



Właściwości kompozytów gipsobetonowych z wypełniaczami organicznymi w postaci mieszanki trocinowo-wiórowej

Katarzyna Regulska¹

STRESZCZENIE:

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań niepełnych oraz pełnych gipsobetonów z wypełniaczem stanowiącym mieszankę trocinowo-wiórową. Głównym celem przeprowadzonych badań było ustalenie wpływu składu mieszanek kompozytów oraz sposobu przygotowania wypełniacza na jakość kompozytów, w szczególności na ich cechy wytrzymałościowe. Wykazano, że zastosowanie mieszanki trocin i wiórów może stanowić alternatywne rozwiązanie do znanego z literatury zastosowania trocin jako wypełniacza kompozytów gipsobetonowych. Właściwości fizyczne i mechaniczne kompozytów z tymi wypełniaczami organicznymi spełniają wymagania normy branżowej.

SŁOWA KLUCZOWE:

budownictwo; gipsobeton; kompozyt; wypełniacze organiczne

1. Wprowadzenie

W pracy przedstawiono wyniki badania właściwości fizycznych i mechanicznych kompozytów gipsobetonowych z wypełniaczami organicznymi w postaci mieszanki trocinowo-wiórowej. Celem przeprowadzonych badań było określenie cech wytrzymałościowych i termicznych kompozytów po dodaniu określonego wypełniacza organicznego. Istotne było ustalenie składu mieszanek gipsobetonowych oraz sposób przygotowania wypełniacza. Założono, że na kształtowanie się cech fizykomechanicznych gipsobetonów istotny wpływ ma proces mineralizacji wypełniaczy organicznych. Poza zabezpieczeniem przed korozją biologiczną proces ten ułatwia zagęszczanie mieszanek w czasie formowania próbek do badań laboratoryjnych. Zastosowana mieszanka trocinowo-wiórowa gwarantuje kompozytom korzystne cechy techniczne odpowiadające wymaganiom normy branżowej dla gipsobetonów trocinowych [1]. Zbadano także radioaktywność naturalną oraz podatność na korozję biologiczną.

Wykorzystanie surowców odpadowych przemysłu drzewnego jako wypełniacza mieszanek gipsobetonowych stanowi działalność przyjazną dla środowiska naturalnego.

2. Metodologia badań

Ze względu na metodę wykonania różni się gipsobeton wylewane, zalewane i zatapiające [2]. W badaniach kompozytów z wypełniaczem w postaci mieszanki trocinowo-wiórowej zastosowano metodę pierwszą, która daje większe możliwości badawcze przy ustalaniu zależności cech stwardniałych kompozytów od składu i właściwości fizycznych mieszanek gipsobetonowych. Sposób ten gwarantuje również bardziej równomierny rozkład cząstek wypełniacza kompozytu [3, 4].

¹ Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42-218 Częstochowa, e-mail: katarzyna.regulska@pcz.pl, orcid id: 0000-0002-7966-7048

Jako wypełniacz zastosowano mieszankę trocinowo-wiórową w proporcji składników 1:1. Do przeprowadzenia takich badań skłoniły korzystne właściwości gipsobetonów z oddzielnie stosowanymi wypełniaczami w postaci trocin i wiórów z drewna iglastego [5, 6]. Warunki techniczne dla gipsobetonów trocinowych ustalono w normie branżowej [1].

Wychodząc z uwarunkowań normowych [1], przygotowano próbki gipsobetonów do badań niepełnych i pełnych według następującego schematu:

- a) próbki - beleczki 4 x 4 x 16 cm do badań niepełnych,
- b) próbki - kostki 10 x 10 x 10 cm do badań pełnych.

Zarówno trociny, jak i wióry zostały odpowiednio przygotowane. Przesiano je przez sita o oczkach 6 oraz 1 mm w celu eliminacji frakcji zarówno grubszych, jak i najdrobniejszych. Wspomniana norma branżowa dopuszcza stosowanie frakcji trocin max do 10 mm, lecz ze względu na wielkość próbek do badań przyjęto wartość mniejszą.

Konsystencja zaczynu gipsowego dla próbek wahała się od ciekłej do gęstoplastycznej w zależności od rodzaju wypełniacza i od stosunku wodno-gipsowego. Dobór konsystencji uzależniono od warunków formowania i zagęszczania próbek. W badaniach konsystencji założono stałą ilość gipsu (300 g) i wypełniacza (30 g), a jedynie ilość wody była różna. Ma to odbicie w wartości wskaźnika wodno-gipsowego.

Zakres badań niepełnych obejmował:

- wytrzymałość na zginanie w aparacie Michaelisa;
- wytrzymałość na ściskanie na połówkach beleczek na prasie laboratoryjnej typu PLH-12/4-WK-54;
- gęstość pozorną w stanie powietrzno suchym i po wysuszeniu do stałej masy.

Dla pełniejszej oceny jakości gipsobetonów z wypełniaczami organicznymi wykonano również rozszerzone badania (pełne) na próbkach - kostkach 10 x 10 x 10 cm. Zbadano nasiąkliwość masową, współczynnik rozmiękania i współczynnik przewodności cieplnej.

Współczynniki przewodności ustalono na próbkach krążkach o średnicy 10 cm i grubości 2 cm w tzw. „lambdomierzu” (kompaktowy zespół do pomiaru współczynnika lambda).

Próbki gipsobetonów formowano z mieszanek zawierających wypełniacze z mieszanki trocinowo-wiórowej w stosunku 1:1 bez stosowania mineralizacji. Był to materiał wyjściowy do dalszych badań porównawczych z serią próbek zawierających materiał organiczny mineralizowany CaCl₂ oraz Ca(OH)₂. Do mineralizacji użyto pięcioprocentowych roztworów wodnych chlorku wapnia i wodorotlenku wapnia. Zastosowano powszechnie przyjęty sposób mineralizacji, traktując te roztwory jako wodę zarobową.

Wyniki badań zestawiono w tabelach 1-4, przy czym w pierwszej z nich podano właściwości gipsobetonów z wypełniaczami niemineralizowanymi w postaci mieszanki trocinowo-wiórowej. W tabelach 2-4 zestawiono wyniki badania próbek gipsobetonów z wypełniaczami mineralizowanymi wodorotlenkiem wapnia oraz chlorkiem wapnia. W tabelach tych zamieszczono również wyniki badań wytrzymałości na ściskanie celem bardziej kompletnego obrazu jakości tych kompozytów.

Tabela 1

Wyniki badań pełnych próbek gipsobetonowych z niemineralizowanymi wypełniaczami organicznymi

Nr receptury technologicznej	Rodzaj wypełniacza organicznego	Ilość wypełniacza w stosunku do masy gipsu [% masowy]	$\frac{W}{G}$	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Nasiąkliwość masowa [%]	Współczynnik rozmiękania	Współczynnik przewodności cieplnej $\left[\frac{W}{lm \cdot deg}\right]$
1	2	3	4	5	6	7	8
I	trociny + wióry	12	0.8	4.70	43	0.30	0.46
II		15	0.9	3.40	49	0.29	0.50
III		20	1.0	3.30	54	0.30	0.45

W przypadku wypełniaczy organicznych nieminerlizowanych określono istniejące zależności między ilością wypełniacza a wytrzymałością na ściskanie tworzyw. Ustalono przede wszystkim, że można zwiększyć znacznie ilość wypełniacza w stosunku do warunków normowych (określonych jedynie dla gipsobetonów trocinowych) [1].

Tabela 2

Wyniki badań pełnych próbek gipsobetonowych z mineralizowanymi wypełniaczami organicznymi

Nr receptury	Rodzaj wypełniacza organicznego	Ilość wypełniacza w stosunku do masy gipsu [% masowy]	$\frac{W}{G}$	Rodzaj mineralizatora	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Nasiąkliwość masowa [%]	Współczynnik rozmiękania	Współczynnik przewodności cieplnej [$\frac{W}{lm \cdot deg}$]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	trociny + wióry	20	0.7	Ca(OH) ₂	4.3	37	0.30	0.53
2		12	0.8		4.5	38	0.42	0.58
3		15	0.9		3.9	45	0.36	0.50
4		20	0.9		4.4	38	0.41	0.55
5		20	1.0		3.6	45	0.35	0.45
6		CaCl ₂	20	0.7	7.1	31	0.45	0.40
7			12	0.8	4.1	47	0.34	0.49
8			15	0.9	3.5	52	0.27	0.38
9			20	0.9	4.4	43	0.30	0.44
10			20	1.0	2.4	48	0.28	0.36

Wyniki badań niepełnych gipsobetonów z wypełniaczami mineralizowanymi zestawiono w tabelach 3 i 4. Współczynnik wodno-gipsowy był zmienny - od 0,7 do 1,0. Uformowano 32 serie próbek - beleczek, przy czym połowa z nich zawierała wypełniacz mineralizowany wodorotlenkiem wapnia (tab. 2), druga część - chlorkiem wapnia (tab. 3).

Tabela 3

Wyniki badań niepełnych próbek gipsobetonów z mineralizowanym Ca(OH)₂ wypełniaczem organicznym w postaci mieszanki trocin z wiórami (1:1)

Nr próbki	Ilość wypełniacza w stosunku do masy gipsu [%]	Rodzaj mineralizatora	$\frac{W}{G}$	Właściwości gipsobetonów w stanie suchym		
				Gęstość pozorna [kg/m ³]	Wytrzymałość na zginanie [MPa]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]
1	2	3	4	5	6	7
1	10	Ca(OH) ₂	0.7	1090	3.4	6.0
2	12		0.7	1091	3.2	7.7
3	15		0.7	1084	3.0	6.5
4	20		0.7	1021	2.8	4.3
5	10	Ca(OH) ₂	0.8	1003	2.8	4.5
6	12		0.8	999	2.6	4.5
7	15		0.8	1032	3.1	4.7
8	20		0.8	1001	2.7	4.0
9	10	Ca(OH) ₂	0.9	888	2.0	3.0
10	12		0.9	913	2.5	4.0
11	15		0.9	911	2.3	3.9
12	20		0.9	925	2.9	4.4
13	10	Ca(OH) ₂	1.0	852	1.8	2.5
14	12		1.0	804	1.6	2.2
15	15		1.0	793	1.6	2.2
16	20		1.0	885	2.2	3.6

Tabela 4

Wyniki badań niepełnych próbek gipsobetonów z mineralizowanym CaCl_2 wypełniaczem organicznym w postaci mieszanki trocin z wiórami (1:1)

Nr próbki	Ilość wypełniacza w stosunku do masy gipsu [%]	Rodzaj mineralizatora	$\frac{W}{G}$	Właściwości gipsobetonów w stanie suchym		
				Gęstość pozorna [kg/m ³]	Wytrzymałość na zginanie [MPa]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]
1	2	3	4	5	6	7
17	10	CaCl_2	0.7	1019	2.7	4.7
18	12		0.7	1025	2.9	5.6
19	15		0.7	1044	3.5	6.0
20	20		0.7	1079	3.6	7.1
21	10	CaCl_2	0.8	918	2.1	3.3
22	12		0.8	930	2.2	4.1
23	15		0.8	960	2.6	4.5
24	20		0.8	1027	3.3	6.7
25	10	CaCl_2	0.9	839	1.7	2.4
26	12		0.9	831	1.6	3.0
27	15		0.9	867	2.3	3.5
28	20		0.9	917	2.4	4.4
29	10	CaCl_2	1.0	820	1.2	1.0
30	12		1.0	825	1.5	1.6
31	15		1.0	810	1.6	2.0
32	20		1.0	843	2.0	2.4
"0"	-	Próbka z samego zaczynu gipsowego	0.65	1136	4.8	7.6

Porównując wyniki badań zestawionych w tabelach 3 i 4, można dojść do wniosku, że w przypadku obu mineralizatorów gęstość pozorna obniża się wraz ze wzrostem stosunku W/G . Maksymalna jej wartość wynosi 1091 kg/m³, a minimalna 793 kg/m³. Warunek minimalnej wytrzymałości na ściskanie - 3 MPa jest zachowany w przypadku utrzymania wskaźnika wodno-gipsowego w granicach 0,7÷1,0.

3. Podsumowanie

Gipsobeton z wypełniaczem w postaci mieszanki trocinowo-wiórowej niemineralizowanej posiadają zadowalającą wytrzymałość na ściskanie (4,7÷3,3 MPa), która maleje ze wzrostem ilości wypełniacza i wzrostem współczynnika wodno-gipsowego. Współczynnik rozmiękania w granicach 0,3 można uznać za zadowalający. Nasiąkliwość waha się w granicach 43÷54% masowych.

Szczegółowe wyniki badań omawianych gipsobetonów zawierających mineralizowaną wodorotlenkiem wapnia mieszankę trocinowo-wiórową w ilości 12÷20% w stosunku do masy gipsu wykazują dość wysoką wytrzymałość na ściskanie (3,6÷4,5 MPa) oraz stosunkowo niską nasiąkliwość, w większości przypadków poniżej 40%.

Współczynnik rozmiękania prawie we wszystkich przypadkach jest zgodny z wymaganiami normy [1] i wynosi 0,35÷0,42, a jedynie sporadycznie 0,30.

W przypadku gipsobetonów zawierających mineralizowaną chlorkiem wapnia mieszankę trocinowo-wiórową uzyskuje się również zadowalającą wytrzymałość na ściskanie. Jedynie po zastosowaniu wskaźnika wodno-gipsowego równego 1,0 wytrzymałość spada poniżej 3 MPa. Współczynnik rozmiękania jest nieco niższy niż w poprzednim przypadku i waha się od 0,28

do 0,45. Omawiane gipsobetony wykazują współczynnik przewodności cieplnej o wartości zbliżonej do gipsobetonów z wypełniaczami niemineralizowanymi, z tym że w przypadku mineralizacji chlorkiem wapnia wartości te są niższe niż po zastosowaniu wodorotlenku wapnia (tab. 2).

Podsumowując, należy stwierdzić jednoznacznie, że najkorzystniejszym wypełniaczem organicznym spośród przebadanych jest mieszanka trocinowo-wiórowa mineralizowana wodorotlenkiem wapnia. Niezależnie od wskaźnika wodno-gipsowego wszystkie parametry obowiązującej normy [1] nie odbiegają wiele od jej wymagań. Biorąc pod uwagę charakter wypełniacza, należy sądzić, że takie drobne odstępstwa są możliwe do zaakceptowania [7]. Na szczególnie podkreślenie zasługuje tu możliwość zastosowania dwukrotnie większej ilości wypełniacza bez większego uszczerbku na jakości kompozytów. W związku z tym możliwa jest też realna oszczędność spoiwa gipsowego przy projektowaniu takich kompozytów.

4. Wnioski

Na podstawie analizy wyników badań gipsobetonów z różnymi wypełniaczami można sformułować niżej przedstawione wnioski. Przede wszystkim wykazano, że oprócz trocin mogą być także wykorzystywane inne wypełniacze. Stosowanie mineralizacji trocin nie wpływa bezpośrednio na polepszenie parametrów technicznych gipsobetonów, chociaż współczynniki korelacji wskazują na istnienie lepszej zależności zmiennych po tym zabiegu [5, 6]. W przypadku wiórów udział ich w mieszankach gipsobetonowych należy ocenić pozytywnie, przy czym wypełniacz ten powoduje zwiększenie wytrzymałości na zginanie próbek, często przekraczające wartość wytrzymałości na ściskanie. Wytrzymałość na ściskanie gipsobetonów maleje wraz ze wzrostem ilości wypełniaczy organicznych oraz ze wzrostem współczynnika wodno-gipsowego [5, 6, 8].

W przypadku wiórów mineralizowanych stwierdzono wyraźny spadek wytrzymałości na zginanie w porównaniu z próbkami poprzednimi (bez mineralizacji). Wzrasta natomiast wytrzymałość na ściskanie, szczególnie przy utrzymywaniu niskich wartości wskaźnika wodno-gipsowego ($0,7 \div 0,8$). Przy zwiększeniu ilości wypełniacza do 31% w stosunku do masy gipsu wytrzymałość na ściskanie nie spada poniżej granicznej wartości 3 MPa, nawet przy zwiększaniu wskaźnika W/G do 0,9. Przy wiórach niemineralizowanych wskaźnik wodno-gipsowy może przekroczyć nawet tę wartość (do 1,0). Mineralizacja wiórów jest zatem zabiegiem korzystnym z uwagi na zwiększenie wytrzymałości na ściskanie elementów gipsobetonowych.

Próbki gipsobetonów zawierające wypełniacze w postaci trocin lub wiórów bądź też mieszankę trocinowo-wiórową cechuje niska gęstość pozorna, z reguły niższa od 1000 kg/m^3 . Ze wzrostem ilości wypełniacza gęstość pozorna obniża się nawet do około 700 kg/m^3 . Po zastosowaniu mineralizacji wypełniacza gęstość pozorna utrzymuje się na jeszcze niższym poziomie ($590 \div 625 \text{ kg/m}^3$), niezależnie od rodzaju zastosowanego środka mineralizującego [5, 6].

Próbki gipsobetonowe z wypełniaczem stanowiącym mieszankę trocinowo-wiórową wykazują wyższe wytrzymałości na zginanie i na ściskanie od próbek uformowanych z mieszanek, w których trociny i wióry były stosowane oddzielnie. Warunkiem utrzymania wytrzymałości na ściskanie powyżej 3 MPa jest zachowanie stosunku wodno-gipsowego w granicach $0,7 \div 0,9$.

Gipsobetony z wypełniaczami organicznymi wykazują niższe współczynniki przewodności cieplnej od stwardniałych zaczynów gipsowych. Wypełniacze organiczne nie stwarzają zagrożenia korozją biologiczną tworzyw gipsowych z uwagi na znikomą ilość mikroorganizmów zachowanych w stwardniałych tworzywach. Omawiane kompozyty mogą być z powodzeniem stosowane w budownictwie do produkcji elementów ściennych oraz w budownictwie wiejskim [7, 9].

Literatura

- [1] BN-87/6735-01. Gipsobetony. Wymagania i badania.
- [2] Gładki J., Kłosak A., Przysiółska-Kłosak D., Samek B., Problemy projektowania systemu budownictwa jednorodzinnego na bazie gipsobetonów odlewanych, XXVI Konf. Nauk. KILiW - PAN, Krynica 1980, t. 5, 67-75.
- [3] Kubiczek M., Elementy ścienne gipsobetonowe z wypełniaczem organicznym w postaci odpadów przemysłu papierniczego (Pr. dypl.), Politechnika Częstochowska, Częstochowa 1989.

- [4] Wojtal E., Materiały wiórowo-trocinowe na spoiwie gipsowym (Pr. dypl.), Politechnika Częstochowska, Częstochowa 1992.
- [5] Regulska K., Repelewicz A., Properties of gypsum composites with sawdust, XII International Scientific Conference "Construction the Formation of Living Environment", IOP Conference Series, Materials Science and Engineering, E3S Web of Conference, vol. 97, 2019.
- [6] Regulska K., Repelewicz A., Properties of gypsum composites with shavings, 4th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planing Symposium WMCAUS, IOP Conference Series, Materials Science and Engineering, 2019.
- [7] Regulska K., Kysiak A., Możliwości wykorzystania gipsobetonów z wypełniaczami organicznymi dla potrzeb budownictwa wiejskiego, VI Konf. Nauk.-Techn., Olsztyn-Kortowo 2003.
- [8] Lewowicki S., Al Roubaie Taha H., Wstępne wyniki badań gipsobetonów z wypełniaczami organicznymi, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 1992, seria Budownictwo 4, 49-57.
- [9] Lewowicki S., Kubiczek M., Badanie możliwości zastosowania gipsobetonów z wypełniaczem organicznym do produkcji elementów ściennych, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 1992, seria Budownictwo 4, 41-47.

Properties of gypsum concrete composites with organic fillers in the form of sawdust and shavings

ABSTRACT:

This work presents the results of incomplete and full gypsum concrete tests with a sawdust and shavings filler. The main purpose of the research was to determine the impact of the composition of composite mixes and the method of preparation of fillers on the quality of composites, in particular on their strength characteristics. It has been shown that the use of a mixture of sawdust and shavings can be an alternative solution to the use of sawdust as a filler in gypsum concrete composites known from the literature. The physical and mechanical properties of composites with these organic fillers meet the requirements of the industry standard.

KEYWORDS:

construction; properties of gypsum; composites; organic fillers