

Wpływ metylocelulozy na właściwości klejowych zapraw cementowych

Effect of methyl cellulose on the properties of adhesive cement mortars

1. Wstęp

W budownictwie mieszkaniowym ważne miejsce zajmują specjalne zaprawy stosowane do przyklejania płytek ceramicznych do różnych podłoży, głównie betonowych. Obok materiałów wiążących, do których należy przede wszystkim cement, do ich wytwarzania stosuje się również inne dodatki oraz domieszki pozwalające na kształtowanie odpowiednich właściwości tych zapraw. Metyloceluloza jest jedną z najczęściej stosowanych domieszek modyfikujących właściwości zapraw budowlanych. Wpływ różnych domieszek, na przykład proszków redyspersyjnych czy innych związków organicznych złożonych z polimerów, na proces hydratacji cementu oraz właściwości uzyskiwanych zapraw był przedmiotem wielu badań (1-5).

Metyloceluloza jest bardzo ważnym składnikiem zapraw klejowych, chociaż jej udział w składzie tych zapraw jest niewielki, na ogół nie przekracza dziesiątych części procenta masy suchego materiału. Stosowanie tej domieszki pozwala na uzyskanie dobrych właściwości użytkowych zapraw budowlanych. Dzięki metylocelulozie zaprawy te są proste w przygotowaniu, wygodne w użyciu, łatwe w obróbce, co zapewnia uzyskiwanie odpowiednich właściwości i powoduje, że są one najczęściej stosowane. Do tej grupy należą przede wszystkim cementowe zaprawy klejowe do płytek ceramicznych. Bardzo ważną właściwością tych zapraw związaną z dodatkiem metylocelulozy jest zdolność do zwiększenia retencji wody w zaprawie, co zapewnia odpowiednie warunki wiązania i twardnienia spoiwa.

Część wody jest wiązana w pierwszej fazie hydratacji cementu. Równocześnie dalsza część wiąże się z dodaną w formie proszku metylocelulozą, z utworzeniem żelu. Utworzenie przez metylocelulozę żelu wynika z wiązania cząsteczek wody przez grupy funkcyjne eterów celulozy, prowadzące do ich aglomeracji. Żel ten może następnie oddawać część wody w miarę dalszej hydratacji cementu. Dodatek metylocelulozy do zaprawy powoduje wzrost lepkości co wiąże się z koniecznością zwiększenia współczynnika wodno-spoiwowego (6). Odpowiednio dobrany dodatek mety-

1. Introduction

In home building the special adhesive mortars applied in the finishing works to install the ceramic tiles on different background, usually a concrete one, are of importance. They are produced from cement as a basic material and from the other components, including some modifying admixtures. Among them the methyl cellulose, as a component commonly used, should be mentioned. The effect of different admixtures, for example the powdered re-dispersant and the other organic compounds, on cement hydration and the properties of mortars was thoroughly studied (1-5).

Methyl cellulose is an important component of adhesive mortars, however, it occurs in small amount, usually not exceeding 0.1% of dry substance. The methyl cellulose containing mortars reveal good properties. The mortar preparation is simple and, subsequently, the application and finishing work becomes easier and the final effect is satisfying. Therefore these mortars are commonly used as adhesives; particularly to install the ceramic tiles. The increased ability of water retention in the mortars admixed with methyl cellulose is an important feature. The proper setting and hardening of material is thus attained.

A part of water is bound in the first stage of cement hydration. Simultaneously the residual portion enters the reaction with methyl cellulose and the gel-like product is formed. In this gel the water molecules are attracted by the functional groups from the cellulose ethers and the agglomeration process takes place. Gel water is subsequently turned to the further cement hydration. In the presence of the methyl cellulose admixture the viscosity of material enhances and the water to cement ratio must be higher (6). At the proper dosage of admixture the mortar is plastic for longer period of time.

Methyl cellulose means the group of cellulose ethers. Their water suspensions reveal high viscosity, determined at 2% content at room temperature with help of the Höppler and Brookfield viscometer (7); the dynamic viscosity is measured in Pa·s units or the kinematic one - given in m²/s. The methyl cellulose powders

locelulozy pozwala również na uzyskanie zapraw klejowych pozwalających na ich dłuższe stosowanie.

Metyloceluloza to nazwa zwyczajowa eterów celulozy. Jedną z ważnych właściwości eterów celulozy jest lepkość zawiesin wodnych. Zgodnie z normą oznacza się ją zazwyczaj w roztworach (zazwyczaj 2%) w temperaturze pokojowej; jest to lepkość dynamiczna, której jednostką są Pa·s lub kinematyczna, której jednostką są m²/s. Do pomiarów lepkości metylocelulozy stosowane są najczęściej wiskozymetry Höpplera i Brookfielda (7). Dostępne na rynku proszki metylocelulozy zapewniają lepkość mierzoną metodą Brookfielda w bardzo szerokich granicach od 200 do 150·Pa·s. W zaprawach klejowych do płytek stosuje się najczęściej dwa rodzaje metylocelulozy [HEMC i HPMC] o lepkości w zakresie od 10 do 70 Pa·s. Metyloceluloza zawiera najczęściej dodatki eterów skrobiowych, poliestrów lub akrylanów (7). Te dodatki poprawiają działanie metylocelulozy w wyniku efektu synergicznego, będącego głównie wynikiem oddziaływań elektrostatycznych pomiędzy ich różnymi grupami funkcyjnymi lub dzięki powstawaniu wiązań dipolowych lub wodorowych. Stosowanie dodatków modyfikujących musi opierać się na znajomości ich wpływu na właściwości zapraw, gdyż niektóre z nich mogą powodować utratę korzystnej reologii zaprawy, a nawet zbrylanie się jej składników (6).

W pracy przedstawiono wyniki doświadczeń laboratoryjnych dotyczących wpływu zawiesin wodnych metylocelulozy na wybrane właściwości fizyczne oraz mikrostrukturę cementowych zapraw klejowych, stosowanych do przyklejania płytek ceramicznych.

2. Materiały

W badaniach wpływu lepkości metylocelulozy na własności fizyczne oraz mikrostrukturę cementowej zaprawy klejowej wykorzystano powszechnie stosowane surowce, a mianowicie:

- cement portlandzki - CEM I 42,5R,
- piasek kwarcowy kopalny o uziarnieniu 0,1 – 0,5 mm,
- mączkę węglanową drobna - o uziarnieniu mniejszym od 0,1 mm.

Równocześnie stosowano następujące domieszki:

- mrówczan wapnia – dodatek przyspieszający twardnienie zaprawy,
- proszek redyspergowalny będący kopolimerem etylenu i octanu winylu,
- trzy rodzaje hydroksypropylmetylocelulozy o różnej lepkości.

Zastosowana w badaniach metyloceluloza jest eterem celulozy bez innych domieszek. Na rys. 1 pokazano fragment łańcucha hydroksypropylometylocelulozy (HPMC) stosowanej w doświadczeniach.

Wymienione materiały posłużyły do przygotowania zaprawy klejowej rodzaju C1, spełniającej wymagania normy PN EN 12004:2008 „Kleje do płytek – Wymagania” (8). Skład tej zaprawy podano w tablicy 1.

commercially available show the viscosity varying in the wide range, from 200 to 150 Pa·s. In the adhesive mortars to ceramic tiles the two types of methyl cellulose [HEMC and HPMC] are used, with the viscosity from 10 to 70 Pa·s. In the methyl cellulose the starch ethers, poly esters or acrylates are usually present (7). They improve the effect of methyl cellulose synergistically, due to the electrostatic interaction between different functional groups, as well as because of the formation of dipole or hydrogen bonds. The use of modifying admixtures should base on the knowledge as their effect on the properties of mortars is concerned; some of them can affect harmfully the rheology of mortar or even bring about the lumping (6).

In this report the effect of methyl cellulose suspension on some physical properties and microstructure of adhesive mortars used in the installation of ceramic tiles, determined in laboratory experiments, are presented.

2. Materials

In the studies of the viscosity of methyl cellulose on the physical properties and microstructure of adhesive cement mortar the commonly used materials were used:

- Portland cement - CEM I 42.5R,
- quartz sand with grain size 0.1 – 0.5 mm,
- limestone powder with grain size less than 0.1 mm.

Simultaneously the following admixtures were taken into account:

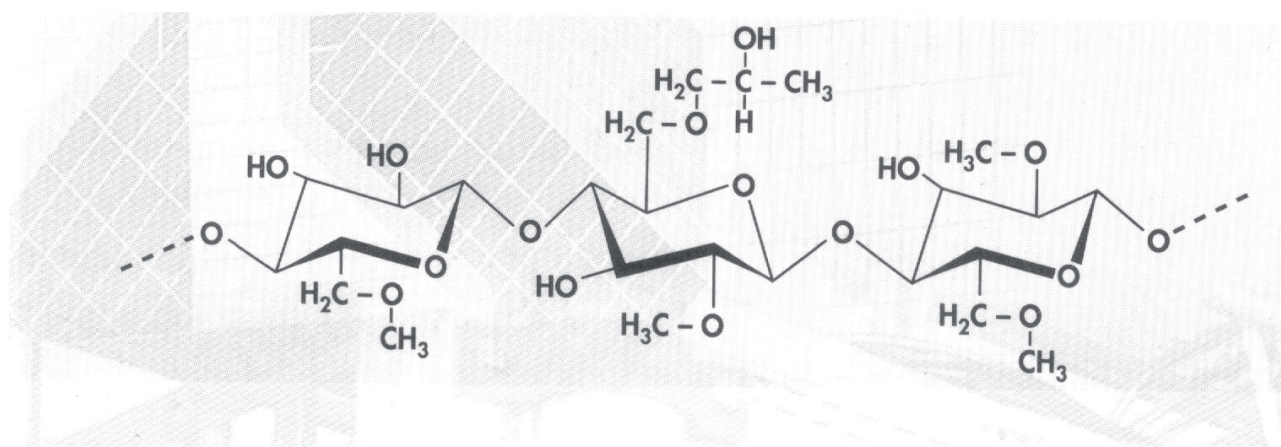
- calcium formate – as a hardening accelerating agent,
- ethylene and vinyl acetate copolymer – powder redispersant,
- three types of hydroxypropyl methyl cellulose of different viscosity.

The methyl cellulose used in the experiments had no other admixtures. In Fig. 1 a segment of the hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC) chain is shown.

The materials mentioned above were used to produce the adhesive mortar type C1, according to the standard PN-EN 12004:2008 „Adhesive to tiles – specification” (8). The composition of mortar is given in Table 1.

In order to determine the effect of methyl cellulose viscosity on the physical properties and microstructure of mortars the four following cement adhesive mortars to ceramic tiles were produced (their composition is given in Table 1); the three types of hydroxypropyl methyl cellulose of different viscosity were introduced to the batch:

- K1 – with admixture of viscosity - 18 Pa·s,
- K2 – with admixture of viscosity 35 - 45 Pa·s,
- K3 – with admixture of viscosity 65 – 75 Pa·s,
- K0 – without admixture.



Rys. 1. Fragment łańcucha hydroksypropylmetylocelulozy (HPMC) (6)

Fig. 1. The segment of the hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC) chain (6)

W celu zbadania wpływu lepkości metylocelulozy na właściwości fizyczne i mikrostrukturę zapraw przygotowano cztery cementowe zaprawy klejowe do płytek o składzie podanym w tabelicy 1, przy czym zastosowano trzy rodzaje hydroksymetylocelulozy o różnej lepkości:

- K1 – z dodatkiem o lepkości 11 - 18 Pas,
- K2 – z dodatkiem o lepkości 35 - 45 Pas,
- K3 – z dodatkiem o lepkości 65 – 75 Pas,
- K0 – bez dodatku.

3. Metody badań

Badania zapraw klejowych o składzie podanym w tabelicy 1 przeprowadzono przy stosunku wodno-spoiwowym tak dobranym aby uzyskać jednakową konsystencję mierzoną za pomocą stożka Novikowa, zgodnie z normą PN-85/B-04500 (9).

Badania właściwości cementowych zapraw klejowych do płytek ceramicznych przeprowadzono zgodnie z PN-EN 1348:2008 (10) oraz PN-EN 1346:2008 (11) i PN-EN 1308:2008 (12). Badania te obejmowały:

- przyczepność pierwotną określoną jako przyczepność płytek ceramicznych o bardzo niskiej nasiąkliwości do podłoża betonowego. Płytki ceramiczne przyklejano po 5 min od nałożenia zaprawy na podłoże,
- czas „otwarty” odnoszący się do przyczepności płytek ceramicznych o nasiąkliwości około 15% do podłoża betonowego. Płytki ceramiczne przyklejano po 10, 20 i 30 min od nałożenia zaprawy na podłoże,
- „spływ” określony jako zmiana położenia płytki ceramicznej, o bardzo niskiej nasiąkliwości, przyklejonej do podłoża betonowego ustawionego w pozycji pionowej.

Badania lepkości zapraw przeprowadzono za pomocą lepkościomierza C/T-C/20 z cyfrowym miernikiem, zgodnie z normą PN-ISO 2555:1999 (11), odpowiadającą lepkości Brookfielda. Pomiar wykonywano w temperaturze $22 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Do obserwacji mikrostruktury stwardniałych zapraw cementowych z dodatkiem metylocelulo-

Tablica 1 / Table 1

SKŁAD ZAPRAWY KLEJOWEJ C1 DO PŁYTEK CERAMICZNYCH
THE COMPOSITION OF C1 MORTAR 1 TO CERAMIC TILES

Składnik / Component	Udział, % mas. Percentage, % by mass
Cement CEM I 42,5R	34,00
Piasek kwarcowy / Quartz sand 0,1 – 0,5	56,15
Mączka węglanowa drobna Fine limestone powder	7,00
Proszek redyspergowalny (kopilomer etylenu i octanu winylu) Powder redispersant - ethylene and vinyl acetate copolymer	1,50
Metyloceluloza / Methyl cellulose	0,50
Mrówczan wapnia / Calcium formate	0,85

3. Methods

The examination of adhesive mortars was performed at the water to binder ratio giving the same consistency; this was measured with the help of Novikov cone according to the standard PN-85/B-04500 (9).

The studies of the properties of cement adhesive mortars to ceramic tiles were performed according to the standards PN-EN 1348:2008 (10), as well as PN-EN 1346:2008 (11) and PN-EN 1308:2008 (12). The following properties were characterized:

- primary adhesion, defined as the adhesion of ceramic tiles of low absorbability to the concrete fixing surface. The ceramic tiles were attached after 5 min. after placing the mortar on the concrete,
- open time, relating to the adhesion of tiles with 15% absorbability to the concrete fixing surface. The tiles were attached after 10, 20, 30, min. after placing the mortar on the concrete fixing surface respectively,
- slip defined as a downward movement of ceramic tile of very low absorbability, fixed to the vertical concrete fixing surface.

Tablica 2 / Table 2

WYNIKI BADAŃ ZAPRAW KLEJOWYCH DO PŁYTEK

PARAMETERS OF CEMENT ADHESIVE MORTARS TO CERAMIC TILES

Właściwość Parameter	K0	K1	K2	K3
Stosunek wodno – spoiwowy Water to binder ratio	0,2	0,25	0,27	0,28
Przyczepność pierwotna, Primary adhesion, N/mm ²	0 AF-T*	1,1 CF-A**	1,2 CF-A**	1,0 AF-T*
Czas „otwarty” 10 minut, Open time 10 min., N/mm ²	0 AF-T	0,9 CF-A	1,1 CF-A	1,0 CF-A
Czas otwarty 20 minut, Open time 20 min., N/mm ²	0 AF-T	0,7 CF-A	0,7 CF-A	0,6 CF-A
Czas otwarty 30 minut, Open time 30 min., N/mm ²	0 AF-T	0,5 CF-A	0,5 AF-T	0,5 CF-A
Spływ, Slip, mm	Płytką odpada Tile falls down	54,9 52,0	33,6 31,5	8,5 8,8
Lepkość, Viscosity, Pas	20	138	144	130

Uwagi/Remarks:

* AF-T –zniszczenie pomiędzy płytką a klejem /–failure of adhesive layer between the tile and concrete

** CF-A - zniszczenie w warstwie zaprawy /– failure within the adhesive mortar

zy zastosowano skaningowy mikroskop elektronowy (JOEL 5400), wyposażony w mikroanalizator rentgenowski.

4. Wyniki doświadczeń

4.1. Właściwości fizyczne zapraw klejowych

Wyniki przeprowadzonych pomiarów zapraw z dodatkiem metylocelulozy o różnej lepkości zebrano w tablicy 2 i przedstawiono na rysunku 2.

Na podstawie uzyskanych wyników (tablica 2) można stwierdzić, że zaprawy z dodatkiem metylocelulozy wykazują bardzo dużą przyczepność „pierwotną” oraz długi czas „otwarty”. Ponadto stosowanie dodatku metylocelulozy o lepkości 70 Pa·s do klejowych zapraw cementowych pozwala na osiągnięcie kilkakrotnie mniejszego „spływu” w porównaniu z metylocelulozą o mniejszej lepkości. W przypadku stosowania metylocelulozy o lepkości 40 i 15 Pa·s uzyskano zaprawy zapewniające nieco większą przyczepność „pierwotną” i porównywalny czas „otwarty” w porównaniu z dodatkiem metylocelulozy o lepkości 70 Pas. Zaprawy te dawały jednak znacznie większy „spływ”.

W oparciu o obserwację powierzchni oderwanych płytek (rysunek 2) można stwierdzić, że stopień ich pokrycia zaprawą cementową dobrze oddaje uzyskane wyniki badań przyczepności podane w tablicy 2. W przypadku zaprawy bez dodatku metylocelulozy (rysunek 2a) praktycznie nie występują pozostałości zaprawy, w odróżnieniu od zapraw z dodatkiem metylocelulozy, których część pozostała na płytce (rysunek 2 b-d).

The viscosity of mortars was measured with help of the C/T-C/20 viscometer with digital measuring instrument, according to the PN-ISO 2555:1999 standard (11); the viscosity Brookfield’s parameter was determined. The measurements were done at temperature 22±0.5°C. The hardened mortars with methyl cellulose were subsequently subjected to the observations under the scanning electron microscope JEOL 5400 with EDS microanalyzer.

4. Results

4.1. Physical properties of adhesive cement mortars

The results of measurements of the cement adhesive mortars with methyl cellulose of different viscosity are given in Table 2 and in Fig. 2.

Basing on the results shown in Table 2 one can find that the mortars with methyl cellulose show very good “primary” adhesion and long open time. Additionally, in the presence of methyl cellulose of viscosity 70 Pa·s the flow down is much lower than in case of admixture with low viscosity. When the methyl cellulose of the viscosity 40 and 50 Pa·s was applied, the mortars revealed a little better primary adhesion and similar open time than in the former case. However the slip of mortars was significant.

Basing on the observations of the reverse of separated tiles (Fig. 2) one can find that the surface of residual layer of adhesive well complies with the results of adhesive strength given in Table 2. In case of the adhesive mortar with no methyl cellulose (Fig. 2a) there is no adhesive practically, as it is observed for the other test specimens with methyl cellulose (Fig. 2 b-d).

4.2. Wpływ metylocelulozy na mikrostrukturę stwardniałych zapraw cementowych

Obrazy mikrostruktury zapraw cementowych wraz z wybranymi wynikami mikroanaliz rentgenowskich pokazano na rysunkach 3-17.

Na obrazie stwardniałej zaprawy cementowej (rysunek 3) bez dodatku metylocelulozy widać dobrze wykształconą fazę C-S-H (punkt 1 - rysunek 4). Zwraca jednak uwagę brak glinu w tej fazie.

Na rysunku 5 widoczna jest żelowa faza C-S-H, dająca klasyczny skład (rysunek 6) w przypadku cementu portlandzkiego, to znaczy odpowiadający nanometrycznej mieszaninie uwodnionego krzemianu wapnia i monosiarczanu. Widoczne są również włókniste osobniki złożone z metylocelulozy.

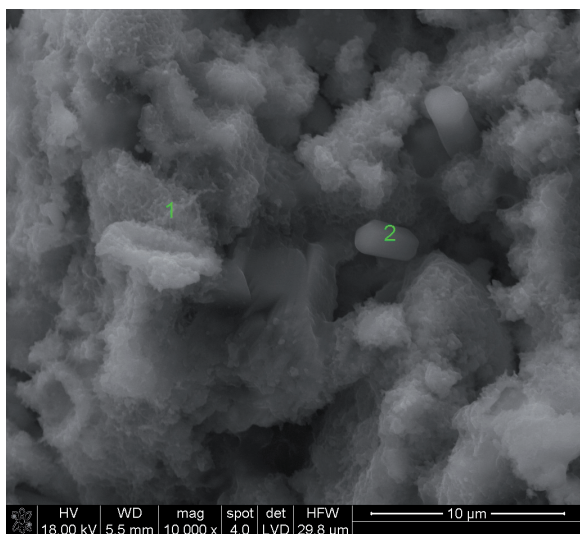
Analogiczny obraz daje zaprawa cementowa z dodatkiem metylocelulozy o lepkości 40 Pas, przy czym występuje nieco więcej osobników włóknistych (rys. 7). Pokazano także klasyczny skład fazy C-S-H.

Mikrostruktura stwardniałej zaprawy cementowej z metylocelulozą o lepkości 70 Pas przedstawiona jest na rysunku 9. Widoczne są dobrze wykształcone kryształy gipsu. Na pokazanym obrazie mikroskopowym brak jest włóknistych charakterystycznych dla niższych lepkości dodanej metylocelulozy błon.

5. Wnioski

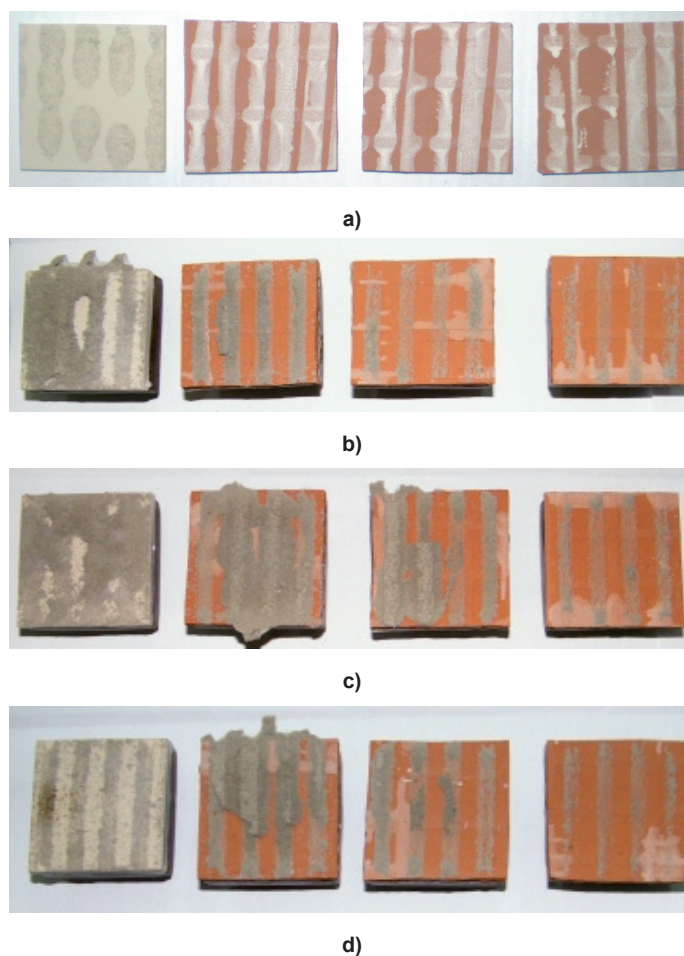
Na podstawie analizy uzyskanych wyników można wysunąć następujące wnioski:

- zaprawa cementowa bez dodatku metylocelulozy nie spełnia wymagań normy PN-EN 12004:2008 i nie zapewnia odpowiedniej przyczepności płytek ceramicznych do podłoża,
- w przypadku dodatku metylocelulozy o lepkości 70 Pa·s zaprawy cementowe osiągają bardzo dobre właściwości fizyczne. Stosowanie metylocelulozy o mniejszej lepkości, to jest 40 i 15 Pa·s nie zapewnia dobrych właściwości zapraw klejowych



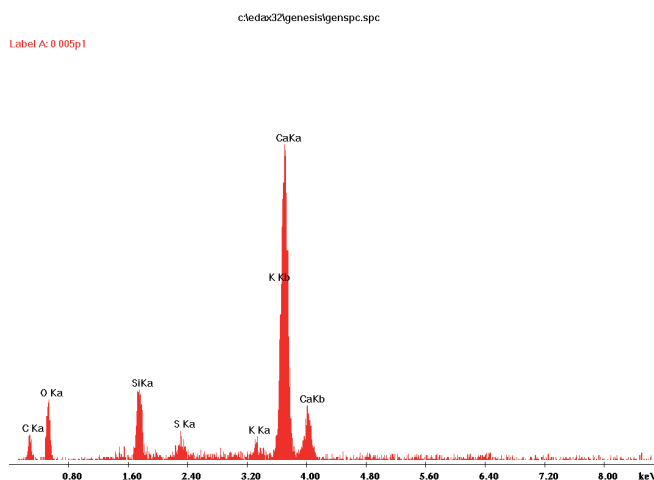
Rys. 3. Obraz mikrostruktury stwardniałej zaprawy cementowej bez dodatku metylocelulozy – wraz z oznaczonymi punktami analizy EDS

Fig. 3. Microstructure of hardened adhesive mortar with no methyl cellulose



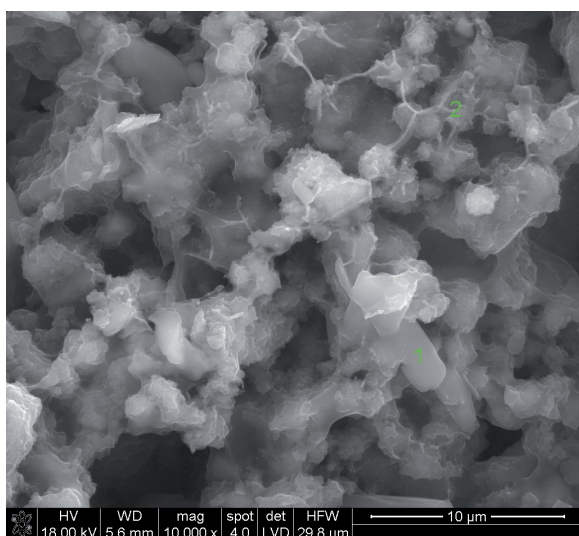
Rys 2. Wygląd powierzchni płytek od strony przyklejenia po ich oderwaniu w przypadku różnej przyczepności początkowej i czasu otwartego (od lewej: przyczepność pierwotna, czas „otwarty” 10, 20 i 30 min w przypadku K0, b) w przypadku K1, c) w przypadku K2, d) w przypadku K3

Fig. 2. The surface of tiles after the tests of tensile adhesion strength at different open time (from the left one: primary adhesion test, after 10, 20, 30 min. open time) a) for K0, b) for K1, c) for K2, d) for K3



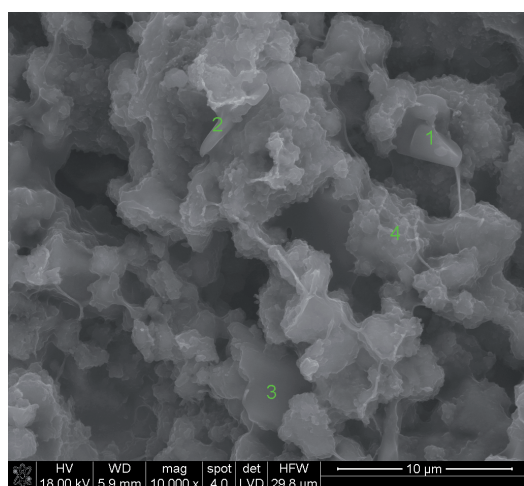
Rys. 4. Mikroanaliza w mikroobszarze 1

Fig. 4. Microanalysis in spot 1 (Fig. 3)



Rys. 5. Obraz mikrostruktury stwardniałej zaprawy cementowej z dodatkiem metylocelulozy o lepkości 15 Pa·s

Fig. 5. Microstructure of hardened adhesive mortar with methyl cellulose of viscosity 15 Pa·s

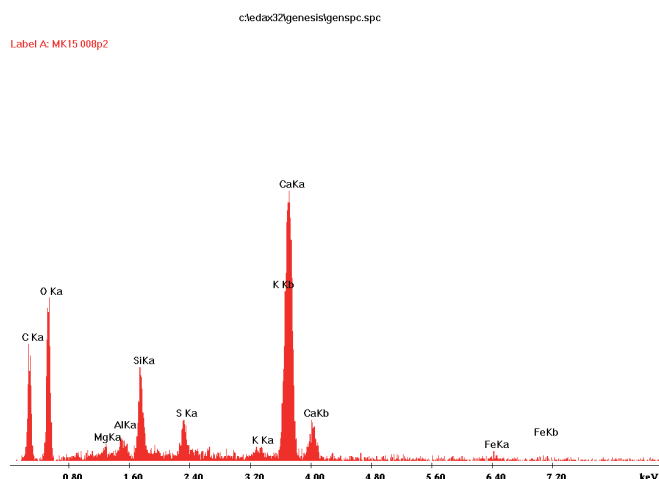


Rys. 7. Obraz mikrostruktury stwardniałej zaprawy cementowej z dodatkiem metylocelulozy o lepkości 40 Pa·s

Fig. 7. Microstructure of hardened adhesive mortar with methyl cellulose of viscosity 40 Pa·s

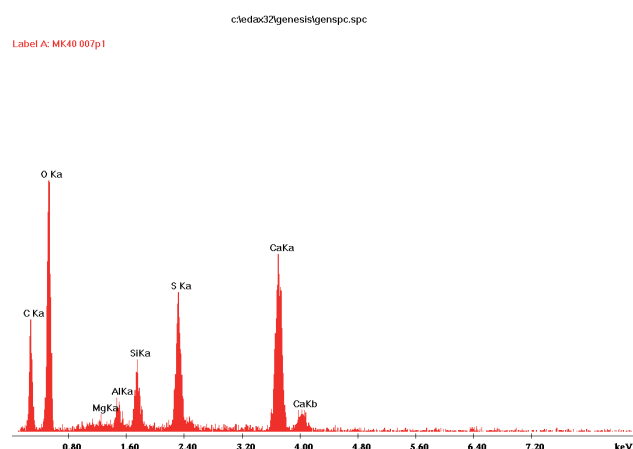
do płytek, w związku z czym konieczne są dalsze prace nad doskonaleniem jej składu,

- lepkość metylocelulozy nie ma większego wpływu na lepkość uzyskanych cementowych zapraw klejowych przy odpowiednio dobranym stosunku wodno-spoiwowym,
- badania mikrostruktury stwardniałej zaprawy wskazują na duży wpływ metylocelulozy. Wraz ze wzrostem lepkości tej domieszki faza C-S-H tworzy więcej form żelowych. Równocześnie występują kryształy gipsu, które nie uległy reakcji z glinianami wapniowymi. Wyjaśnienie tego zjawiska wymaga dalszych badań.



Rys. 6. Mikroanaliza w mikroobszarze 2

Fig. 6. Microanalysis in spot 2 (Fig. 5)



Rys. 8. Mikroanaliza w mikroobszarze 1

Fig. 8. Microanalysis in spot 1 (Fig. 7)

4.2. Effect of methyl cellulose on the microstructure of hardened mortars

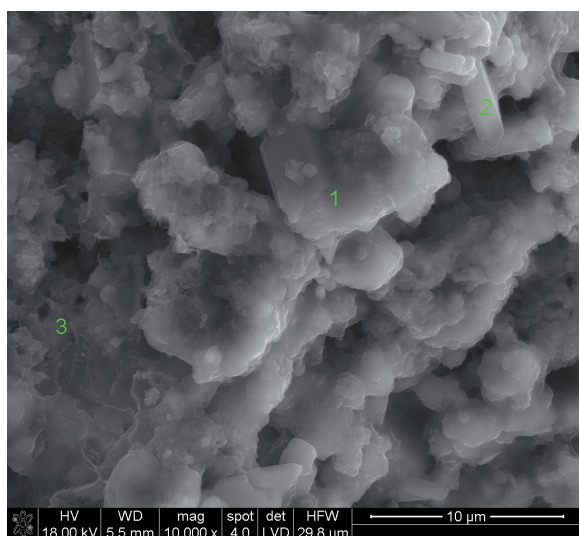
The microstructure of mortars together with some selected results of EDS analysis are shown in Figs 3-10.

The microstructure of hardened adhesive mortar with methyl cellulose of viscosity 70 Pa·s is presented in Fig. 9. The well developed gypsum crystals are visible. There is no characteristic, fibrous forms of low viscosity methyl cellulose.

5. Conclusions

The following conclusions can be drawn from the data presented above:

- cement mortar with no methyl cellulose does not comply with the requirements of the standard PN-EN 12004:2008 and gives no sufficient adhesion of ceramic tiles to the fixing surface,

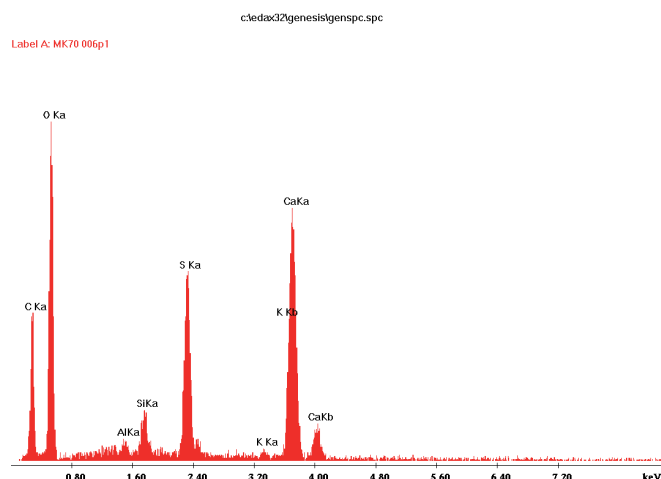


Rys. 9. Obraz mikrostruktury stwardniałej zaprawy cementowej z dodatkiem metylocelulozy o lepkości 70 Pas

Fig. 9. Microstructure of hardened adhesive mortar with methyl cellulose of viscosity 70 Pa-s

Literatura / References

1. Ł. Kotwica, J. Małolepszy, „Wpływ redyspergowalnych proszków kopolimeru octan winylu – etylen na hydratację cementu”, Cement Wapno Beton, 76, 6 (2009).
2. M. Gruszczyński, „Ocena wielkości odkształceń skurczowych zapraw i betonów z dodatkiem polimerów”, Cement Wapno Beton, 74, 3, (2007).
3. D. A. Silva, P. J. M. Monteiro, “The influence of polymers on the hydration of Portland cement phases analyzed by soft X-ray transmission microscopy”, Cement and Concrete Research, 36 (2006).
4. Flavio L. Maranhão, Vanderley M. John, “Bond strength and transversal deformation aging on cement – polymer adhesive mortar”, Construction and Building Materials, 23 (2009).
5. W. Nocuń-Wczelik, B. Trybalska Wpływ wybranych domieszek chemicznych na szybkość hydratacji i mikrostrukturę zaczynu cementowego, Cement Wapno Beton, 74, 3 (2007).
6. S. Chładzyński, G. Malata, „Składniki zapraw klejowych do płytek. Część II- Metyloceluloza”. Izolacje, 3, s. 30-34 (2008).
7. Materiały reklamowe SE Tylose GmbH & Co. KG.
8. PN-EN 12004:2008 „Zaprawy klejowe do płytek ceramicznych. Definicje i wymagania techniczne.
9. PN-85/B-04500 Zaprawy budowlane. Badania cech fizycznych i wytrzymałościowych
10. PN-EN 1348:2008 „Kleje do płytek. Oznaczanie wytrzymałości na rozciąganie”.
11. PN-EN 1346:2008 „Kleje do płytek. Oznaczanie czasu otwartego”.
12. PN-EN 1308:2008 „Kleje do płytek. Oznaczanie poślizgu”.
13. PN-ISO 2555:1999 Tworzywa sztuczne. Polimery w stanie ciekłym w postaci emulsji lub dyspersji. Oznaczanie lepkości pozornej metodą Brookfielda.



Rys. 10. Mikroanaliza w mikroobszarze 1

Fig. 10. Microanalysis in spot 1 (Fig. 9)

- adhesive cement mortar with methyl cellulose of viscosity 70 Pa-s reveals very good physical properties. The methyl cellulose of lower viscosity, 40 and 50 Pa-s respectively, does not guarantee good adhesive properties; the further works with aim to improve these adhesives are needed,
- viscosity of methyl cellulose has no significant effect on the viscosity of cement adhesive mortars at proper water to binder ratio,
- methyl cellulose has a great impact on the microstructure. The increasing viscosity of admixture brings about the higher volume of gel-like C-S-H. There are the gypsum residual crystals which did not react with calcium aluminate. Further studies are necessary to explain this effect.