Mining Science – Mineral Aggregates, vol. 21(1), 2014, 215–226

www.gornictwoigeologia.pwr.wroc.pl

Mining Science
(previously Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr., Górnictwo i Geologia)

ISSN 2300-9586
previously 0370-0798

Received January 29, 2014; reviewed; accepted March 22, 2014

mączki, technologia betonu, kruszywo, badania, beton

Paweł SZAJ [1]

MĄCZKI KAMIENNE JAKO DODATEK DO BETONU

Możliwość przekwalifikowania odpadu na produkt uboczny lub utraty statusu odpadu w myśl ustawy o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. może przynieść wymierne korzyści dla producentów kruszyw. Przeanalizowano możliwość zastosowania drobnoziarnistych odpadów mineralnych w postaci mączek kamiennych, jako dodatku do betonu typu I (kruszywo wypełniające) oraz przedstawiono wyniki własnych badań betonów z dodatkami mączek melafirowej, bazaltowej i wapiennej.

1. WSTĘP

Podczas produkcji kruszyw łamanych powstają między innymi drobnoziarniste odpady mineralne o charakterze mączek kamiennych. Gospodarka tymi odpadami niesie za sobą konieczność ponoszenia kosztów ich składowania oraz opłatami środowiskowymi. Odpady te mogą mieć jednak dalsze zastosowanie w gospodarce. Jednym z obszarów, gdzie istnieje możliwość ich wykorzystania, jest technologia betonu. Nie pozostaje to bez znaczenia dla aspektów ekonomicznych i ekologicznych oraz bez wątpienia w całości wpisuje się w politykę zrównoważonego budownictwa i racjonalnego gospodarowania zasobami naturalnymi.

Ustawa z 22 stycznia 2013 r. *o odpadach* upraszcza gospodarkę odpadami oraz pozwala na znaczące oszczędności. Jej przepisy przewidują możliwość kwalifikowania niektórych odpadów powstających w wyniku procesu produkcyjnego jako produkty uboczne, a także uznawania, że odpad poddany odzyskowi traci status odpadu (po spełnieniu pewnych warunków). Stąd zasadne wydaje się przeprowadzenie analizy, czy mączki kamienne, powstające w procesie produkcji kruszyw łamanych, dotych-

[1] Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa, p.szaj@itb.pl

czas kwalifikowane jako odpad, mogą być uznane za produkty uboczne lub utracić status odpadu i być z powodzeniem wykorzystywane, np. w technologii betonu.

2. PRODUKT UBOCZNY I UTRATA STATUSU ODPADU

Na podstawie art. 10. ustawy *o odpadach*, przedmiot lub substancja, powstające w wyniku procesu produkcyjnego, którego podstawowym celem nie jest ich produkcja, mogą być uznane za produkt uboczny, niebędący odpadem, jeżeli są łącznie spełnione warunki:

1. dalsze wykorzystywanie przedmiotu lub substancji jest pewne,
2. przedmiot lub substancja mogą być wykorzystywane bezpośrednio bez dalszego przetwarzania, innego niż normalna praktyka przemysłowa,
3. przedmiot lub substancja są produkowane jako integralna część procesu produkcyjnego,
4. substancja lub przedmiot spełniają wszystkie istotne wymagania, w tym prawne, w zakresie produktu, ochrony środowiska oraz życia i zdrowia ludzi, dla określonego wykorzystania tych substancji lub przedmiotów i nie doprowadzi to do ogólnych negatywnych oddziaływań na środowisko, życie lub zdrowie ludzi.

Substancja, której dalsze wykorzystanie jest pewne, może być uznana za produkt uboczny tylko wtedy, gdy może być wykorzystana bezpośrednio bez dalszego przetwarzania. Nie każde przetworzenie będzie jednak przesądzało o niedopuszczalności uznania substancji za produkt uboczny. Ustawodawca zezwolił wyraźnie na takie przetworzenia, które wynikają z normalnej praktyki przemysłowej. Kolejnym warunkiem, którego spełnienie jest konieczne to wymóg, by była ona „produkowana jako integralna część procesu produkcyjnego".

Drobnoziarniste odpady mineralne powstające przy produkcji kruszyw bez wątpienia spełniają pierwsze trzy warunki. Szerszego komentarza wymaga natomiast punkt 4, który przewiduje, że możliwość zakwalifikowania danej substancji jako produkt uboczny uzależniona jest od tego, czy dana substancja spełnia wszystkie istotne wymagania dla określonego wykorzystania tej substancji i nie doprowadzi do ogólnych negatywnych oddziaływań na środowisko, życie lub zdrowie ludzi. Dotyczy to w szczególności wymogów wynikających z przepisów obowiązującego prawa. A zatem, oceniając możliwość zakwalifikowania danej substancji jako produkt uboczny należy rozważyć, czy spełnia ona obowiązujące normy i parametry jakościowe, a w szczególności normy przyjęte przez Polski Komitet Normalizacyjny do przyszłego zastosowania. Należy zaznaczyć, że według ustawy uznanie za produkt uboczny nie jest definitywne i w przyszłości szczegółowe kryteria uznania mogą zostać określone w rozporządzeniu właściwego ministra do spraw środowiska (Fabisiak 2013).

Równie ciekawą i wartą rekomendacji jest droga utraty statusu odpadu przez daną substancję. Zgodnie z art. 14. ustawy *o odpadach*, określone rodzaje odpadów przestają być odpadami, jeżeli na skutek poddania ich odzyskowi, w tym recyklingowi, spełniają łącznie warunki:

1. przedmiot lub substancja są powszechnie stosowane do konkretnych celów;
2. istnieje rynek takich przedmiotów lub substancji lub popyt na nie;
3. dany przedmiot lub substancja spełniają wymagania techniczne zastosowania do konkretnych celów oraz wymagania określone w przepisach i w normach mających zastosowanie do produktu;
4. zastosowanie przedmiotu lub substancji nie prowadzi do negatywnych skutków dla życia, zdrowia ludzi lub środowiska.

Ponadto substancje muszą spełniać odpowiednie wymagania określone przez przepisy Unii Europejskiej. W przypadku uznania, że dana substancja spełnia wszystkie warunki wskazane wyżej, możliwa jest utrata przez nią statusu odpadu.

Przewaga utraty statusu odpadu nad uznaniem danej substancji za produkt uboczny jest przede wszystkim w ograniczonym ryzyku regulacyjnym. Ustawodawca nie przewidział bowiem możliwości ograniczeń w utracie statusu odpadu poprzez wydanie odpowiedniego rozporządzenia. Nie ma również nadmiernych ograniczeń, co do sposobu odzysku. W praktyce może się on odbywać przez proste czynności technologiczne, niewymagające wysokich nakładów. W kontekście rozpatrywanych drobnoziarnistych odpadów mineralnych, w przypadku niespełnienia któregoś z wymagań norm dla przyszłego zastosowania, możliwe jest przeprowadzenie dodatkowych czynności związanych np. z segregacją lub uzdatnianiem.

Reasumując, ustawa przewiduje możliwość zmiany kwalifikacji substancji powstałych w wyniku procesu produkcyjnego, którego podstawowym celem nie jest ich produkcja z odpadu na produkt uboczny lub utraty statusu odpadów na skutek poddania ich odzyskowi. Drobnoziarniste odpady mineralne powstające przy produkcji kruszyw bez wątpienia spełniają większość z tych wymagań. Dokładniejszej analizy wymaga jedynie warunek dotyczący spełnienia przez nowopowstały produkt odpowiednich do przyszłego zastosowania przepisów i norm z uwzględnieniem bezpieczeństwa życia i zdrowia ludzi oraz ochrony środowiska. Jednym z możliwych zastosowań przekwalifikowanych odpadów mineralnych, powstających podczas produkcji kruszyw mogą być dodatki do betonu.

3. DODATKI MINERALNE

W technologii betonu z powodzeniem wykorzystuje się od wielu lat drobnoziarniste dodatki mineralne. W większości przypadków są to odpady pochodzące z innych gałęzi gospodarki. Na przykład pył krzemionkowy, wysoko ceniony dodatek do betonu, jest surowcem wtórnym otrzymywanym podczas produkcji metalicznego

krzemu i żelazokrzemu. Popiół lotny krzemionkowy, najpopularniejszy z dodatków, powstaje podczas spalania pyłu węglowego w elektrociepłowniach. Żużel wielkopiecowy, który jest bezcenny przy wykonywaniu betonowych elementów masywnych, to odpad z przemysłu hutniczego. Wszystkie te dodatki maja swoją niepodważalną pozycję w technologii betonu. Dzisiaj trudno sobie wyobrazić produkcję niektórych betonów towarowych i specjalnych bez ich wykorzystania. Przemysł betonowy ma również duże doświadczenie w stosowaniu dodatków w postaci mączek kamiennych. Mączka wapienna otrzymywana w wyniku przemiału i separacji powietrznej wapienia jest wykorzystywana jako wypełniacz, zwłaszcza podczas produkcji betonu samozagęszczalnego i architektonicznego.

Według normy prPN-EN 206-1:2014 *Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*, dodatki są to drobnoziarniste składniki stosowane w celu poprawy pewnych właściwości lub uzyskania specjalnych cech betonu.

Rozróżnia się dwa typy dodatków nieorganicznych:

- I – prawie obojętne: barwniki zgodne z PN-EN 12878:2006 oraz kruszywa wypełniające zgodne z PN-EN 12620:2013 lub PN-EN 13055:2006,
- II – o właściwościach pucolanowych lub utajonych właściwościach hydraulicznych: popioły lotne zgodne z PN-EN 450-1:2012, żużle wielkopiecowe zgodne z PN-EN 15167-1: 2007 oraz pyły krzemionkowe zgodne z PN-EN 13263-1:2010.

Dodatki mineralne wpływają na właściwości mieszanki betonowej (m.in. urabialność, ograniczenie efektu bleedingu) oraz właściwości stwardniałego betonu (m.in. wytrzymałość, trwałość, skurcz). Dzięki ich stosowaniu można również zmniejszyć użycie cementu i ograniczyć koszty produkcji betonu. Dodatkowo zastąpienie części cementu mikrokruszywem umożliwia obniżeniem ciepła hydratacji, co ma kluczowe znaczenie przy wykonywaniu elementów monolitycznych o dużych objętościach. Drobnoziarniste dodatki mineralne są szczególnie użyteczne w technologii betonów specjalnych, które obecnie stają się coraz bardziej popularne.

Przykładem szczególnego zastosowania dodatków mineralnych jest technologia betonów samozagęszczalnych SCC. Od betonów tych, poza odpowiednimi właściwościami po stwardnieniu, oczekuje się również specyficznych cech mieszanki betonowej. Urabialność, a wręcz zdolność płynięcia takich betonów, powinna zapewnić im szczelne i jednorodne wypełnienie formy jedynie pod wpływem własnego ciężaru. Jednym ze sposobów uzyskania takich właściwości jest projektowanie mieszanek betonowych o dużej zawartości drobnych cząstek z jednoczesnym stosowaniem wysoko efektywnych domieszek upłynniających. Zawartość frakcji pyłowych w takich betonach sięga od 380 do nawet 600 kg/m^3 (Szwabowski, Gołaszewski 2010).

Innym rodzajem betonów, dla których istotna jest zawartość drobnych cząstek są betony do specjalnych robót geotechnicznych. W nowelizacji normy prPN-EN 206-1:2014 *Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*, zawarto

dodatkowe wymagania dotyczące m.in. ilości cząstek poniżej 0,125 mm w składzie betonów (tab. 1), stosowanych do wykonywania:

- pali wierconych zgodnych z PN-EN 1536:2010,
- ścian szczelinowych zgodnych z PN-EN 1538:2010,
- mikropali zgodnych z PN-EN 14199:2008.

Tab. 1. Minimalna zawartość ziaren poniżej 0,125 mm dla betonów do specjalnych robót geotechnicznych
Tab. 1. The minimum amount of particles less than 0.125 mm to concrete for special geotechnical works

Dla pali wierconych i przemieszczeniowych			
zawartość ziaren poniżej 0,125 mm łącznie z cementem i dodatkami	kruszywo grube	$D_{lower} > 8$ mm $D_{upper} > 8$ mm	≥ 400 kg/m^3
		$D_{lower} \geq 4$ mm $D_{upper} \leq 8$ mm	≥ 450 kg/m^3
Dla mikropali			
zawartość ziaren poniżej 0,125 mm łącznie z cementem i dodatkami			≥ 375 kg/m^3
Dla ścian szczelinowych			
zawartość ziaren poniżej 0,125 mm łącznie z cementem i dodatkami	kruszywo grube	$D_{max} = 32$ mm *	400–550 kg/m^3

* – zawartość kruszywa drobnego ($D \leq 4$ mm) w stosie okruchowym, powyżej 40% masy

Odpowiednio duża ilość drobnych składników jest również bardzo ważna przy wykonywaniu betonów architektonicznych kształtowanych przed zabudowaniem, czyli tych, w których konieczne jest wykonanie powierzchni o jak najniższej ilości porów (Kuniczuk 2011). Podczas produkcji takich betonów dodatkowo istotna jest jak najmniejsza zmienność właściwości składników, ponieważ nawet małe zmiany, zwłaszcza dotyczące drobnych cząstek, mogą pogorszyć walory estetyczne wykonywanych elementów.

Tab. 2. Zalecana zawartość frakcji do 0,25 mm dla betonów architektonicznych
Tab. 2. Fraction content under 0.25 mm for the architectural concretes

Maksymalna wielkość ziaren kruszywa [mm]	Zalecana liczba frakcji do 0,25 mm [kg/m^3]
8	550
16	500
32	450

Zapewnienie dużej ilości drobnych cząstek w betonie tylko za pomocą samego cementu, poza skutkami ekonomicznymi, niesie za sobą również ryzyko wystąpienia nadmiernych naprężeń termicznych i skurczy, mogących prowadzić do zmniejszenia właściwości użytkowych wykonywanych elementów, a nawet pogorszenia ich trwałości. W technologii betonu stosowanie dodatków, również tych obojętnych pełniących

rolę wypełniaczy, jest dobrą praktyką. Pozwala to poprawić lub kształtować właściwości stwardniałych betonów, zmniejszyć koszty produkcji oraz uniknąć niepotrzebnych komplikacji przy wykonywaniu konstrukcji betonowych.

4. MĄCZKI KAMIENNE JAKO KRUSZYWA WYPEŁNIAJĄCE

Norma PN-EN 12620:2013 *Kruszywa do betonu* obejmuje swoim zakresem kruszywa i kruszywa wypełniające, uzyskiwane w wyniku procesu naturalnego, przemysłowego lub z recyklingu o gęstości w stanie suchym większej niż 2,0 Mg/m^3,

Według normy, kruszywa wypełniające to kruszywa o wymiarze ziaren w większości przechodzących przez sito 0,063 mm, które mogą być dodawane do materiałów budowlanych w celu uzyskana pewnych właściwości. Analizując zakres normy oraz definicję kruszyw wypełniających, można zauważyć, że istnieje szansa, aby mączki kamienne, powstające jako odpad przy produkcji kruszyw łamanych mogły spełnić jej założenia.

Aby móc je wprowadzić do obrotu jako nowy produkt w postaci kruszyw wypełniających, należy poświadczyć ich zgodność z wymaganiami normy.

System poświadczenia zgodności wypełniaczy według PN-EN 12620:2013 oraz PN-EN 16236:2013 *Ocena zgodności kruszyw. Wstępne badania typu i Zakładowa Kontrola Produkcji* podobnie jak dla kruszyw, jest zależny od wymaganego poziomu bezpieczeństwa w miejscu ich stosowania. Dla zastosowania w budynkach, drogach i innych obiektach budowlanych, wymagających wysokiego poziomu bezpieczeństwa, atestację zgodności powinno się przeprowadzić w systemie 2+ z udziałem trzeciej strony. Gdy wysoki poziom bezpieczeństwa nie jest wymagany – wystarczy system 4.

W systemie 2+ producent jest odpowiedzialny za wykonanie badań typu oraz prowadzenie zakładowej kontroli produkcji (ZKP). Natomiast jednostka notyfikowana (trzecia strona) jest odpowiedzialna za certyfikację zakładowej kontroli produkcji na podstawie wstępnej kontroli zakładu i ZKP oraz stałego nadzoru, oceny i akceptacji ZKP. W systemie 4 ocenę wykonuje sam producent na podstawie badań wstępnych i prowadzonej zakładowej kontroli produkcji.

Badania typu oraz zakładowa kontrola produkcji powinny obejmować wszystkie odpowiednie właściwości podane w tablicy ZA 1b normy (tab. 3).

W odniesieniu do trzech właściwości ujętych w tabeli 3 zostały postawione konkretne wymagania:

- uziarnienie – tabela 4 (badanie wg PN-EN 933-10:2009);
- zawartość składników wpływających na szybkość wiązania i twardnienia – liczba składników wpływających na czas wiązania nie powinna powodować zwiększenia czasu tężenia próbek zaprawy o więcej niż 120 minut i zmniejszać ich wytrzymałość na ściskanie o więcej niż 20% po 28 dniach dojrzewania (badanie wg PN-EN 1744-1:2013);

– skurcz przy wysychaniu nie powinien być większy niż 0,075%; wymaganie to nie ma zastosowania, gdy nie zachodzi powierzchniowe wysychanie betonu, beton jest napowietrzony lub wtedy, gdy elementy konstrukcyjne są symetrycznie i gęsto zbrojone oraz nienarażone na działanie wpływów atmosferycznych (badanie wg PN-EN 1367-4:21010).

Tab. 3. Zakres i właściwości wg tablicy ZA 1b z normy PN-EN 12620:2013
Tab. 3. Scope and characteristic from Table ZA 1b in PN-EN 12620:2013

Zakresy i właściwości		Wymaganie
drobnoziarnistość/ /wymiary i gęstość ziaren	uziarnienie	spełnienie/niespełnienie wartości granicznej
	gęstość ziaren i nasiąkliwość	wartość deklarowana
skład/zawartość	chlorki	wartość deklarowana
	siarczany rozpuszczalne w kwasie	kategorie
	siarka całkowita	spełnienie/niespełnienie wartości granicznej
	składniki wpływające na szybkość wiązania i twardnienia betonu	spełnienie/niespełnienie wartości granicznej
obecność zanieczyszczeń	zawartość pyłów	kategoria
stałość objętości	stałość objętości – skurcz przy wysychaniu	spełnienie/niespełnienie wartości granicznej
	składniki wpływające na stałość objętości żużla wielkopiecowego chłodzonego powietrzem	wartość deklarowana
uwalnianie substancji niebezpiecznych	wiedza o surowcu (EN 16236:2013)	wg złącznika ZA 3 normy PN-EN 12620:2013
	zarządzanie produkcją (EN 16236:2013)	
	aktualne wymagania dotyczące substancji niebezpiecznych obowiązujących w miejscu zastosowania	
trwałość	odporność na zamrażanie i rozmrażanie	kategoria

Tab. 4. Wymagania dotyczące uziarnienia kruszywa wypełniającego
Tab. 4. Grading requirements for added filler

Wymiar sita [mm]	Procent przechodzącej masy ogólny zakres do poszczególnych wyników
2	100
0,125	od 85 do 100
0,063	od 70 do 100

Dla pozostałych właściwości producent powinien deklarować wartości lub kategorie, a w uzasadnianych sytuacjach może zastosować opcję NPD (właściwość użytkowa niedeklarowana). Jeżeli spełnione zostały wymagania i ustalenia podane w normie oraz w przypadku systemu oceny 2+ uzyskano certyfikat od jednostki notyfikowanej, producent może wystawić Deklarację Właściwości Użytkowych, która upoważnia go to umieszczania znaku CE na swoim produkcie i wprowadzenia jako wyrób do obrotu.

5. BADANIA BETONU Z DODATKIEM MĄCZEK KAMIENNYCH

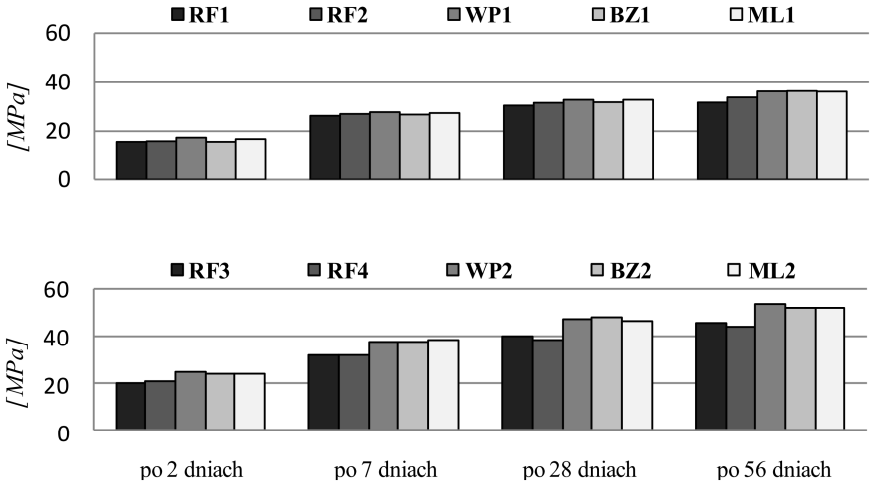
W Zakładzie Betonu Instytutu Techniki Budowlanej wykonano pracę badawczą dotyczącą możliwości zastosowania wybranych odpadów mineralnych w technologii betonu. Obejmowała ona również mączki kamienne: bazaltową i melafirową, powstające podczas produkcji kruszyw łamanych. Poniżej przedstawiono wyniki badań wybranych właściwości betonu z dodatkiem tych mączek. Betony referencyjne wykonano bez dodatków oraz z dodatkiem mączki wapiennej, z powodzeniem stosowanej od lat w technologii betonu. Badania wykonano na betonach zwykłych oraz samozagęszczalnych. Receptury betonów zwykłych opracowano na podstawie betonu referencyjnego RF1, dodając do niego ok. 75 kg/m^3 dodatku (WP1 – mączka bazaltowa, BZ1 – mączka bazaltowa, ML1 – mączka melafirowa) kosztem objętości zaczynu cementowego. W betonie referencyjnym RF2 objętość dodatku zastąpiono kruszywem. Wskaźnik woda/cement we wszystkich betonach był stały i wynosił 0,65.

Receptury betonów samozagęszczalnych opracowano w oparciu o beton referencyjny z mączką wapienną WP2, zastępując dodatek (ok. 170 kg) mączkami bazaltową BZ2 oraz melafirową ML2. Beton referencyjny RF3 wykonano, zastępując objętość dodatku zaczynem cementowym, a w RF4 kruszywem. Wskaźnik w/c we wszystkich betonach był stały i wynosił 0,55. Beton referencyjny RF4 nie posiadał cech betonu samozagęszczalnego.

Mączki bazaltowa, melafirowa i wapienna, spełniały wymagania normy PN-EN 12620:2013 w zakresie uziarnienia (wg PN-EN 933-10:2010), zawartość składników wpływających na szybkość wiązania i twardnienia (wg PN-EN1744-1:2013) oraz skurczu przy wysychaniu (wg PN-EN 1367-4:2010).

5.1. WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE

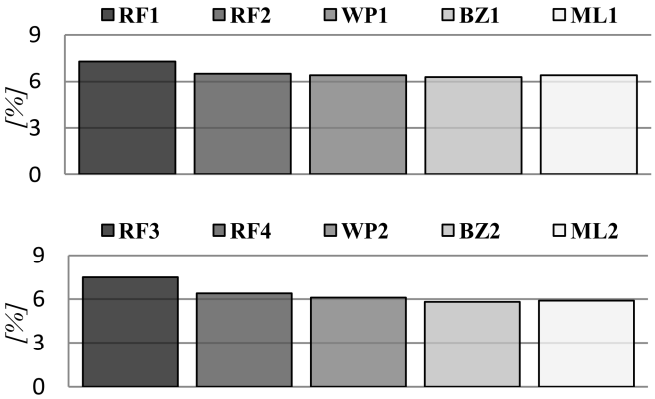
Badanie wytrzymałości betonu na ściskanie przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 12390-3:2011 *Badania betonu - Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badań*.



Rys. 1. Wytrzymałość na ściskanie
Fig. 1. Compressive strength

5.2. NASIĄKLIWOŚĆ

Nasiąkliwość betonu określono zgodnie z p. 6.4. PN-B-06250:1988 *Beton zwykły*.

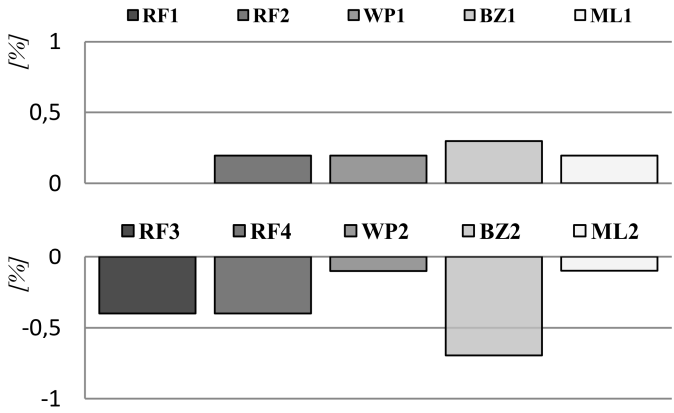


Rys. 2. Nasiąkliwość
Fig. 2. Water absorption

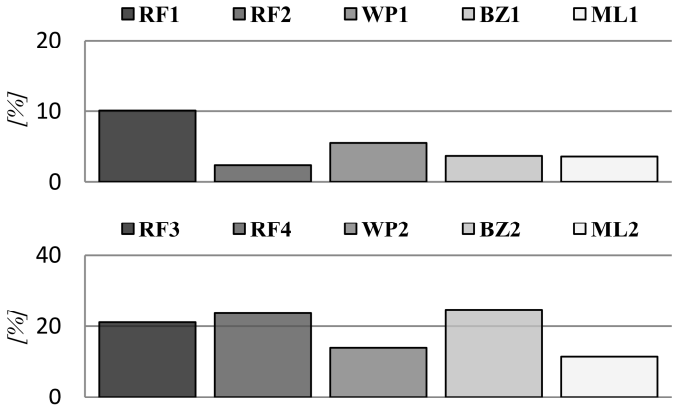
5.3. MROZOODPORNOŚĆ

Badanie mrozoodporności przeprowadzono metodą zwykłą zgodnie z p. 6.5 normy PN-B-06250:1988 *Beton zwykły*.

Ponieważ nie oczekiwano od betonów wysokiej odporności na działanie niskich temperatur, badanie przeprowadzono jak dla stopnia mrozoodporności F50 – betony zwykłe i F75- betony samozagęszczalne.



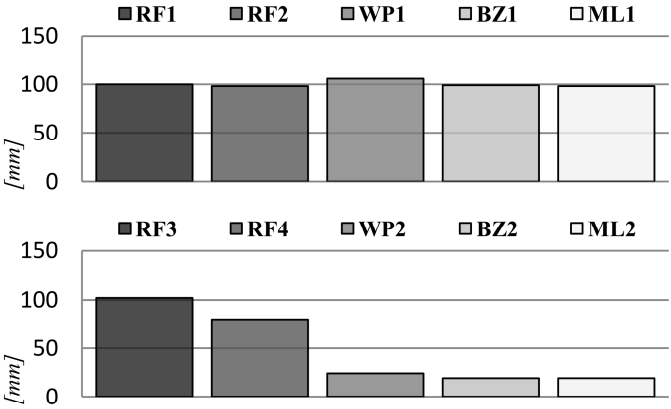
Rys. 3. Mrozoodporność – ubytek masy
Fig. 3. Freeze/thaw resistance – loss of weight



Rys. 4. Mrozoodporność – spadek wytrzymałości
Fig. 4. Freeze/thaw resistance – loss of strength

5.4. GŁĘBOKOŚĆ PENETRACJI WODĄ POD CIŚNIENIEM

Badanie głębokości penetracji wodą pod ciśnieniem przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 12390-8:2011 *Badania betonu. Część 8: Głębokość penetracji wodą pod ciśnieniem.*



Rys. 5. Głębokość penetracji wodą pod ciśnieniem
Fig. 5. Depth of penetration of water under pressure

5.5. ANALIZA WYNIKÓW

Analizując wyniki przeprowadzonych badań, można zauważyć, że użyte mączki – bazaltowa i melafirowa wpłynęły na właściwości stwardniałego betonu w podobny sposób jak referencyjna mączka wapienna. Wyjątek stanowi badanie mrozoodporności w którym wyraźnie widać, że betony z mączką bazaltową miały najmniejszą odporność na zamrażanie i rozmrażanie. Zaznaczyć jednak należy, że badane betony nie były zaprojektowane jako mrozoodporne i nie oczekiwano od nich wysokiej odporności na działanie mrozu. Niemniej przy projektowaniu betonów mrozoodpornych należy mieć na uwadze możliwość pogorszenia tej właściwości przez zastosowanie nieodpowiedniej mączki kamiennej.

Wyraźnie widać, że w większości przeprowadzonych badań zastosowane drobnoziarniste dodatki poprawiły właściwości stwardniałego betonu. Prawdopodobnie jest to w dużej mierze związane z doszczelnieniem struktury betonu poprzez zwiększenie upakowania składników betonu.

6. PODSUMOWANIE

W oparciu o ustawę z dnia 14 grudnia 2012 r. *o odpadach,* istnieje realna możliwość przekwalifikowania drobnoziarnistych odpadów mineralnych, powstających przy produkcji kruszyw łamanych na pełnowartościowy produkt, stanowiący kruszywo wypełniające zgodne z normą PN-EN 12620:2013.

Uzyskane w ten sposób wypełniacze będzie można stosować w technologii betonu jako dodatki typu I zgodnie z normą prPN-EN 206-1:2014. Niemniej jednak uzyskane wyniki badań betonów z dodatkami mączek kamiennych wskazują, że należy indywidualnie rozpatrywać możliwości ich zastosowania, zwłaszcza w kontekście trwałości betonu. Przed dopuszczeniem do użycia odpadowych mączek kamiennych, pod dyskusję należy poddać jeszcze ich stopień jednorodności i powtarzalność właściwości. W technologii betonu są to istotne czynniki, mogące zdyskwalifikować możliwość zastosowania potencjalnego składnika do produkcji betonów, zwłaszcza tych specjalnych.

LITERATURA

FABISIAK S., 2013, *Materiały problemowe. Wielomilionowe oszczędności dla elektrowni i kopalni w racjonalnej gospodarce odpadami*, Centrum Informacji o Rynku Energii.
KUNICZUK K., 2011, *Beton architektoniczny – wytyczne techniczne*, Polski Cement.
PN-EN 12620:2013 *Kruszywa do betonu*.
PN-EN 16236:2013 *Ocena zgodności kruszyw.Wstępne badania typu i Zakładowa Kontrola Produkcji*.
prPN-EN 206-1:2014 *Beton. Część 1. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność*.
SZWABOWSKI J., GOŁASZEWSKI J., 2010, *Technologia betonu samozagęszczalnego*, Polski Cement.
Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. *o odpadach*, Dz.U.2013.21.

STONE MEAL AS A ADDITION TO CONCRETE

The ability to reclassify waste on product or of-waste status under the Waste Act of 14 December 2012, can bring tangible benefits to producers of aggregates. The paper examines the possibility of fine-grained mineral mining waste in the form of a meal of stone, as an additive type I in concrete (aggregate filler), and the results of their research in concrete with additives meal stone: melaphyres, basalt and limestone.