

Mączka wapienna jako aktywny dodatek mineralny do produkcji autoklawizowanego betonu komórkowego

Limestone meal as active mineral additive for production of aerated autoclaved concrete

Słowa kluczowe: ABK, gips, wapień, Kalcyt, tobermoryt, skautyt

Key words: AAC, gypsum, limestone, calcite, tobermorite, scawtite

1. Wprowadzenie

W technologii wytwarzania autoklawizowanych betonów komórkowych [ABK] jest od pewnego czasu stosowany dodatek gipsu, w ilości wynoszącej przeważnie 10 kg/m³ mieszanki betonowej. Pracę poświęconą wpływowi tego dodatku na przemianę fazy C-S-H w tobermoryt na Międzynarodowej Konferencji w Bydgoszczy przedstawili Matsui i in. (1). W pracy tej wykazano, że dodatek gipsu przyspiesza przemianę fazy C-S-H w tobermoryt i zwiększa jego zawartość w betonie komórkowym (1). Matsui i in. (1) stwierdzili także, że inną drogą powstawania tobermorytu jest przemiana katoitu o składzie $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_{3-x}(\text{OH})_{4x}$, przy czym $x = 1,5$ do $3,0$. Prawdopodobnie z tego powodu dodatek Al także przyspiesza powstawanie tobermorytu (1).

Pośród stosunkowo licznych prac poświęconych betonom komórkowym autorom nie udało się natrafić na badania wpływu wzrostu zawartości tobermorytu na właściwości betonów komórkowych. W ogóle zagadnienie wpływu powstawania tobermorytu kosztem C-S-H na wytrzymałość materiałów budowlanych nie ma bogatej literatury.

Można wymienić dwie prace poświęcone temu zagadnieniu, a mianowicie Dyczka (2) oraz Taylora (3). Dyczek (2) zbadał wpływ sumarycznej zawartości dwu ważnych faz C-S-H i 1,1 tobermorytu na wytrzymałość zaprawy po autoklawizacji [rysunek 1]. Natomiast Taylor (3) przedstawił przebieg krzywych wytrzymałości zaczynu jako funkcji jego porowatości i stopnia rozdrobnienia cementu, kwarcu i popiołów lotnych, po autoklawizacji [rysunek 2].

W ostatnich latach zaczęto wysuwać zastrzeżenia dotyczące dodatku gipsu, jako składnika ABK, ze względu na możliwość zanieczyszczenia środowiska siarczanami. Bowiem gips, z uwagi na jego stosunkowo znaczną rozpuszczalność w wodzie, może być źródłem jonów siarczanowych w przypadku usuwania na hałdy odpadów ABK. Opady ABK mogą więc stanowić w tych warunkach

1. Introduction

For a certain period of time in the production of aerated autoclaved concrete [AAC] the addition of gypsum is used, in the quantity equal to 10 kg/m³ of concrete mixture. Matsui et al. (1) had the presentation devoted to this additive during the International Conference in Bydgoszcz. In this work it was shown that the gypsum addition accelerate the transformation of C-S-H in tobermorite and increase the content of this phase in AAC. They found also that the second route of tobermorite crystallization is the transformation of katoite of the composition $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_{3-x}(\text{OH})_{4x}$, and x is in the range from 1.5 to 3.0 (1). Probably for this reason the addition of Al accelerate also the tobermorite addition (1).

Among the relatively numerous papers devoted to AAC the authors could not find the research on the influence of the tobermorite content on the properties of the AAC. Generally, the problem of the influence of the tobermorite formation from C-S-H on the strength of building materials has not reach literature. Two papers can be given treating this problem of Dyczek (2) and Taylor (3). Dyczek(2) the influence of total content of the phases: C-S-H and 1.1 tobermorite on the strength of autoclaved concrete has studied [Fig. 1]. However, Taylor (3) the curves of the paste strength as a function of porosity and fineness of cement, quartz and fly ash after autoclaving has shown [Fig. 2].

In the last years the reservation had been presented concerning the gypsum addition as the AAC component, as the possibility of the environment pollution with sulphates. Since gypsum, as a well soluble in water component, can be the source of sulphate ions in the case of withdrawn on the heaps of the waste from AAC. This waste can be in this condition the potential danger for environment. However, it can be only the exceptionally situations, because the AAC production is giving no waste. Simultaneously the destructed elements of AAC can be again used in the production, if they are not polluted with another materials.

potencjalne zagrożenie dla środowiska. Mogą to być jednak tylko sytuacje wyjątkowe, bowiem produkcja ABK nie jest związana z powstawaniem jakichkolwiek odpadów. Równocześnie zniszczone elementy z betonu komórkowego mogą być powtórnie zastosowane do ich produkcji, o ile nie są zanieczyszczone innymi materiałami.

Ze względu na dyskusyjne głosy dotyczące stosowania gipsu w produkcji ABK rozważono możliwość zastąpienia gipsu innym dodatkiem mineralnym. Wybór padł na dodatek mineralny jakim jest wapień, który jest bardzo łatwo dostępnym materiałem. Jak wiadomo wapień składają się z minerału kalcytu, który przyspiesza reakcję alitu z wodą (4) oraz ułatwia powstawanie fazy C-S-H (5), a więc istniało prawdopodobieństwo, że będzie on również przyspieszał przemianę tej ostatniej w tobermoryt.

2. Materiały i warunki doświadczeń

Zastosowano następujące materiały:

- cement CEM I 42,5 N – HSR/NA,
- wapno palone mielone z Trzuskawicy, T_{60} 2,1 min,
- gips z odsiarczania spalin, bez zanieczyszczeń,
- mączka wapienna z Trzuskawicy o rozdrobnieniu mniejszym od 100 μm ,
- piasek naturalny o rozdrobnieniu mniejszym od 200 μm ,
- pasta Al.

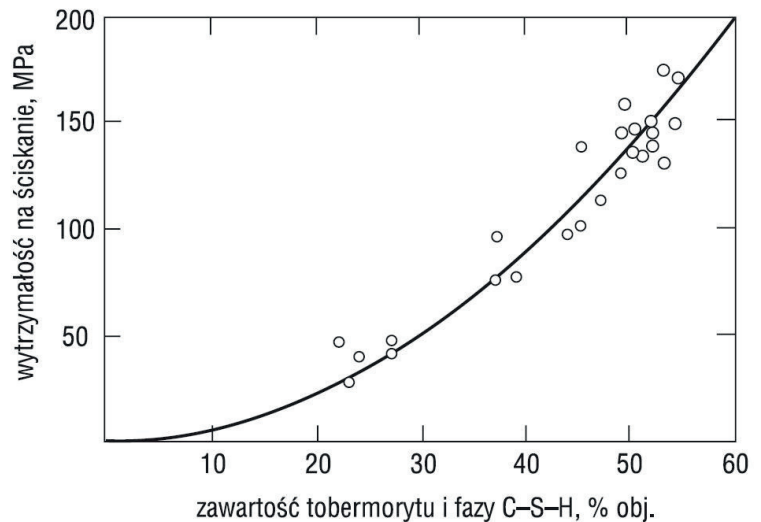
Składy badanych mieszanek betonowych były następujące (kg/m^3):

Mieszanka 1	Mieszanka 2	Mieszanka 3
cement 70 kg	cement 70 kg	cement 70 kg
wapno 70 kg	wapno 70 kg	wapno 70 kg
gips 10 kg	gips 5 kg	gips 0
mączka 0	mączka 5kg	mączka 10 kg
piasek 400 kg	piasek 400 kg	piasek 400 kg
woda 175 kg	woda 175 kg	woda 175 kg
pasta Al 1 kg	pasta Al 1 kg	pasta Al 1 kg

Stosowano formy o wymiarach: beleczki 4 x 4 x 16 cm, kostki 4 x 4 x 4 cm.

Po wypełnieniu form mieszanka dojrzewała przez 4 h w temperaturze 25°C i WW 60%, po czym próbki betonowe rozformowywano, obcinano do równej powierzchni na wysokości formy i umieszczano w autoklawie. W autoklawie panowały warunki pary nasyconej. Wzrost temperatury do 190°C następował w ciągu 3 godzin, utrzymywanie maksymalnej temperatury wynosiło 8 godzin, po czym obniżano temperaturę do 100° w ciągu 2 godzin. Razem autoklawizacja trwała 13 godzin.

Skład fazowy betonu badano rentgenograficznie; po 4 godzinach dojrzewania oraz po autoklawizacji. Wytrzymałość na zginanie i ściskanie mierzono po dwóch dniach przechowywania próbek



Rys. 1. Zależność wytrzymałości betonu autoklawizowanego od sumarycznej zawartości fazy C-S-H i tobermorytu (2)

Fig. 1. The effect of total content of C-S-H and tobermorite on the strength of autoclaved concrete (2)

The critical voices concerning of gypsum application in AAC production, the possibility of gypsum substitution by other mineral additive was taken into consideration. The choice was the limestone, which is easily raw material to reach. As it is known, the limestone contains the calcite mineral, which is accelerating the alite reaction with water and C-S-H formation (4,5). Thus it was the possibility that it will be also accelerating this phase transformation in tobermorite.

2. Materials and experiments condition

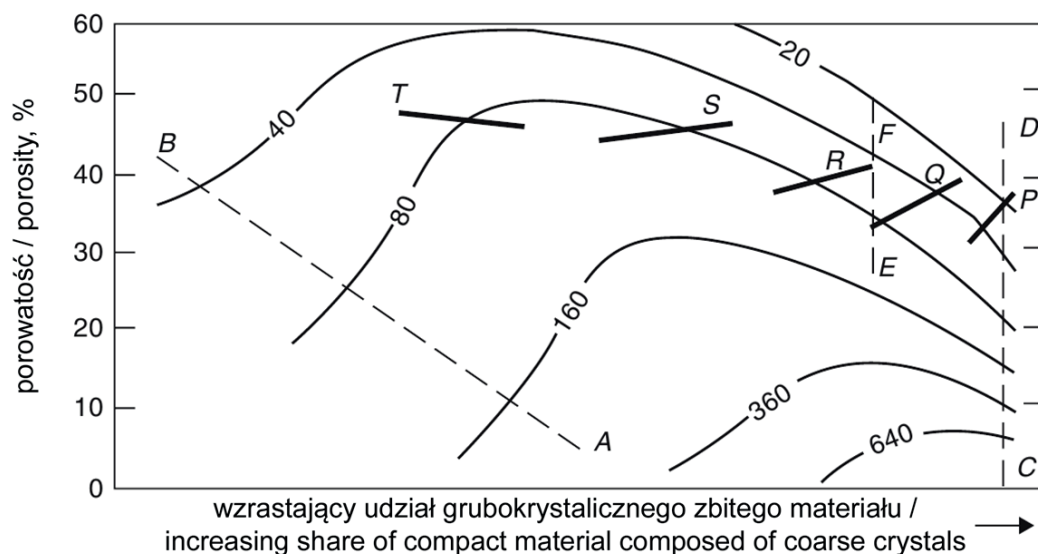
The following materials was applied:

- Portland cement CEM I 42,5 N – HSR/NA,
- Quick lime from Trzuskawica plant, T_{60} 2.1 min,
- Gypsum from gases desulphurization, without pollutions,
- Limestone meal from Trzuskawica, with the fineness under 100 μm ,
- Natural sand of the fineness under 200 μm ,
- Al paste.

The concrete mixes composition were the following [kg/m^3]:

Mixture 1	Mixture 2	Mixture 3
cement 70 kg	cement 70 kg	cement 70 kg
lime 70 kg	lime 70 kg	lime 70 kg
gypsum 10 kg	gypsum 5 kg	gypsum 0
limestone 0	limestone 5kg	limestone 10 kg
sand 400 kg	sand 400 kg	sand 400 kg
water 175 kg	water 175 kg	water 175 kg
Al paste 1 kg	Al paste 1 kg	Al paste 1 kg

The limestone meal was from Trzuskawica deposit, because it is of Devonian period and is relatively reach in calcite.



Rys. 2. Porowatość i wytrzymałość [prosta A – B] grubokrystalicznego materiału (3)

Fig. 2. Porosity and strength [line A – B] of the material composed of coarse crystals (3)

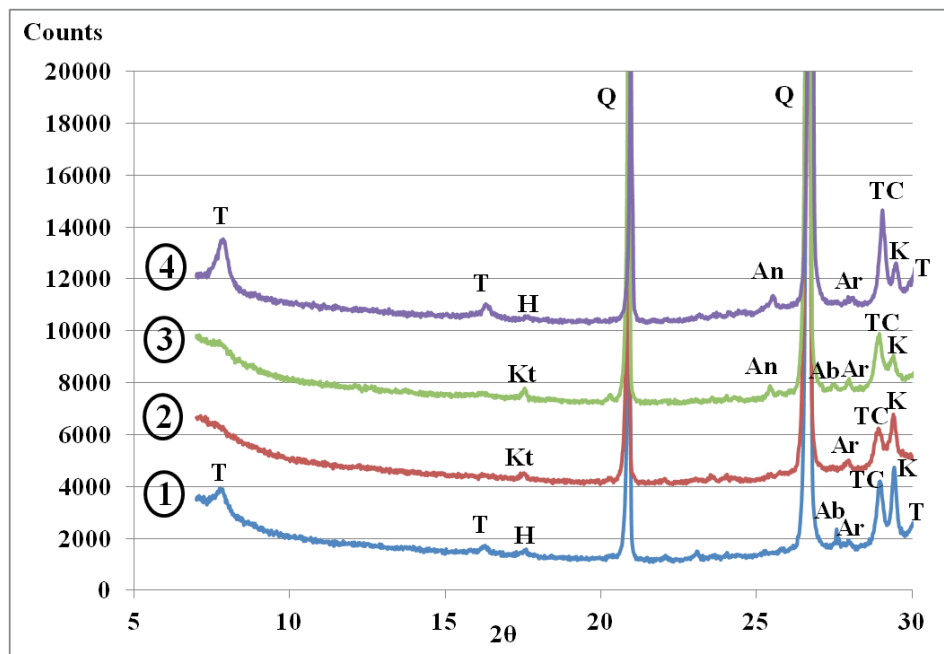
w warunkach laboratoryjnych: temperatura powietrza około 22°C, wilgotność względna około 60%.

Moulds of the dimensions: bars 4x4x16 cm, cubes 4x4x4 cm were used.

3. Wyniki doświadczeń

Badania składu fazowego wykazały, że beton z dodatkiem gipsu (mieszanka 1), po dojrzewaniu w 25°C przez 4 godziny, wykazał dużą zawartość ettringitu, a także portlandytu. Zbliżony skład miała mieszanka 2 (połowa gipsu i połowa mączki wapiennej), natomiast mieszanka 3 (tylko mączka wapienna) bardzo małą zawartość ettringitu i wyraźnie mniej kwarcu.

After moulds feeling the concrete mix was maturing at temperature of 25°C and RH 60% for 4 h and then the samples were demoulded, cut to smooth surface at the mould height and put into autoclave. The atmosphere in autoclave was the saturated water vapour. The increase of temperature to 190°C was achieved after 3 hours and the maximal constant temperature was during 8 hours. Then after the temperature was diminished to 100°C, during 2 hours. The total time of autoclaving was 13 hours.



Rys. 3. Rentgenogramy kilku próbek ABK po autoklawizacji. Oznaczenia: T – tobermoryt, H – C_3AH_6 , Q – kwarc, An – anhydryt, Ar – anortyt, C – C-S-H (I), K – kalcyt, Kt – katolit, Ab – albit. Rentgenogram 4 - inna próbka z mieszanki 1

Fig. 3. XRD patterns of AAC samples after autoclaving. T – tobermorite, H – C_3AH_6 , Q – quartz, An – anhydrite, C – C-S-H (I), K – calcite, Kt – catolite, Ab – albite. XRD pattern 4 - other sample from mixture 1

Po autoklawizacji w mieszance 3, zawierającej tylko dodatek wapienia, występuje słaby refleks tobermorytu [rysunek 3], a w przypadku drugiej próbki o tym samym składzie tylko katolitu. Natomiast w innej próbce 1, zawierającej sam gips występuje silny refleks tobermorytu, obok katolitu, a także słaby pik anhydrytu. W drugiej próbce tej mieszanki widoczne są refleksy katolitu i anhydrytu oraz słabe prążenie, pochodzące od tobermorytu.

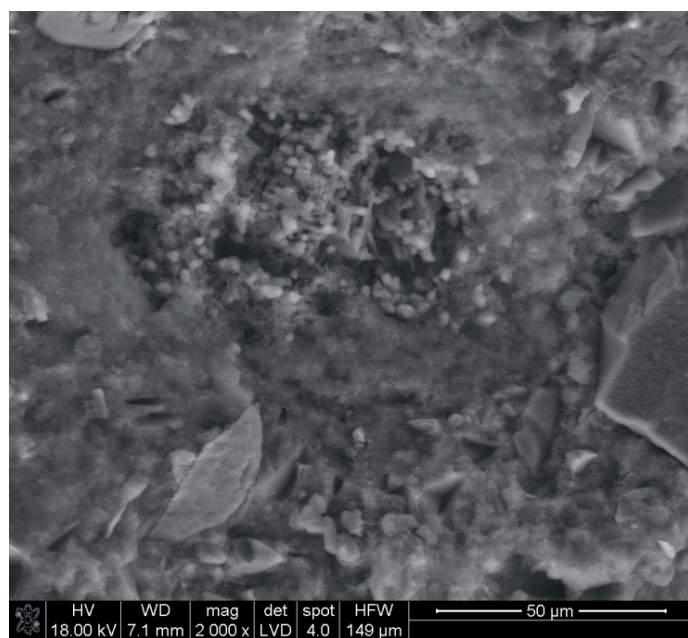
Po autoklawie przede wszystkim mieszanka 1 zawierała znacznie więcej tobermorytu niż mieszanka 3. W żadnej próbce betonu nie było ettringitu, który nie jest trwały w warunkach autoklawizacji.

Gęstość otrzymanych betonów komórkowych była znaczna i wahała się w granicach od 700 do 800 kg/m³.

Małe próbki nie pozwalają na dokładny pomiar wytrzymałości betonu komórkowego, jednak można stwierdzić, że zmierzone wartości nie wykazywały znacznie większych różnic i w przypadku wszystkich trzech rodzajów betonu zawierały się w granicach od 4,0 do 4,5 MPa. Uwzględniając stosunkowo małą dokładność tego pomiaru można przyjąć, że nie było różnic wytrzymałości.

4. Mikrostruktura ABK

Mikrostrukturę próbek z dodatkiem mączki wapiennej z Trzuskawicy po autoklawizacji, jako mikrofotografie widoczne pod elektronowym mikroskopem skaningowym, pokazano na rysunkach 4 – 6. Na rysunku 4 widać skupienie kulistych krystalitów anhydrytu, który pozostał po odwodnieniu gipsu, nietrwałego w warunkach autoklawizacji. Bardzo ładnie wykształcone włókniste formy fazy C-S-H dowodzą, że stanowi ona zasadniczy składnik matrycy w tym betonie i stopień przemiany w tobermoryt nie jest duży. Obecności tobermorytu nie udało się udokumentować. Mikrostruktura



Rys. 4. Mieszanka 1 po autoklawie, skupienie anhydrytu, w środkowej części obrazu

Fig. 4. The mix 1 after autoclaving, the anhydrite conglomerate in the center

The qualitative phase composition of concrete was examined by XRD after four hours of maturing and after autoclaving. The strength was measured after two days of samples maturing in laboratory conditions: at 22°C and RH of about 60%.

3. The results of experiments

The phase examination has shown that the concrete with gypsum addition [mix 1] after maturing 4 hours at 25°C the high content of ettringite and portlandite has shown. The very similar composition has the mix 2; half addition of gypsum and half of limestone meal. However, the mix 3 – only limestone meal, had the very low content of ettringite and clearly lower of quartz.

After autoclaving, in the mix 3, containing only limestones meal addition, the weak peak of tobermorite is appearing, and in second sample of the same composition only catolite [Fig.3]. However, in second sample 1, with gypsum addition only, there is a strong peak of tobermorite apart of catolite, and also a weak peak of anhydrite [Fig. 4]. In the second sample of this mix the weak peaks of catolite and anhydrite are visible and weak bend from tobermorite is appeared.

After autoclaving the mix 1 contained principally higher content of tobermorite in comparison of mix 3. There was no ettringite in all samples, because this phase is not stable during autoclaving.

The density of AAC samples obtained was high, between 700 and 800 kg/m³.

The small samples of AAC do not give the possibility for exact strength measurement, however, it should be underlined that the measured values the significant differences were not shown and in all three kinds of concrete mixes these strengths were in the range from 4.0 to 4.5 MPa. Taking into account the relatively low accuracy of these measurements it can be stated that it was no differences in strength.

4. Microstructure of AAC

Microstructure of the samples with the addition of limestone meal from Trzuskawica after autoclaving, in micro-photos under SEM, are shown in Figs. 4 – 6. On Fig. 4 the conglomerate of anhydrite crystallite is seen, which was formed after gypsum dewatering, nonstable in autoclaving conditions. Beautiful, fibrous form of C-S-H phase are confirming that it is the fundamental component of cement matrix in this concrete and the transformation to tobermorite is not high. The tobermorite crystals could not be find. Microstructure of cement matrix is very well formed and in small areas the big pores, typical for AAC, were not included. However, the concrete microstructure formed after autoclaving of mix 3 the high content of scawite is showing [Figs. 6, 7]. This phase the big conglomerates of needles crystals is formed, as a product of the reaction of calcite with quartz (6). As it was shown in the studies of Kurdowski and Pilch (6) the crystalline quartz is formed quickly this phase, during the autoclaving.

matrycy cementowej jest bardzo ładnie wykształcona, a niewielkimi obszarami, które pokazano na rysunkach 4 i 6 nie objęto dużych porów, typowych dla ABK.

Natomiast mikrostruktura betonu ukształtowana po autoklawizacji mieszanki 3 wskazuje na dużą zawartość skautytu [rys. 6, 7]. Faza ta tworzy stosunkowo duże konglomeraty złożone z igiełkowatych kryształów, które powstały z reakcji kalcytu z kwarcem (6). Jak bowiem wykazały badania Kurdowskiego i Pilch (6) krystaliczny kwarc przechodzi najszybciej w tę fazę, w warunkach autoklawizacji.

5. Wyniki badania wpływu kalcytu i gipsu na właściwości ABK

Zbadano także wpływ zastąpienia gipsu kalcytem na wytrzymałość betonu komórkowego i przybliżoną zawartość tobermorytu. Kalcyt uzyskano z krystalicznych wtrąceń tego minerału w złożu wapienia w Czatkowicach, koło Krzeszowic, 25 km od Krakowa. Zastosowano piaskową technologię betonu komórkowego. Stosowano cement portlandzki CEM I 42,5 N, oraz wapno o temperaturze gaszenia wynoszącej 65°C, a także proszek Al.

5.1. Skład betonu

Skład betonu podano w tablicy 1.

Tablica 1/ Table 1

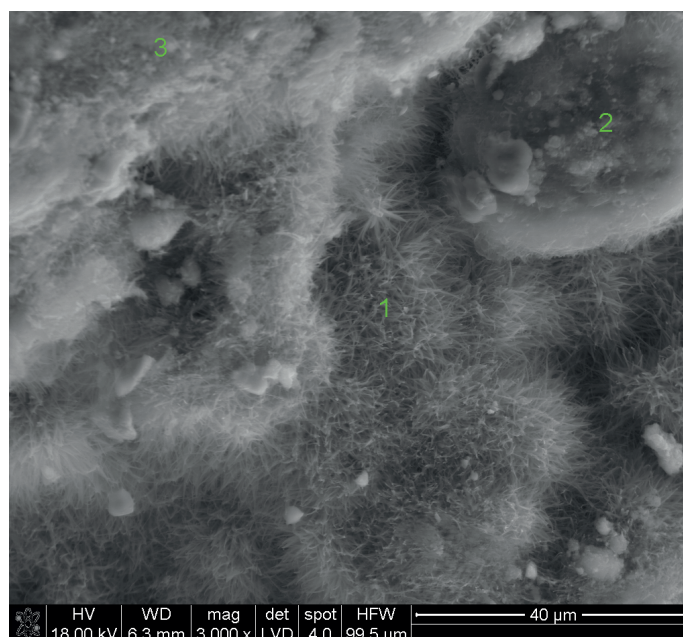
SKŁAD BETONU

CONCRETE COMPOSITION

Składnik / Component	Zawartość / Content [kg/m ³]		
Mieszanka / Mixture	M1	M2	M3
CEM I	70	70	70
Wapno/Lime	70	70	70
Gips / Gypsum	10	5	0
Kalcyt / Calcite	0	5	10
Piasek / Sand	400	400	400
Woda / Water	198	198	198
Al	1	1	1

5.2. Przygotowanie próbek ABK

Cement, wapno, kalcyt i/lub gips oraz mielony piasek mieszano w moździerzu w celu homogenizacji. Do polietylenowej zlewki o objętości 2 dm³ wiano wodę, następnie wsypano zhomogenizowane składniki i mieszano mikserem ręcznym do momentu uzyskania jednorodnej masy. Następnie wprowadzono proszek glinowy zdyspergowany w niewielkiej ilości wody z kroplą detergentu. Mieszano ok. 30 sekund i następnie mieszankę wiano do form sześciennych o boku 71 mm rozgrzanych do 60°C, umieszczonych w komorze do niskoprężnego naparzenia. Mieszankę pozostawiono do wyrośnięcia i wstępnego stwardnienia na ok. 16 godzin w komorze do naparzenia, w temperaturze 60°C. Następnego dnia rano próbki wyjęto z form i umieszczono w autoklawie i poddano



Rys. 5. Mieszanka 1 po autoklawie, pole bogate w fazę C-S-H

Fig. 5. Mix 1 after autoclaving, area rich in C-S-H

5. The results of calcite and gypsum effect on AAC properties examination

The effect of substituting of gypsum with calcite on the strength of AAC and the approximate tobermorite content was also examined. Calcite was obtained from it numerous inclusions in Czatkowice deposit, 25 kilometers from Krakow.

For AAC preparation the sand technology was chosen. The Portland cement CEM I 42.5 N and quick lime of 65°C temperature of hydration, as well as Al powder, were applied.

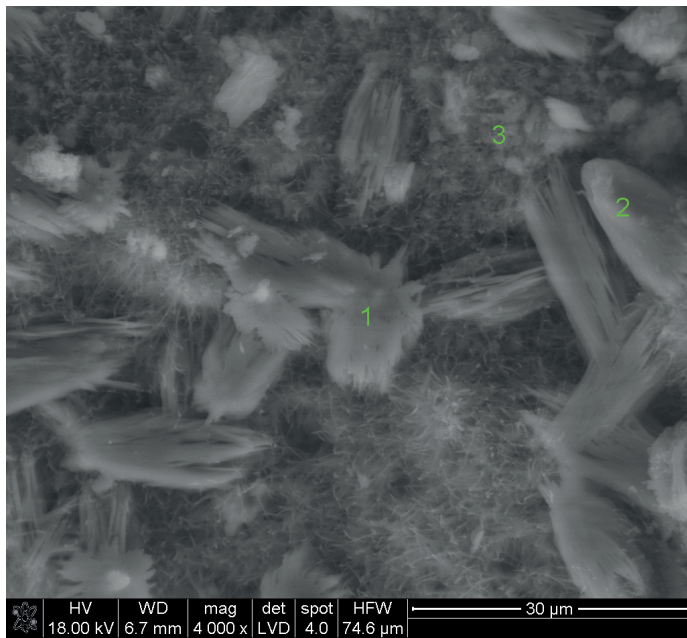
5.1. Concrete composition

The AAC composition is presented in Table 1.

5.2. AAC samples preparation

Cement, quick lime, calcite and/or gypsum and ground sand were mixed, for homogenization. The polyethylene beaker of the volume of 2 dm³ was filled with water and then the homogenized components were poured and mixed by hand for obtain the homogeneous mass. Then the Al powder, dispersed in the low quantity of water with one drop of detergent, was added. This composition for 30 s was mixed and the mixture was poured to the cubic mould, of the side of 71 mm, heated to 60°C, located in the chamber for low pressure autoclaving. The mixture was then growing and pre-hardening, in this chamber at 60°C, for about 16 hours.

The next day in the morning the samples were demoulded and put in the autoclave as well as heat treated at 180°C for 10 hours. After taken from the autoclave the samples were dried to the constant mass at the temperature of 50°C. Then the density and compressive strength were measured. For each concrete mix [M1, M2 and



Rys. 6. Mikrostruktura mieszanki 3 po autoklawizacji, konglomeraty zrosniętych igieł scawtytu, punkt 1, w dolnej części obrazu pole bogate w C-S-H, złożone z pręcików tej fazy

Fig. 6. Microstructure of mix 3 after autoclaving, rich in conglomerates of scawtite needles – for example point 1, and in upper part the area filled with needles of C-S-H

obróbce w temperaturze 180 °C przez 10 godzin. Po wyjęciu z autoklawu próbki wysuszone do stałej masy w temperaturze 50°C. Następnie zbadano gęstość oraz wytrzymałość na ściskanie. Z każdej mieszanki (M1, M2 oraz M3) wykonano po 3 próbki.

5.3. Właściwości betonów komórkowych

Właściwości ABK podano w tablicy 2, a powstawanie scawtytu, pokazano na rysunku 7.

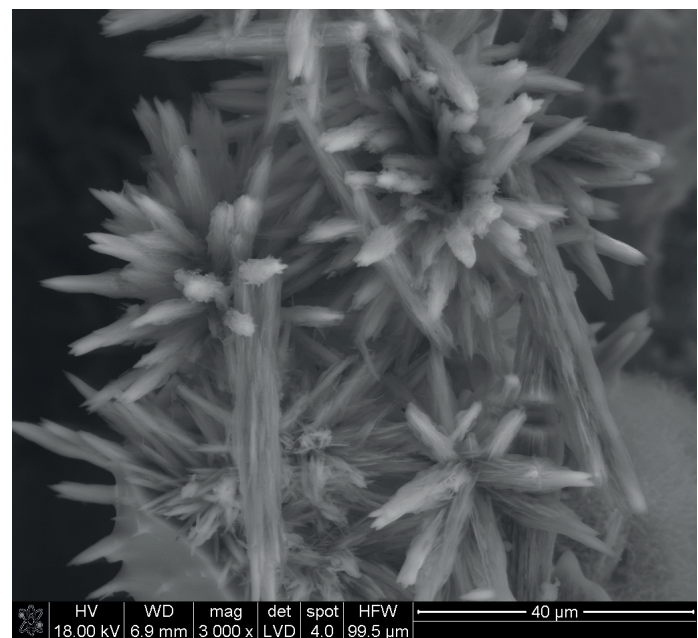
Zawartość tobermorytu oszacowano na podstawie intensywności refleksów na rentgenogramach, analogicznych do przedstawio-

Tablica 2 / Table 2

WŁAŚCIWOŚCI BETONU KOMÓRKOWEGO

THE PROPERTIES OF AAC

Beton Concrete	Masa kostki Cube mass, g	Gęstość Density, kg/m ³	Gęstość średnia Average density, kg/m ³	Wytrzymałość Strength, MPa	Wytrzymałość średnia Average strength, MPa
M1	226	631	632	3,12	2,9
	224	625		2,72	
	228	638		2,79	
M2	225	627	631	2,97	2,9
	225	629		2,81	
	228	636		2,82	
M3	242	677	679	2,82	3,1
	242	676		3,25	
	245	685		3,24	



Rys. 7. Mieszanka 3 po autoklawizacji, piękne rozety złożone z konglomeratów igieł scawtytu

Fig. 7. Mix 3 after autoclaving, beautiful rosaces of the conglomerates of scawtite needles

M3] the three samples were prepared.

5.3. The properties of AAC

The properties of AAC are presented in Table 2, and the scawtite formation is shown in Fig. 7.

Tobermorite content was assumed on the basis of the intensities of peaks on the XRD patterns, analogical to the presented on Fig. 3. These intensities were approximately similar to the pattern 1. In the samples mix with the addition of calcite only the intensities of these peaks were lower. It did not found the influence on strength of M3 concrete, which was practically the same as in the case of concrete with the addition of gypsum only.

nych na rysunku 2, natomiast intensywności refleksów tobermorytu odpowiadały mniej więcej krzywej 1. W próbkach betonu z dodatkiem samego kalcytu intensywność tych refleksów była mniejsza. Nie znalazło to odbicia w wytrzymałości betonu M3, która była praktycznie taka sama jak betonu z dodatkiem samego gipsu.

6. Podsumowanie

Uzyskane wyniki przeprowadzonych doświadczeń pozwalają na stwierdzenie, że mączka wapienna stanowi bardzo ciekawy dodatek mineralny, który powoduje przede wszystkim znacznie większy stopień przereagowania kwarcu. Uwzględniając skład scawtytu, który jest węglano-krzemianem wapniowym, o wzorze $\text{Ca}_7[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{CO}_3)\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, a jego utworzenia można było oczekiwać z dodatkiem mączki wapiennej lub kalcytu, mógł on spowodować związanie analogicznej ilości kwarcu (6). Jest to więc większy stopień przereagowania piasku kwarcowego i częściowe jego włączenie do tworzących się hydratów. Daje to sumarycznie znacznie większą zawartość hydratów w betonie, a wpływ tych zmian na jego właściwości wymaga przeprowadzenia szerszych badań. Uzyskane wyniki zasługują na ich powtórzenie w skali przemysłowej.

Gips powoduje zwiększenie zawartości tobermorytu, zgodnie z badaniami Matsui i in. (1), a jego wpływ na właściwości betonów komórkowych wymaga przeprowadzenia dodatkowych badań. Trzeba podkreślić jednak, że stopień przemiany C-S-H w tobermoryt jest bardzo zmienny i nieznanne są czynniki, które mają na to wpływ w mieszkankach przemysłowych, o bardzo zmiennym składzie. Podkreślają to Matsui i in. (1), którzy w swoich badaniach zastosowali czyste chemicznie składniki.

Wykazanie wpływu mączki wapiennej na wytrzymałość ABK będzie wymagało przeprowadzenie próby przemysłowej, o czym już wspomniano. Małe próbki laboratoryjne dają za małą dokładność pomiaru tej właściwości.

Natomiast następną serią badań laboratoryjnych powinna obejmować inny wapień, na przykład ze złoża w Łagowie koło Kielc, gdyż ten surowiec będzie mógł być stosowany na przykład w Zakładach Bruk-Bet, bowiem ten kamieniołom jest własnością tej Firmy. Ten kamień wapienny praktycznie nie zawiera domieszek minerałów ilastych, a tylko nieznaczną zawartość muskowitu, a także kwarcu.

Literatura / References

1. Matsui K., Ogawa A., Kikuma J., Tsunashima M., Ishikawa T., Matsuno S., Cement Wapno Beton, Zeszyt Specjalny, **78**, 3, 2011.
2. Dyczek J. Zeszyty Naukowe AGH, *Ceramika*, Z. 42, Kraków 1979.
3. Taylor H.F.W. Cem. Concr. Res. **7**, 465 (1977). cegła 342
4. Ramachandran V., S., Zhang Chun-Mei, Durability of Build. Mat. **4**(1), 45, 1986.
5. Nonat A., Cem. Concr. Res. **34**, 1521 (2004).
6. Kurdowski W., Pilch M., 9th ICCI New Delhi, t. IV, s. 175, NEW Delhi 1992.
7. Luke K., Taylor H. F.W., Kalousek G.L., Cem. Concr. Res., **11**, 197, 1981.
8. Kurdowski W., Soboń M., J. Therm. Anal. **1992**, 112.
9. Mitsuda T., Taylor H.F.W., Cem. Concr. Res. **5**, 203, 1975.
10. Diamond S., White J.L., Dolch W.L., Am. Min., **51**, 388, 1966.

6. Summary

On the basis of the experimental results it can be stated that the limestone meal is a very interesting mineral additive, which principally the higher degree of quartz participation in hydrates formation is causing. Taking into account the scawtite composition, which is a hydrated calcium carbonate-silicate with the formula $\text{Ca}_7[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{CO}_3)\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, and its formation should be expected in the case of limestone meal or calcite addition to the concrete, the similar quartz quantity can be bound (6). Thus it will be the higher degree of quartz sand participating in the hydration and in hydrates formation. It gives the total higher hydrates content in concrete, however, these change on the properties influence further studies are needed. The obtained results the verification in industrial scale are meriting.

The gypsum addition the increase of tobermorite is causing, in agreement with Matsui et al. (1) results, and its influence on AAC properties further experiments is needed. It should be, however, underlined that the transformation of C-S-H in tobermorite is very changeable and the factors which this process are influencing in industrial mixes of very unstable composition, are not established. These unknown factors are underlined by Matsui et al. (1) which in their studies the pure chemical components were used.

For the verification of the limestone meal influence on the strength of AAC the aforementioned industrial trials are needed. Small laboratory samples and their special condition of producing cannot be the proof of the limestone addition effect.

However, the following laboratory experiments should embrace another limestone, for example from the Łagów deposit near Kielce, because this raw material can be applied in Bruk-Bet plants, as this deposit is in the Bruk-Bet possession. This limestone practically does not contains the clay minerals admixtures, only very low content of muscovite and quartz.