

Jerzy Broda

OCENA PRZYDATNOŚCI ODPADOWEJ MASY FORMIERSKIEJ DLA POTRZEB BUDOWNICTWA GÓRNICZEGO

Streszczenie. W artykule przedstawione są wyniki badania nad zastosowaniem odpadowej masy formierskiej jako dodatku do betonów zamiast kruszywa, z uwzględnieniem dla potrzeb budownictwa górniczego. Również zastosowanie odpadowej masy formierskiej do betonów powoduje polepszenie warunków wodoszczelności. Odpadowa masa formierska jest produktem bezużytecznym po procesie odlewniczym.

1. Wstęp

Duże zużycie piasku dla potrzeb górnictwa, budownictwa podziemnego kopalń, budownictwa powierzchniowego jak i dla innych gałęzi przemysłu wymaga szukania materiałów zastępczych. I tak na przykład w przemyśle hutniczym przy wykonywaniu różnego rodzaju odlewów stosuje się piasek formierski o wysokich parametrach wytrzymałościowych. Jest to czysty piasek bez zawartości części organicznych lecz o domieszkach pylasto-ilastych. Po dokonaniu procesu odlewniczego piasek zużyty, stanowi odpadową masę formierską. Wykorzystanie odpadowego piasku, jako odpadowej masy formierskiej jest wskazane między innymi ze względu na ochronę środowiska naturalnego (liwidacja hałd lub powstawanie nowych hałd) oraz wykorzystanie do celów budownictwa mieszkaniowego i przemysłowego.

Zasadniczym celem badań objętych pracą jest ustalenie parametrów pod kątem przydatności odpadowej masy formierskiej jako kruszywa do betonu, wykorzystywanego do obudowy wyrobisk górniczych lub prefabrykatów stosowanych w budownictwie górniczym.

2. Cel i zakres badań

Badaniami zostały objęte:

- wytrzymałość na ściskanie,
- wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu,
- wodoszczelność (głębokość przesiąkania wody),
- nasiąkliwość wagowa.

Celem badań było ustalenie optymalnej ilości odpadowej masy formierskiej w stosunku do kruszywa używanego do wytwarzania betonów przy założeniu uzyskania jak najwyższej marki betonów i zapraw.

Do badań użyto odpadową masę formierską o charakterystyce podanej w tablicach nr 1 i nr 2.

Do badań przyjęto serię próbek betonowych o wzrastającym udziale badanej masy odpadowej zamiast piasku w ilości 20%, 25%, 30% i 40% pod kątem

Tablica 1

Wyniki badania masy odpadowej

Fracja	Przesiew	Procent	Rzędna kryw. przesiewu
mm	g	%	%
0 - 0,125	52	5,2	5,2
0,125 - 0,25	193	19,3	24,5
0,25 - 0,5	458	45,8	79,3
0,5 - 1	269	26,9	97,2
1 - 2	23	2,3	99,6
2 - 4	4	0,4	100,0

Tablica 2

Wyniki badania masy odpadowej

Rodzaj cechy	Wyniki badania w %% wagowo	Wymagania normy	
		BN-69/6721/-02	BN-69/6721-04
Zanieczyszczenia obce	0,2	0,5	0,25
Zanieczyszczenia organiczne	na granicy barwy wzorcowej-odpow.	barwa nie ciemniejsza od wzorcowej	
Pyły mineralne	5,6	3,0	8,0
Zawartość siarczanów	0,78	1,0	1,0
Straty prażenia	1,90	badanie	poza normowe

Tablica 3

Wyniki badania mieszanki żwirowo-piaskowej

Rodzaj cechy	Wynik badania w %% (wagowo)	Wymag. normy BN-69/6721-02
Pyły mineralne	2,8	3,0
Zanieczyszczenia obce	ślady	0,25
Zanieczyszczenia organiczne	na granicy barwy wzorcowej	granica barwy wzorcowej
Ziarna wydłużone i płaskie	17,0	20
Zawartość grudek gliny	nie zawiera	3,0
Zawartość nadziarna	"	15,0
Gęźzar nasypowy kg/dcm ³	1,48	-

Tablica 4

Wyniki badania mieszanki żwirowo-piaskowej analiza sitowa

Fracja	Przesiew	Procent	Rzędna krzyw.
0 - 0,25	220	5,50	5,5
0,25 - 0,5	230	5,70	11,2
0,5 - 1	190	4,80	16,0
1 - 2	160	4,00	20,0
2 - 4	1040	26,00	46,0
4 - 10	980	24,50	70,5
10 - 20	900	22,50	93,0
20 - 40	280	7,00	100,0

Tablica 5

Wyniki badania piasku

Składniki zanieczyszczeń piasku	Dopuszczalne ilości				Otrzym. wynik
	Odmiany wg BN-69/6721-02			wg BN-69/6721-02	
	I	II	III		
Zanieczyszczenia obce	0,25	ślady	ślady	0,5	nie zawiera
Zanieczyszczenia organiczne	barwa nie ciemniejsza od wzorc.				
Pyły mineralne	8,0	5,0	5,0	3,0	0,8
Zawartość nadziarna (frakc. pow. 5 mm)	-	-	-	10	nie zawiera

Tablica 6

Wyniki badania piasku - analiza sitowa

Fracja	Przesiew	Procent	Rzędna krzyw przesiewu
mm	g	%	%
0,0 - 0,125	12	1,2	1,2
0,125 - 0,25	236	23,6	24,8
0,25 - 0,5	377	37,7	62,5
0,5 - 1,0	340	34,0	96,5
1,0 - 2,0	35	3,5	100,0

przydatności uzyskanej masy (kruszywo naturalne, odpadowa masa, cement, woda) na obudowę betonową, żelbetową, prefabrykowaną wyrobisk górniczych, komorowych i korytarzowych.

3. Badania własności wytrzymałościowych

Powyższe badania objęły badanie własności wytrzymałościowych betonu wykonanego z dodatkiem odpadowej masy formierskiej.

Charakterystykę odpadowej masy formierskiej podano w tablicach nr 1 i nr 2.

Do badania omawianych własności wytrzymałościowych została użyta mieszanka żwirowo-piaskowa oraz piasek, których charakterystyka została podana w tablicach nr 3, nr 4, nr 5 i nr 6.

4. Zakres badań

4.1. Próbki betonowe

Próbki wykonywane były z betonu o założonej wytrzymałości $17 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ o konsystencji plastycznej i składzie na 1 m^3 poniżej podanych wartościach. Dla serii "0" porównawczej ustalony został następujący skład:

cement portlandzki 350	290 kg
kruszywo 0 - 20 mm	1900 kg
woda zarobowa	185 kg
	Razem 2375 kg

Zasadniczym składem w przedstawionym zestawie jest badany stosunek kruszywa. I tak zastosowana ilość kruszywa w serii "0" na 1900 kg posiada 1450 kg mieszanki żwirowo-piaskowej o procentowym udziale 2% piasku tj. 290 kg. Czyli mieszanka żwirowo-piaskowa posiada 1160 kg żwiru i 290 kg piasku. Pozostała część kruszywa to piasek w ilości 450 kg. W zestawieniu przedstawia się omawiany skład następująco:

1900 kg	=	1450 kg	+	450 kg
kruszywo		mieszanka żwirowo piaskowa		piasek
1900 kg	=	1160 kg	+	740 kg
kruszywo		żwir		piasek
1450 kg	=	1160 kg	+	290 kg
mieszanka żwirowo piaskowa		Żwir		piasek

Zaznacza się, że podana procentowa ilość masy odpadowej w badaniach będzie się odnosiła do całego piasku w kruszywie (kruszywo 0-20 mm), a nie tylko do piasku dodawanego luzem.

I tak na przykład dla serii z ilością 40% masy skład na 1m^3 jest następujący:

- cement	290 kg
- masa	296 kg
- mieszanka żwirowo piaskowa	1450 kg
- piasek	154 kg
- woda	185 l

Razem: 2375 kg

W tym przypadku ilość piasku obliczamy:

$$\begin{aligned} 40\% \text{ od } 740 \text{ kg} &= 296 \text{ kg} \\ 450 \text{ kg} - 296 \text{ kg} &= 154 \text{ kg} \end{aligned}$$

Mieszanki betonowe wykonywane były w betoniarce wolno-spadowej o pojemności 50 litrów. Każdorazowo sprawdzono na aparacie Ve-Be konsystencję oraz ciężar objętościowy mieszanki.

Do badań wykonano:

- po 5 szt. próbek \varnothing 16 cm dla oznaczenia wytrzymałości na ścislenie oraz wodoszczelności,
- po 3 szt. beleczek o wymiarach 10 x 10 x 50 cm dla oznaczenia wytrzymałości na rozciąganie.

Próbki przechowywane były przez 28 dni w warunkach normalnych.

4.2. Badanie wytrzymałościowe na rozciąganie - przy zginaniu

Badanie to wykonano na maszynie do badań wytrzymałościowych ZD-10 zakres 0 - 20 000 N przez równomierne obciążenie próbek w odległościach $1/3$ l aż do złamania. Przyrost obciążenia nie przekraczał $5 \text{ N cm}^2/\text{sek}$. Wytrzymałość badanych próbek obliczono ze wzoru:

$$R_r = \frac{P \cdot L}{Kbh^2}$$

$$K = 2,1 - 2 \cdot 10^{-8} R_w,$$

- P - siła niszcząca N,
- b, h - wymiary boku i wysokości próbki - 10 cm,
- L - 4 h - odległość między podporemami - 40 cm,
- K - współczynnik umożliwiający przeliczenie uzyskanego wyniku badań na wytrzymałość na rozciąganie,
- R_w - wytrzymałość na ścislenie, N/m^2 .

4.5. Analiza wyników badania

Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie i wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu przedstawiono w tabelicy nr 7.

Przedstawione wyniki pozwalają wyciągnąć wniosek, że wytrzymałość na ściskanie betonu wykonanego z odpadowej masy jest mniejsze od 3%-7% w stosunku do betonu wykonanego bez przedmiotowej masy. Różnice w wynikach badania wytrzymałości na zginanie są jeszcze mniejsze.

Upoważnia to do stwierdzenia, że wpływ masy odpadowej na cechy wytrzymałościowe betonu jest minimalny i praktycznie nawet przy dodatku 40% nie powoduje zaniżeń marki betonu czy zaprawy.

Tabela 7

Zestawienie wyników badań

Próbki z masą odpadową	Rodzaj badania											
	Wytrzymałość na ściskanie 10^5 N/m^2					średnia 10^5 N/m^2	Wytrzymałość na rozciąganie (przy zginaniu) 10^5 N/m^2					Średnia
seria 0	210	192	168	193	176	188	25,7	25,7	24,5	-	-	25,3
seria 2 20%	204	202	195	193	211	201	25,2	24,3	24,8	-	-	25,0
seria 3 25%	205	207	194	203	198	201	25,6	24,8	25,4	-	-	25,3
seria 4 30%	197	188	179	183	192	188.	25,1	24,6	24,7	-	-	24,8
seria 5 40%	182	160	175	193	199	182	25,7	25,2	24,3	-	-	25,0

5. Badanie wodoszczelności i nasiąkliwości

5.1. Badanie wodoszczelności

Badanie przeprowadzono na aparacie do badania wodoszczelności typu LS-W3 umożliwiającym wytworzenie ciśnienia do $9 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

Woda użyta do badań oraz temperatura otoczenia w jakim przebywały próbki były zgodne z obowiązującą normą.

Przygotowanie próbek obejmowało: usunięcie dolnych i górnych powierzchni warstwy stwardniałego zaczynu cementowego, wysuszenie do stałego ciężaru w temperaturze 105°C , wykonanie izolacji przez dwukrotne pokrycie emulsją bitumiczną z pozostawieniem na podstawach niezamalowanych powierzchni o średnicach 100 mm.

Następnie próbki umieszczono w przyrządzie i działano ciśnieniem wody kolejno: $5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, $7 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ i $9 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ utrzymując każde z nich przez 24 godziny.

Po upływie 72 godzin próbki wyjęto z aparatu i po rozłupaniu zmierzono największą głębokość przesiąknięcia. Uzyskane wyniki badań podano w tablicy nr 8 z których wynika, że wykonane betony z wykorzystaniem odpadowej masy formierskiej posiadają takie same własności lub lepsze w stosunku do betonu bez dodatku omawianej masy.

Tablica 8

Zestawienie wyników badań
(wodoszczelność i nasiąkliwość)

Próbki z masą odpadową	R o d z a j b a d a n i a										
	Wodoszczelność - głębokość przesiąknięcia wody w cm					Nasiąkliwość wagowo %					Średnie
seria 0	9,0	4,0	2,0	10,0	5,5	2,8	2,6	2,9	3,0	-	2,8
seria 2 20%	2,0	3,0	2,0	2,5	1,0	3,3	2,8	3,6	3,7	-	3,4
seria 3 25%	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,1	3,9	4,3	3,8	-	4,0
seria 4 30%	7,5	9,0	8,0	7,0	8,5	3,3	3,3	3,4	3,6	-	3,4
seria 5 40%	2,0	2,5	4,0	2,5	1,0	3,2	2,9	3,7	2,6	-	3,1

5.2. Badanie nasiąkliwości

Badanie to wykonano zgodnie z normą PN-63/B-06250 na sześciennych kostkach o krawędzi 7 cm, wyciętych z próbek (połówek). Próbki do badań wycięto z próbek przeznaczonych do badań na wytrzymałość.

Stopień nasiąkliwości badanych próbek ustalono ze wzoru:

$$N_w = \frac{g_1 - g}{g} \cdot 100,$$

g_1 - ciężar próbki nasyconej wodą,

g - ciężar próbki wysuszonej.

Uzyskane wyniki badań zestawiono w tablicy nr 8.

6. Badanie wodoszczelności betonów z dodatkiem preparatu hydrofobowego

Dla stwierdzenia jak kształtować się będzie wodoszczelność badanych próbek przy użyciu preparatu hydrofobowego dodanego do masy betonowej, przeprowadzono dodatkowe badania. Badania czasów wiązania próbek betonowych z użyciem masy odpadowej oraz próbek wykonanych na zaprawie normowej, wykazały, że dodatek preparatu wywiera niewielki wpływ na te cechy cementu.

Uzyskane wyniki szczególnie dla wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie są ujęte w tablicy nr 9 i wynoszą:

- dla wytrzymałości na ściskanie od - 4% do + 6%

- dla wytrzymałości na rozciąganie od - 6% do + 0,3%.

Omawiany wpływ preparatu na beton można by uznać prawie za obojętny gdyby nie niesczekiwane negatywne wyniki badania wodoszczelności. W kilku przypadkach woda przesiąknęła przez całą wysokość próbki.

Tablica 9

Zestawienie wyników badań
(z dodaniem środka hydrofobowego)

Próbki z masą odpado- wą	R o d z a j b a d a n i a									
	Wytrzymałość na ściskanie 10^5 N/m^2					śred- nia	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu 10^5 N/m^2			śred- nia
seria 0	210	192	168	193	176	188	25,7	25,7	24,5	25,3
seria 2 20%	200	209	188	196	205	200	25,9	25,4	24,9	25,4
seria 3 25%	186	194	167	188	192	185	24,6	25,0	24,1	24,5
seria 4 30%	177	187	180	191	172	181	24,0	24,9	24,9	24,4
seria 5 40%	184	177	190	163	186	180	23,2	23,8	24,1	23,7

7. Wnioski końcowe

Przedstawione badania wykazały możliwość i celowość użycia odpadowej masy formierskiej dla potrzeb budownictwa kopalń z następujących względów:

- wykorzystanie dotychczas bezużytecznego odpadu masy formierskiej z zastosowaniem do betonów,
- w wyniku zastosowania odpadowej masy formierskiej uzyskuje się oszczędność naturalnego kruszywa w ilości od 20% do 40%,
- zastosowanie odpadowej masy polepsza wodoszczelność wykonanych betonów,
- nowe betony posiadają wytrzymałość od 3% do 7% mniejszą w stosunku do betonów bez zastosowania masy.

Ocena preparatu hydrofobowego jest następująca: ponieważ wyniki badania nie wykazały korzystnego wpływu na cechy betonu, stosowanie go uznaje się za niecelowe.

Ponadto zastrzeżenia budzi sposób przygotowania preparatu. Jest on zbyt skomplikowany (wymaga dokładnych wag, termometrów, mieszadła) i praktycznie prawidłowe jego przygotowanie jest możliwe jedynie w niektórych dobrze wyposażonych laboratoriach. Ponadto czas przydatności do użytku, który wynosi 6 godzin, należy uznać za zbyt krótki.

Jak wynika z powyższego, stosowanie tego preparatu w warunkach budowy, a nawet prefabrykacji, jest w praktyce niemożliwe.

LITERATURA

- [1] Chudek M.: Obudowa kamienna, metalowa i mieszana.
Wyd. Śląsk - Katowice 1968.
- [2] Chudek M.: Obudowy wyrobisk górniczych - część 1, Obudowy wyrobisk korytarzowych i komorowych.
Wyd. Śląsk - Katowice 1974.
- [3] Chudek M.: Rułka K.: Konstrukcje siatkowe w górnictwie.
Wyd. Śląsk - Katowice 1969.
- [4] Strzelecki Z.: Poradnik materiałoznawstwa dla potrzeb budownictwa podziemnego kopalń.
Wyd. Śląsk - Katowice 1972.
- [5] Norma PN-63/B-06250 "Beton zwykły".
- [6] Poradnik laboranta budowlanego. Praca zbiorowa.
- [7] Laboratoria budowlane ITB - Warszawa 1971 r. Praca zbiorowa.
- [8] Instrukcja Techniczna aparatu do badań wodozszczelności betonu.
- [9] Norma PN-74/B-300 /"Cement portlandzki".
- [10] Norma PN-66/B-06714 "Kruszywo mineralne"

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ ИЗ ОТХОДОВ
ДЛЯ НУЖД ГОРОНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Р е з ю м е :

В статье представлены результаты исследования по применению формовочной смеси из отходов в качестве примеси к бетону вместо заполнителя с учетом нужд горного строительства. Употребление формовочной смеси из отходов для бетона улучшает условия водонепроницаемости. Формовочная смесь из отходов является бесполезным продуктом осуществления литейного процесса.

USABILITY EVALUATIONS OF MOULDING SAND WASTE MATERIALS
FOR MINING CONSTRUCTION NEEDS

S u m m a r y

The paper presents the results of investigations devoted to the problem of using moulding sand waste material as an additive to concrete, instead of aggregate, for mining construction needs. The application of moulding sand waste material for making concrete, results in the improvement of watertightness conditions. The moulding sand waste material is a useless product after the casting process.