. Działaniem obniżonego ciśnienia na świeżą masę betonową można kształtować porowatą strukturę komórkową żaroodpornego betonu keramzytowego.
- 4.2. Spośród 125 badanych mieszanek betonowych o następujących parametrach:
 - wskaźnik powierzchni właściwej statycznej punktu pyłowo-piaskowego keramzytu $P_{0,5} = 18,34 \div 42,69$,

- wskaźnik przesylenia jam stosu okruszowego keramzytu $\varphi = 1,1 \div 1,9$,
 - wskaźnik wodno-cementowo-mikrowypełniaczowy $\frac{W}{C+M} = 0,60 \div 1,20$;
 - zdolność do poryzacji w warunkach podciśnienia, bez stosowania specjalnych dodatków spulchniających, wykazało 80 mieszanek o parametrach określonych brzołą parametrów poryzacji, przedstawioną na rysunku 12.
- 4.3. W warunkach obniżonego ciśnienia dobrze poryzują się mieszanki betonowe opisane średnimi z przyjętych wartości wskaźnika powierzchni właściwej statycznej punktu pyłowo-piaskowego keramzytu $P_{0,5} = 26,73 \div 30,76$, średnimi wartościami przesylenia jam stosów okruszowych keramzytu zaczynami cementowo-wypełniaczowymi $\varphi = 1,3 \div 1,5$ oraz wskaźnikiem $\frac{W}{C+M} = 0,75 \div 0,90$.
- 4.4. Mieszanki betonowe zawierające w stosie okruszowym keramzytu bardzo małą ilość frakcji drobnej o uziarnieniu $0 \div 2,0$ mm ($P_{0,5} \leq 18,34$), lub w których frakcja ta stanowi znaczny procent ($P_{0,5} \geq 42,69$), wymagają dużej ilości zaczynu lub (w drugim przypadku) znacznej ilości wody.
- 4.5. Większy stopień przesylenia jam stosów okruszowych keramzytu ($\varphi = 1,3 - 1,5$) zaczynami cementowo-mikrowypełniaczowymi, korzystnie wpływa na proces poryzacji mieszanek betonowych.

LITERATURA

- [1] Drożdż M.: Żaroodporne i ogniotrwałe betony izolacyjne. Materiały ogniotrwałe 1/1971.
- [2] Drożdż M., Wołek W.: Cementy glinowe i portlandzkie jako surowce wyjściowe dla produkcji betonów ogniotrwałych. Cement, Wapno, Gips 7-8/1972.
- [3] Budownictwo betonowe. Praca zbiorowa. T. I, IV Warszawa 1967.
- [4] Schwietz HE., Jesche P.: Tonindustric Zeitung 87/1963, s. 386 i 427.
- [5] Petzold A., Röhrs M.: Beton für hohe Temperaturen. Berlin 1965.
- [6] Niekrasow K.D., Tarasowa A.P.: Zarostoikij beton na portlandciemienie, Moskwa 1962.

ПОДБОР ПАРАМЕТРОВ БЕТОННОЙ МАССЫ
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЖАРОУПОРНЫХ ПОРИСТЫХ КЕРАМЗИТОВЫХ БЕТОНОВ
МЕТОДОМ ПониЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

Р е з ю м е

В статье представлен подбор параметров бетонной керамзитовой массы для формирования структуры жароупорных пористых керамзитовых бетонов методом пониженного давления. В результате проведенных исследований на основе плана исследований коэффициентного пространства определен объем параметров бетонной массы, способной образовать пористую ячеистую структуру бетона без применения специальных разрыхлительных добавок.

THE SELECTION OF PARAMETERS OF THE CONCRETE MASS FOR THE PURPOSE
OF MOULDING THE STRUCTURE OF HEAT-RESISTING POROUS KERAMSITE
BY MEANS OF THE VACUUM METHOD

S u m m a r y

The paper deals with the selection of parameters of the concrete mass in order to mould the structure of heat-resisting porous keramsite concrete making use of the vacuum method.

Basing on investigation results according to the research plan of factorial experiments the parameters of the concrete mass have been determined, which would be able to form pores so that a porous cellular structure of concrete might be obtained, without applying special fluffing additives.