

Edward Pichocki

POPIÓŁ LOTNY HUTNICZY JAKO NOWY DODATEK DO BETONÓW

Streszczenie. W artykule przedstawiono efekty stosowania lotnego popiołu hutniczego, powstającego przy produkcji żelazokrzemu, do wytwarzania lekkich betonów z żupkoporytu. Nie stosowany dotychczas lotny popiół hutniczy wpływa na znaczne poprawienie właściwości mieszanki betonowej i betonu stwardniałego. Dodatek tego popiołu do betonów umożliwia stosowania nieprzydatnych dotychczas gruboziarnistych popiołów lotnych energetycznych oraz pozwala na zaoszczędzenie 35÷40% ilości cementu w betonie.

1. Wstęp

Ogólnie wiadomo, że jednym z podstawowych dodatków do lekkich betonów kruszywowych są popioły lotne, których zadaniem jest poprawienie właściwości świeżej mieszanki oraz betonu stwardniałego. Jak dotychczas, badania w tym zakresie prowadzone były wyłącznie pod kątem wykorzystania lotnych popiołów energetycznych, powstających podczas spalania węgla w paleniskach pyłowych. Praktyka dowodzi jednak, że stosowanie tego rodzaju popiołów do betonów lekkich nie znalazło pełnego rozwiązania, a rezultaty ich stosowania są różne.

Jednym z czynników utrudniających szerokie wykorzystanie lotnych popiołów energetycznych do produkcji betonów jest niestabilność ich właściwości fizykochemicznych. Szczególne znaczenie należy tu przypisać uziarnieniu popiołów, które w zależności od indywidualnych dla każdego paleniska parametrów spalania oraz od stanu technicznego i rodzaju urządzeń odpływających zmienia się w czasie, w bardzo szerokim przedzia-

le, i w związku z tym wywiera różny wpływ na właściwości betonów [1].

W poszukiwaniu nowych rozwiązań w zakresie stosowania popiołów lotnych do betonów zwrócono uwagę na inne rodzaje popiołów lotnych. Jednym z nich jest niżej przedstawiony popiół lotny hutniczy.

2. Charakterystyka lotnego popiołu hutniczego

Popiół lotny hutniczy jest odpadem przemysłowym, powstającym przy produkcji żelazo-krzemu w piecach łukowo-oporowych.

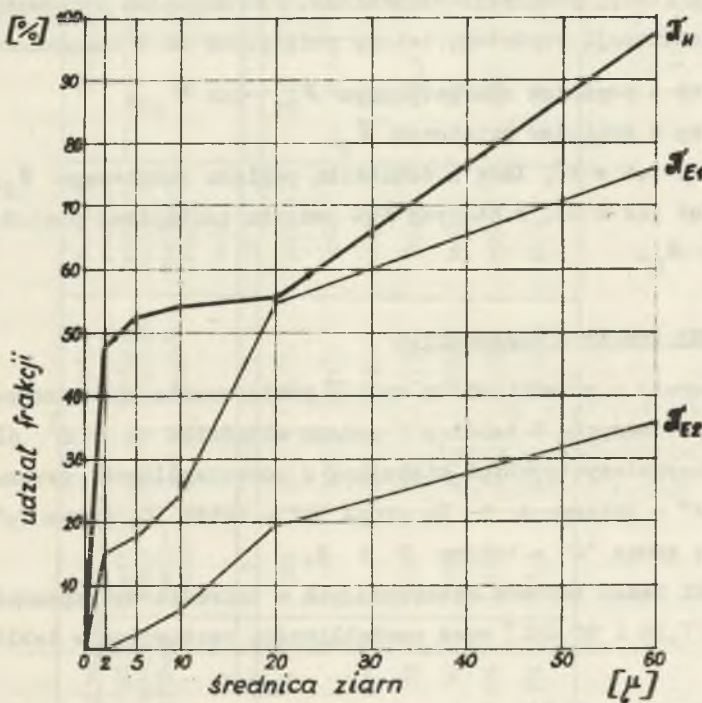
Znamienną cechą składu chemicznego popiołu hutniczego jest wysoka zawartość krzemionki SiO_2 oraz znikome ilości takich składników jak CaO i MgO . Istotną jednak właściwością tego popiołu jest rzadko spotykany skład granulometryczny, w którym udział ziarn o średnicy mniejszej od 5μ wynosi około 50%. Badania rentgenograficzne i mikroskopowe wykazały, że ziarna popiołu charakteryzują się bogato rozwiniętą powierzchnią, natomiast sama krzemionka posiada słabo uporządkowaną sieć krystaliczną [5]. Tak więc popiół lotny hutniczy, w porównaniu z lotnymi popiołami energetycznymi, posiada odmienne cechy fizykochemiczne. Własności popiołów porównano w tablicy 1 oraz na rysunku 1.

Tablica 1

Lp.	Cecha popiołu lotnego	Jedn.	Rodzaj popiołu lotnego		
			hutniczy H	energetyczny	
				drobny E1	gruby E2
1	2	3	4	5	6
1	SiO_2	%	88,55	48,10	51,41
2	Al_2O_3	%	0,90	27,40	29,78
3	Fe_2O_3	%	2,01	5,58	7,78
4	CaO	%	0,88	5,17	4,36
5	MgO	%	0,15	3,31	2,11
6	SO_3	%	1,03	1,12	0,82
7	Straty prażenia	%	4,02	3,83	3,52

cd. tablicy 1

1	2	3	4	5	6
8	Powierzchnia właściwa	cm ² /g	24000	5670	2220
9	Zawartość ziarn < 60 μ	%	97,60	75,8	36,0
10	Gęstość gatunkowa	g/cm ³	2,19	2,11	2,09



Rys. 1

3. Metodyka badań

Badania przydatności lotnego popiołu hutniczego, jako dodatku do betonów, wykonano między innymi na zwartym betonie z żupkoporytu marki "140" konsystencji gęstoplastycznej. Założony skład na 1 m³ betonu dla gęstości pozornej 1750 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ wynosił: żupkoporyt (50% 0÷5 mm, 25% 5÷10mm, 25% 10÷20mm) - 1000 kg; cement portlandzki "350" - 270 kg; popiół lot-

ny - 200 kg; woda - około 280 l, przy czym ilość wody dobierano indywidualnie dla każdej mieszanki.

Do betonów stosowano trzy rodzaje popiołów - popiół lotny hutniczy \mathbb{J}_H oraz dwa popioły lotne energetyczne \mathbb{J}_{E1} i \mathbb{J}_{E2} o różnym uziarnieniu; ich właściwości fizykochemiczne podaje tablica 1 oraz rys. 1. Wszystkie betony wykonano w oparciu o wyżej założoną recepturę, przy zachowaniu stałej proporcji składników. Pod względem stosowanych w badaniach kombinacji popiołów, betony podzielono na 4 zasadnicze rodzaje:

- a) betony z popiołem energetycznym \mathbb{J}_{E1} lub \mathbb{J}_{E2} ;
- b) betony z popiołem hutniczym \mathbb{J}_H ;
- c) betony jak w a), lecz z domieszką popiołu hutniczego \mathbb{J}_H ;
- d) betony jak w a), w których 50% cementu zastąpiono popiołem hutniczym \mathbb{J}_H .

4. Betony zwarte z łupkoporytu

W oparciu o przedstawiony sposób postępowania wykonano ponad 30 mieszanek betonowych. W tablicy 2 podano składniki na 1 m^3 dla najbardziej charakterystycznych mieszanek w poszczególnych grupach betonów: grupa "a" - betony A i B; grupa "b" - beton C, grupa "c" - betony D i E; grupa "d" - betony F i G.

Wyniki badań betonów stwardniałych w zakresie wytrzymałości na ściskanie (7,28 i 90 dni) oraz nasiąkliwości zestawiono w tablicy 2.

5. Omówienie wyników badań

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono:

- betony bez dodatku lotnego popiołu hutniczego wykonane z udziałem popiołu energetycznego \mathbb{J}_{E2} - w porównaniu z betonami wykonanymi z udziałem popiołu \mathbb{J}_{E1} - posiadały dużo gorsze właściwości techniczne; objawiające się zmniejszoną wytrzymałością na ściskanie oraz zwiększoną nasiąkliwością;
- dodatek lotnego popiołu hutniczego do betonów wykonanych z udziałem popiołu energetycznego \mathbb{J}_{E2} powoduje, że właściwości techniczne tych betonów znacznie przewyższają właściwości betonów wykonanych na pe-

Tablica 2

Sym- bol be- to- mu	Zapokop- ryt	Składniki betonu kg/m ³			Gęstość pozorna mieszanki kg/m ³	Gęstość pozorna betonu w stanie po- więtrzo- suchym kg/m ³	Wytężymalność na ściskanie kg/cm ²			Masa- kliwość wagowa %	
		Cement w 350 ^o	Popiół lotny hutniczy	Popiół lotny energe- tyczny			Woda	7	28		90
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	1005	273	-	203	278	1770	1610	103	144	180	10,7
B	932	252	-	157	289	1670	1490	81,1	119	143	14,2
C	1002	271	201	-	256	1760	1640	123	155	186	10,9
D	969	262	20	175	275	1700	1550	99,3	149	183	10,2
E	1005	272	63	133	272	1750	1600	138	213	268	7,1
F	954	129	129	191	277	1680	1570	124	178	231	8,7
G	921	124	124	184	287	1640	1510	110	158	206	9,2

piele energetycznym E_1 - zarówno pod względem wytrzymałości na ściskanie, jak i nasiąkliwości;

- zastąpienie cementu lotnym popiołem hutniczym w ilości do 50%, przy niezmienionym udziale lotnego popiołu energetycznego w betonach, powoduje przyrost wytrzymałości betonów od 25÷30% - w zależności od uziarnienia zastosowanego popiołu energetycznego [6];
- dodatek lotnego popiołu hutniczego w określonych ilościach [6] powoduje znaczne polepszenie urabialności mieszanki betonowej pod warunkiem, że objętość popiołu hutniczego nie przekroczy jamistości stosu cementowo-popiołowego.

Z powyższych rozważań wynika, że udział lotnego popiołu hutniczego w betonach wpływa bardzo korzystnie zarówno na właściwości świeżej mieszanki betonowej, jak i na właściwości betonu stwardniałego.

Przyczyna tych zjawisk tkwi w bardzo drobnym uziarnieniu popiołu hutniczego oraz w bogatym rozwinięciu powierzchni ziarn, które to cechy, wespół z wysoką zawartością krzemionki oraz jej bezpostaciową budową cząsteczkową wpływają na zmianę fizycznych i chemicznych oddziaływań [3] zachodzących w betonach. Wysoka zawartość ziarn mniejszych od 5μ w popiele hutniczym powoduje wzrost oddziaływań fizycznych w szkielecie dzięki uszczelnieniu stosu ziarnowego szkieletu w szerokim zakresie, to jest w zakresie stosu cementowego oraz stosu cementowo-popiołowego.

Znaczna zawartość krzemionki o bezpostaciowej strukturze w popiele hutniczym wpływa na wzrost oddziaływań fizykochemicznych w szkielecie i w warstwie stykowej na skutek zaistnienia zjawiska znacznego rozpuszczania powierzchniowego ziarn popiołu hutniczego [4], wchodzących w reakcje z $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Intensyfikacja oddziaływań fizycznych i chemicznych w czasie wiązania oraz twardnienia betonów z dodatkiem lotnego popiołu hutniczego prowadzi w konsekwencji do znacznego zmniejszenia porowatości strukturalnej betonu, a co za tym idzie - do zwiększenia jego wytrzymałości mechanicznej oraz zmniejszenia nasiąkliwości. Zmiany oddziaływań fizykochemicznych spowodowane udziałem lotnego popiołu hutniczego w betonach lekkich pozwalają na zmniejszenie zużycia cementu na 1 m^3 betonu

poniżej określonego minimum [7], bez uszczerbku dla ich końcowych właściwości technicznych.

Dalsze badania są w toku.

6. Wnioski

Popiół lotny hutniczy powstający przy produkcji żelazokrzemu jest pełnowartościowym dodatkiem do betonów - znacznie przewyższającym pod tym względem właściwości lotnych popiołów energetycznych.

Udział lotnego popiołu hutniczego w betonach z lotnym popiołem energetycznym powoduje intensyfikację oddziaływań fizykochemicznych w czasie wiązania i twardnienia. W wyniku tych zjawisk uzyskuje się zwiększenie urabialności mieszanki betonowej oraz znaczne polepszenie podstawowych właściwości betonu stwardniałego.

Wykorzystanie lotnego popiołu hutniczego do produkcji zwartych betonów izolacyjno-konstrukcyjnych umożliwia stosowanie do betonów nieprzydatnych dotychczas gruboziarnistych popiołów lotnych energetycznych oraz pozwala na zaoszczędzenie 35÷40% ilości cementu w betonie, co w konsekwencji prowadzi do zmniejszenia gęstości pozornej betonu i jego przewodności cieplnej.

LITERATURA

1. S. Bastian, M. Gruner - Wpływ jakości popiołu na cechy technologiczne zaczynów i zapraw cementowych. Cement Wapno Gips, 3/1961.
2. W. Roszak - Technologia betonów z kruszyw lekkich. Arkady. Warszawa, 1970.
3. H. Krause - Wpływ uziarnienia lotnych popiołów energetycznych na podstawowe właściwości zaczynów cementowo-popiołowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Budownictwo nr 30.
4. A. Paprocki - Betony komórkowe. Arkady. Warszawa, 1966.
5. H. Krause, E. Pichocki - Pucolanowe właściwości popiołu lotnego hutniczego. Cement Wapno Gips - w druku.

6. H. Krause, E. Pichocki - Sposób wytwarzania zapraw i betonów z dodatkiem popiołów lotnych. Warszawa. Wniosek patentowy P-153723.
7. W. Roszak - Projekt normy "Beton lekki z porowatych kruszyw sztucznych". Inżynieria i Budownictwo, 3/1972.

ЛЕТУЧАЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ЗОЛА КАК НОВАЯ ДОБАВКА К БЕТОНУ

Резюме

В статье представлены эффекты применения летучей металлургической золы возникающей при производстве железо-кремния для изготовления лёгких бетонов на агломерированном углистом сланце. Не применяемая до сих пор летучая металлургическая зола влияет на значительное улучшение свойств бетонной смеси и затвердевшего бетона. Добавка этой золы к бетону позволяет применять непригодные до сих пор крупнозернистые энергетические летучие золы, а также позволяет сэкономить до 35÷40% цемента в бетоне.

HÜTTENFLUGASCHE ALS NEUE ZUGABE ZUR BETONHERSTELLUNG

Zusammenfassung

Im Artikel wurden Anwendungseffekte der Hüttenflugasche, die bei der Eisen-Silizium Erzeugung auftritt, zur Herstellung leichter Betone aus Aggloporit dargestellt. Diese Flugasche, die bisher keine Anwendung gefunden hat, übt einen grossen Einfluss auf die Qualitätsverbesserung der Betonmischung und des Betonsteins aus. Die Zugabe der Hüttenflugasche zur Betonherstellung ermöglicht die Anwendung ungebrauchter grober Körnungsanteile energetischer Flugasche zur Betonherstellung und führt zu Einsparung der Zementmenge im Beton bis zu 35÷40%.