

*TERESA WONS**

*MAŁGORZATA NIZIURSKA***

*MICHAŁ WIECZOREK****

*KRZYSZTOF NOSAL*****

Termoizolacyjne zaprawy gipsowe

Zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju coraz częściej pojawiają się na rynku materiałów budowlanych zaprawy budowlane dwu- lub wielofunkcyjne. Zaprawy takie łączą w sobie właściwości użytkowe co najmniej dwóch zapraw o odmiennych cechach lub/i funkcjach. Dobrym przykładem tego rodzaju zapraw są termoizolacyjne zaprawy gipsowe. Odznaczają się one dobrymi parametrami termoizolacyjnymi, zachowują przy tym bardzo korzystne właściwości użytkowe zapraw gipsowych. Celem pracy było opracowanie receptur termoizolacyjnych zapraw gipsowych z wykorzystaniem różnych kruszyw termoizolacyjnych, takich jak: granulaty styropianowy, perlit, wermikulit jako dodatków do gipsu. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że najlepszym przebadanym kruszywem do termoizolacyjnych zapraw budowlanych okazał się perlit. Analizy pozwoliły ustalić optymalny udział tego kruszywa w zaprawach.

1. Wprowadzenie

Tematyką niniejszej pracy są termoizolacyjne zaprawy gipsowe, czyli zaprawy gipsowe dodatkowo odznaczające się zwiększoną termoizolacyjnością. Można zatem uznać, że praca ta wpisuje się w zagadnienie zrównoważonego rozwoju w budownictwie, ponieważ łączy aspekty budownictwa ekologicznego, ekonomicznego, a przy tym przyjaznego człowiekowi. Jednym z głównych zadań termoizolacyjnych zapraw jest zmniejszenie strat ciepłych pomieszczeń, w których zostały zastosowane. Zapewnienie odpowiedniej ochrony termicznej bu-

* Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie.

** Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie.

*** Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie.

**** Mgr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie.

dynków jest wymagane przez różnego rodzaju dokumenty prawne – takie jak Prawo budowlane. Od niedawna obowiązują również tzw. audyty energetyczne, czyli energetyczna charakterystyka budynków. Zmiany w przepisach zastrzegają wymagania cieplne i efektywność energetyczną każdego budynku. Taką specyfikację musi posiadać każdy nowo powstały budynek oddawany do użytku mieszkańców [1]. Właściwości termoizolacyjne omawianych zapraw spełniają zarówno aspekt ekologiczny, jak i ekonomiczny zrównoważonego rozwoju. Natomiast aspekt środowiskowy jest spełniony poprzez zastosowanie gipsu jako spoiwa tych zapraw, ponieważ, jak wiadomo, gips tworzy w pomieszczeniach korzystny mikroklimat. Dzieje się to dzięki posiadanym przez materiały gipsowe zdolnościom regulacji wilgotności. Pochłaniają wilgoć z powietrza, a następnie w bardziej suchym okresie „oddają” ją, wyrównując tym samym poziom wilgotności powietrza. Tworzywa gipsowe charakteryzują się również bardzo niskimi stężeniami pierwiastków promieniotwórczych [2–3].

Wykorzystując wszystkie zalety tworzyw gipsowych oraz dodając do nich kruszywa i dodatki, odznaczające się dobrymi właściwościami termoizolacyjnymi, możemy się spodziewać, że otrzymamy tworzywa będące wyrobami nie dość, że termoizolacyjnymi, ale także posiadającymi korzystne cechy tworzyw gipsowych. I taki też jest cel niniejszej pracy, opracować termoizolacyjne zaprawy gipsowe, mieszając w odpowiednich proporcjach gips budowlany i kruszywa (lub dodatki) termoizolacyjne. Kruszywa, które zostały użyte w eksperymencie to: granulaty styropianowy, perlit, wermikulit o zróżnicowanym uziarnieniu. Gips budowlany pochodzi od jednego z wiodących producentów gipsu w Polsce.

2. Część badawcza

Część doświadczalna niniejszej pracy polegała na skomponowaniu zapraw zawierających gips budowlany jako spoiwo z różnymi dodatkami kruszyw termoizolacyjnych. Zachowano następującą zasadę: stosunek objętościowy gipsu budowlanego do wody zawsze pozostaje na stałym poziomie i wynosi 1:1.

Pierwszym etapem eksperymentu było przeprowadzenie badań samego gipsu budowlanego. W drugim etapie oznaczono cechy fizyczne stosowanych kruszyw i dodatków (granulatu styropianowego). Ostatni etap wiąże wcześniejsze etapy i dotyczy badań zapraw gipsowych z różnego typu dodatkami kruszyw i dodatków termoizolacyjnych.

2.1. Badania gipsu budowlanego

Wszystkie oznaczenia gipsu przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 13279-2:2009 Spoiwa gipsowe i tynki gipsowe. Część 2. Metody badań [4]. Oznaczono następujące parametry gipsu:

- normowy stosunek wodno-spoiwowy,
- początek czasu wiązania,
- wytrzymałości na zginanie i ściskanie przy współczynniku wodno-spoiwowym normowym, oraz dla $w/s = 1$.

W tabeli 1 podano wyniki oznaczeń, które są średnią z trzech oznaczeń każdego parametru gipsu. Wyjątkiem jest wynik wytrzymałości na ściskanie, który został oznaczony na 6 próbkach.

T a b e l a 1

Wyniki oznaczeń parametrów gipsu budowlanego

Parametr		Wynik (średnia)
Normowy stosunek wodno-spoiwowy		0,63
Początek czasu wiązania [min]		14
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	w/s = 0,63	22,83
	w/s = 1	5,45
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	w/s = 0,63	5,93
	w/s = 1	2,46

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Z przeprowadzonych oznaczeń wynika, że podwyższenie stosunku wodno-spoiwowego spowodowało znaczne obniżenie parametrów mechanicznych badanego gipsu budowlanego. W przypadku komponowania zapraw gipsowych podwyższenie współczynnika w/s jest jednak koniecznością dla zachowania odpowiedniej ich urabialności.

2.2. Badania kruszyw i dodatków termoizolacyjnych

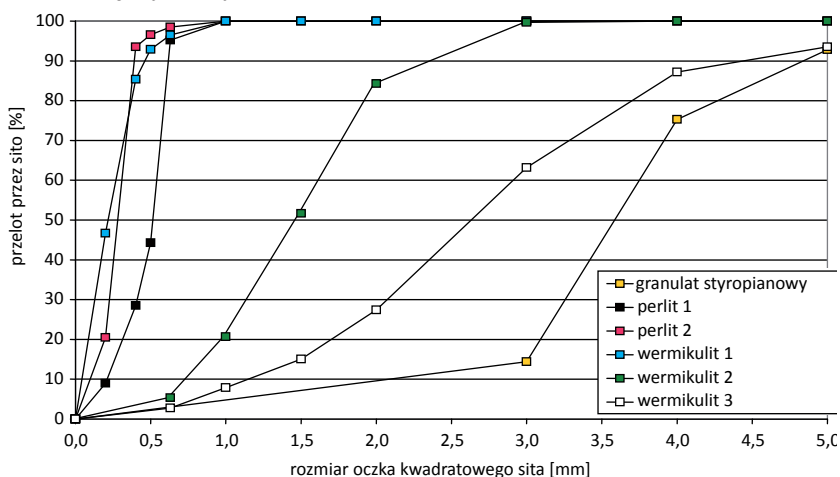
Dokonano opisu makroskopowego oraz oznaczenia zastosowanych w eksperymencie kruszyw i dodatków termoizolacyjnych:

- **granulat styropianowy** – lekkie mocno porowate białe kulki, które są produktem spienionego parą wodną polistyrenu (styropianu) z dodatkiem eteru naftowego (porofofor),
- **perlit 1** – perlit ekspandowany (spęczniały) o białych ziarnach wielkości ok. 0,5 mm. Nazwa handlowej: Perlityn 40 firmy Rowis Polska,
- **perlit 2** – perlit ekspandowany odpadowy, o białych ziarnach tworzących podziarno właściwych frakcji perlitu,
- **wermikulit 1** – wermikulit ekspandowany o bardzo drobnych ziarnach, barwy brązowej z charakterystycznym złotym połyskiem,

– **wermikulit 2** – wermikulit ekspandowany o ziarnach wielkości średnio 1–2 mm, barwy ciemnobrązowej, również posiadające charakterystyczny złoty połysk,

– **wermikulit 3** – wermikulit ekspandowany o najgrubszych ziarnach wśród wermikulitów, barwy ciemnobrązowej z charakterystycznym złotym połyskiem.

Skład ziarnowy badanych kruszyw i dodatków termoizolacyjnych przeprowadzono za pomocą analizy sitowej. Dobrano sита o rozmiarze oczka kwadratowego sита (w milimetrach): 0,2; 0,4; 0,5; 0,63; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0. Wyniki oznaczeń składu ziarnowego przedstawiono w wykresie skumulowanego rozkładu ziaren mniejszych (ryc. 1).



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1. Skumulowany rozkład ziaren. Przełot przez sito

Określenie gęstości objętościowej (nasykowej) polegało na umieszczeniu w pojemniku normowym równym 1 dm³ badanych materiałów i zważeniu. W czasie napełniania pojemnika kruszywem nie stosowano ubijania. Procedura ta została powtórzona 3 razy dla każdego materiału, a wyniki przedstawione w tabeli 2 są wynikami średnimi.

Tabela 2

Gęstość nasykowa kruszyw i dodatków termoizolacyjnych

Materiał	Gęstość objętościowa (nasykowa) [g/dm ³]
Granulat styropianowy	15,8
Wermikulit 1	264,6
Wermikulit 2	157,1
Wermikulit 3	126,5
Perlit 1	95,1
Perlit 2	78,4

Źródło: Jak w tab. 1.

2.3. Badania zapraw gipsowych z dodatkami termoizolacyjnymi

Kolejnym etapem doświadczenia było skomponowanie mieszanek gipsowych z dodatkami termoizolacyjnymi. W tym celu przyjęto zasadę, aby stosować następujące stosunki objętościowe (gips:kruszywo:woda) 2:1:2, 1:1:1, 2:3:2, 1:2:1. Wykorzystując powyższą zasadę co do ilości poszczególnych składników, skomponowano mieszanki. Po dokładnej homogenizacji kruszywa i gipsu budowlanego, mieszaninę zarobiono z wodą, by przeprowadzić badania wytrzymałościowe. Na wysuszonych beleczkach oznaczono również gęstości objętościowe stwardniałych zapraw gipsowych. Gęstości te posłużyły do oszacowania przewodności cieplnej według PN-EN 1745:2004 [5].

W tabelach 3–5 zestawiono wyniki oznaczeń wytrzymałości na ściskanie i zginanie, gęstości objętościowej oraz szacunkową przewodność cieplną dla różnych stosunków objętościowych składników zapraw i rodzaju kruszywa, dla gipsu szacunkowa przewodność cieplna wynosi $0,281\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Zaprezentowane wyniki są średnimi z trzech oznaczeń (wytrzymałość na ściskanie – 6 oznaczeń). Na rycinach 2–9 przedstawiono wykresy słupkowe wytrzymałości na ściskanie i zginanie zapraw z udziałem termoizolacyjnych kruszyw i dodatków.

Tabela 3

Parametry stwardniałych zapraw gipsowych z granulatem styropianowym

Stosunek gips:dodatek:woda	Parametr			
	wytrzymałość na zginanie [MPa]	wytrzymałość na ściskanie [MPa]	gęstość objętościowa [kg/m ³]	przewodność cieplna w 50% wilgotności względnej [W/(m·K)]
2:1:2	1,90	4,45	720	0,191
1:1:1	1,48	2,66	620	0,150
2:3:2	0,73	1,47	460	0,111
1:2:1	0,82	1,76	480	0,114

Źródło: Jak w tab. 1.

Tabela 4

Parametry stwardniałych zapraw gipsowych z perlitami

Stosunek gips:dodatek:woda	Parametr			
	wytrzymałość na zginanie [MPa]	wytrzymałość na ściskanie [MPa]	gęstość objętościowa [kg/m ³]	przewodność cieplna w 50% wilgotności względnej [W/(m·K)]
Perlit 1				
2:1:2	1,98	3,97	760	0,211
1:1:1	1,64	3,57	680	0,172
2:3:2	1,57	3,07	610	0,148
1:2:1	1,54	3,14	570	0,136

cd. tab. 4

Stosunek gips:dodatek:woda	Parametr			
	wytrzymałość na zginanie [MPa]	wytrzymałość na ściskanie [MPa]	gęstość objętościowa [kg/m ³]	przewodność cieplna w 50% wilgotności względnej [W/(m·K)]
Perlit 2				
2:1:2	2,19	4,60	800	0,233
1:1:1	2,16	4,83	750	0,205
2:3:2	2,51	6,09	720	0,190
1:2:1	2,52	5,72	700	0,181

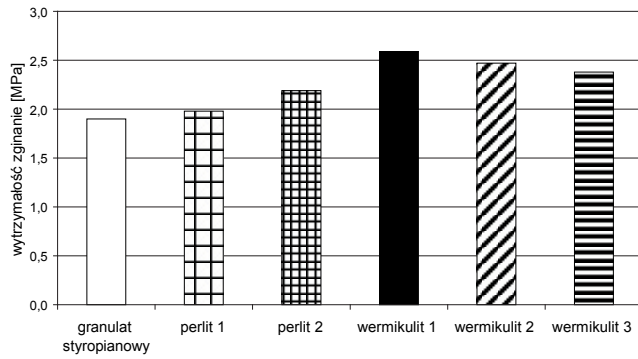
Źródło: Jak w tab. 1.

Tabela 5

Parametry stwardniałych zapraw gipsowych z wermikulitami

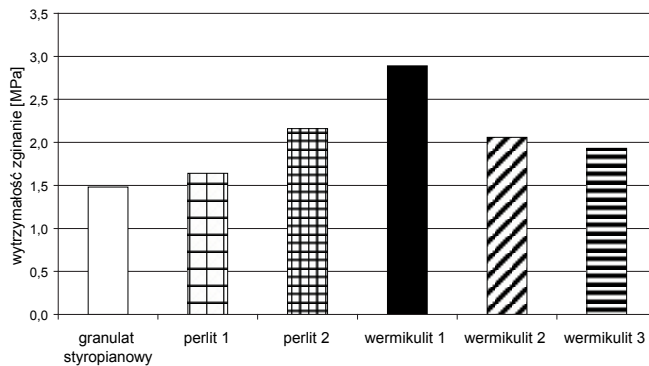
Stosunek gips:dodatek:woda	Parametr			
	wytrzymałość na zginanie [MPa]	wytrzymałość na ściskanie [MPa]	gęstość objętościowa [kg/m ³]	przewodność cieplna w 50% wilgotności względnej [W/(m·K)]
Wermikulit 1				
2:1:2	2,59	5,38	860	0,270
1:1:1	2,89	6,04	850	0,267
2:3:2	2,71	6,69	850	0,262
1:2:1	2,93	6,34	850	0,263
Wermikulit 2				
2:1:2	2,47	4,61	820	0,245
1:1:1	2,06	3,55	800	0,230
2:3:2	2,13	3,79	780	0,222
1:2:1	2,10	3,19	740	0,200
Wermikulit 3				
2:1:2	2,38	4,77	830	0,249
1:1:1	1,93	3,34	800	0,233
2:3:2	1,72	3,09	750	0,202
1:2:1	1,73	2,70	730	0,195

Źródło: Jak w tab. 1.



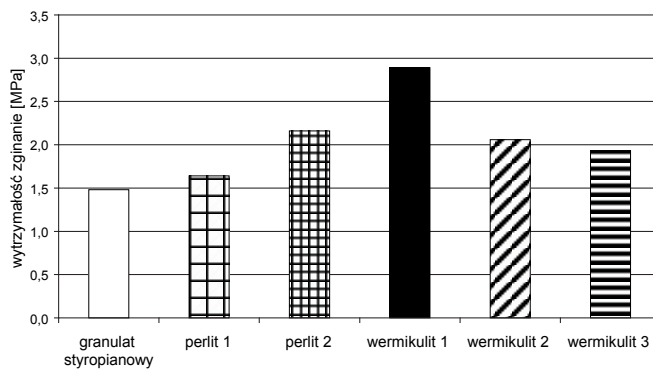
Źródło: Jak w ryc. 1.

Ryc. 2. Wytrzymałości na zginanie zapraw gipsowych z udziałem objętościowym w stosunku (gips:kruszywo:woda) 2:1:2



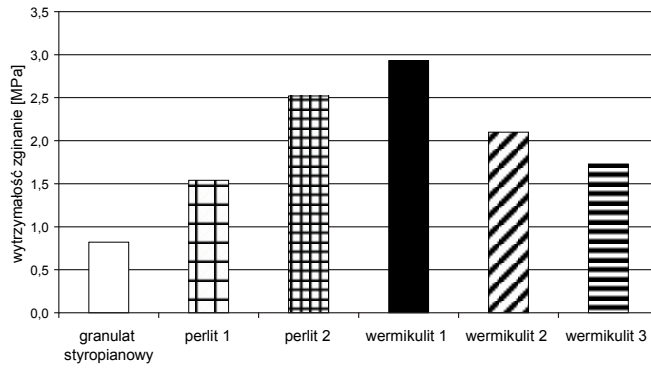
Źródło: Jak w ryc. 1.

Ryc. 3. Wytrzymałości na zginanie zapraw gipsowych z udziałem objętościowym w stosunku (gips:kruszywo:woda) 1:1:1



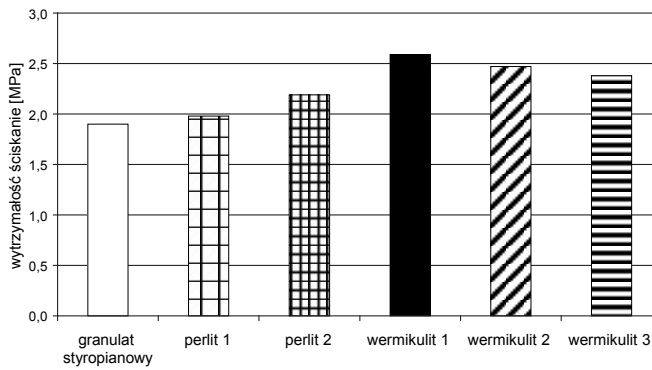
Źródło: Jak w ryc. 1.

Ryc. 4. Wytrzymałości na zginanie zapraw gipsowych z udziałem objętościowym w stosunku (gips:kruszywo:woda) 2:3:2



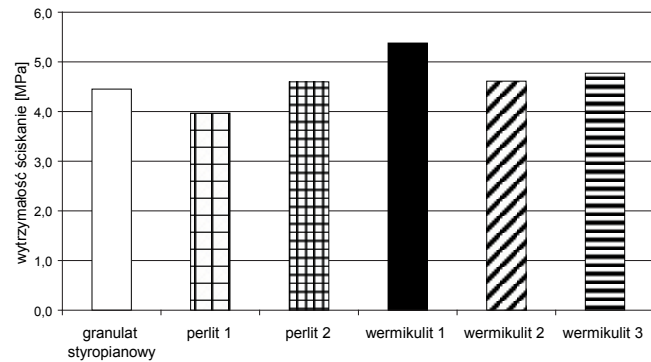
Źródło: Jak w ryc. 1.

Ryc. 5. Wytrzymałości na zginanie zapraw gipsowych z udziałem objętościowym w stosunku (gips:kruszywo:woda) 1:2:1



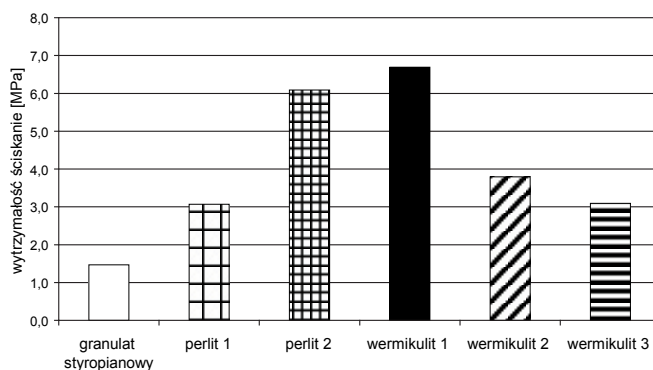
Źródło: Jak w ryc. 1.

Ryc. 6. Wytrzymałości na ściskanie zapraw gipsowych z udziałem objętościowym w stosunku (gips:kruszywo:woda) 2:1:2



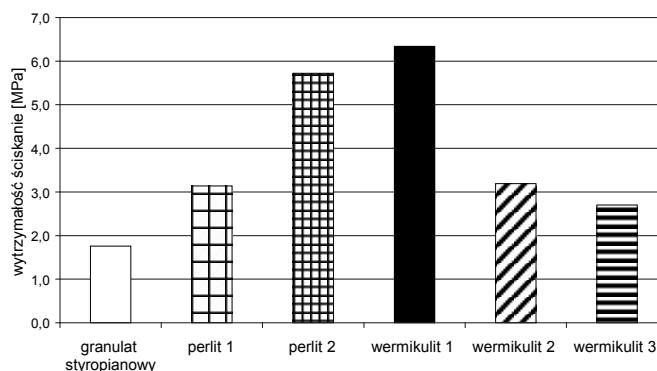
Źródło: Jak w ryc. 1.

Ryc. 7. Wytrzymałości na ściskanie zapraw gipsowych z udziałem objętościowym w stosunku (gips:kruszywo:woda) 1:1:1



Źródło: Jak w ryc. 1.

Ryc. 8. Wytrzymałości na ściskanie zapraw gipsowych z udziałem objętościowym w stosunku (gips:kruszywo:woda) 2:3:2



Źródło: Jak w ryc. 1.

Ryc. 9. Wytrzymałości na ściskanie zapraw gipsowych z udziałem objętościowym w stosunku (gips:kruszywo:woda) 1:2:1

3. Podsumowanie

Dodatek granulatu styropianowego z punktu widzenia szacunkowej przewodności cieplnej sprawia wrażenie, iż jest korzystnym dodatkiem. Należy jednak zauważyć, że granulát styropianowy bardzo ciężko ujednorodnić (wymieszać) w całej objętości zaprawy. Równie trudno jest zaformować z tej zaprawy kształtki o określonych wymiarach, gdyż granule powodują niekorzystną sprężystość. Wyniki wytrzymałości mechanicznej (zginania i ściskania) w tym wypadku obarczone są dużym błędem, wynikającym z sedymentacją gipsu i wypierania znacznie lżejszych granul styropianu na powierzchnie formowanych kształtek.

Badane perlity są dobrym wypełniaczem gipsu, jednocześnie poprawiają one szacunkową przewodność cieplną. Porównując badane perlity można zauważyć, że

perlit „1” powoduje większy spadek wytrzymałości mechanicznej (dochodzący do 35% przy największych dodatkach w stosunku do gipsu budowlanego), poprawiając przy tym szacunkową przewodność cieplną (dwukrotny spadek parametru). Natomiast perlit „2” przy największych dodatkach powoduje nieznaczny wzrost wytrzymałości mechanicznych w stosunku do gipsu wyjściowego. W tym wypadku również można zauważyć poprawę szacunkowej przewodności cieplnej zapraw, jednakże mniejszą niż dla perlitu „1”. Najbardziej optymalnym dodatkiem dla obu badanych perlitów ze względu na parametry świeżych i stwardniałych zapraw jest udział objętościowy składników (gips:perlit:woda) 2:3:2.

Już podczas formowania zapraw można było zauważyć, że w dodatkach objętościowych (gips:wermikulit:woda) 2:1:2 dla wermikulitów oznaczonych jako „2” i „3” (gruboziarnistych) następuje sedymentacja gipsu i wypieranie tych wermikulitów. Podobnego efektu nie zaobserwowano w stosunku do wermikulitu „1” i przy większych dodatkach wszystkich omawianych wermikulitów. Wszystkie wermikulity powodują brunatny kolor zapraw, który nie daje satysfakcjonujących efektów estetycznych. Odnosząc się do parametrów mechanicznych stwardniałych zapraw z udziałem wermikulitów „2” i „3”, należy zauważyć niewielki spadek ich wytrzymałości, a przy dodatku wermikulitu 1 nawet wzrost wytrzymałości w stosunku do wyjściowego gipsu budowlanego. Mniejsze są jednak korzyści (w stosunku do perlitów) w szacunkowej przewodności cieplnej. Wermikulity w stosunku do perlitów powodują większe zapotrzebowanie wodne zapraw, a zaprawy z dużym ich udziałem miały zbyt suchą konsystencję.

4. Wnioski

1. Granule styropianowe przy badanych recepturach zapraw gipsowych i zastosowanym sposobie homogenizacji nie są pożądanym dodatkiem termoizolacyjnym zapraw gipsowych.
2. Perlity wymienione w niniejszej pracy są najlepszym z omawianych dodatków termoizolacyjnych, biorąc pod uwagę zarówno parametry świeżych, jak i stwardniałych zapraw.
3. Najbardziej optymalny dodatek perlitów jest w stosunku objętościowym 2:3:2. (gips:perlit:woda).
4. Wermikulity wywołują pożądane spadki szacowanej przewodności cieplnej, jednakże ich zastosowanie powoduje niekorzystne zmiany w świeżych zaprawach gipsowych: wzrost wodożądności, sedymentację gipsu, pogorszenie walorów estetycznych.
5. Ostateczny skład gipsowych zapraw z dodatkiem kruszyw termoizolacyjnych wymaga znacznej optymalizacji (dodatki chemiczne) w celu poprawy urabialności, zmniejszenia współczynnika wodno-spoiwowego, poprawy lepkości itp.

Literatura

- [1] S a w i c k i J., *Ochrona cieplna budynków w ujęciu prawnym*, „Izolacje” 2010, nr 6, s. 88–90.
- [2] O s i e c k a E., *Gips dawniej i dziś*, „Materiały Budowlane” 1998, nr 10.
- [3] W y s z o m i r s k i P., G a l o s K., *Surowce mineralne i chemiczne przemysłu ceramicznego*, Wydawnictwo AGH, Kraków 2007.
- [4] PN-EN 13279-2:2009 Spoiwa gipsowe i tynki gipsowe. Część 2. Metody badań.
- [5] PN-EN 1745:2004 Mury i wyroby murowe. Metody określania obliczeniowych wartości cieplnych.

TERESA WONS
MAŁGORZATA NIZIURSKA
MICHAŁ WIECZOREK
KRZYSZTOF NOSAL

THE GYPSUM HEAT-INSULATING MORTARS

In accordance with principles of Sustainable Development increasingly are produce mortar of bi- or multi-functional. These mortars combine useful properties of at least two mortars with different characteristics and/or functions. Gypsum heat-insulating mortars are a good example of this type are mortars. These type of mortars are characterized by good thermal insulation parameters and maintain very favorable properties of gypsum mortars. The aim of this research was to prepare recipes of gypsum heat-insulating mortars using different heat-insulating aggregates such as: styrofoam pellets, perlite, vermiculite. Results of this study show that the best aggregate for the gypsum heat-insulating mortar is perlite.