

---

**PRACE**

**Instytutu Ceramiki  
i Materiałów Budowlanych**

---

***Scientific Works***  
of Institute of Ceramics  
and Building Materials

---

**Nr 32**  
(styczeń–marzec)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

**Rok XI**

**Warszawa–Opole 2018**

---

WACŁAW BRACHACZEK\*

## Wpływ czynników materiałowych na skurcz tynków renowacyjnych

**Słowa kluczowe:** tynki renowacyjne, skurcz, etery celulozy, dodatki polimerowe, dodatki napowietrzające, lekkie kruszywa.

Do odnawiania zawilgoconych i zasolonych murów stosowane są tynki renowacyjne. Jedną z istotnych właściwości odróżniających je od tradycyjnych tynków cementowych i cementowo-wapiennych jest porowatość. Mimo że tynki renowacyjne stosowane są już od kilkudziesięciu lat i w wielu przypadkach korzyści wynikające z ich używania są oczywiste, to pojawiły się również głosy krytyczne. Dotyczyły one przede wszystkim pojawiania się rys przy wysychaniu, odspajania zarówno bezpośrednio po nałożeniu, jak i w trakcie użytkowania. Jedną z przyczyn tego zjawiska może być nadmierne skurcz tynków renowacyjnych przy wysychaniu [1].

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu pochodnych celulozy, polimerów syntetycznych, domieszek napowietrzających i lekkich kruszyw na skurcz tynków renowacyjnych. Najmniejszy skurcz uzyskano przy zastosowaniu pochodnych celulozy na bazie hydroksyetylometylocelulozy (HEMC), hydroksypropylometylocelulozy (HPMC) oraz polimeru syntetycznego na bazie terpolimeru poli(octan winylu-co-wersenian winylu-co-akrylan) (VA/VeoVa/AC). Wpływ na zmniejszeniu skurczu wywierały także domieszki napowietrzające oraz dodatek lekkich kruszyw. Przez odpowiedni dobór tych składników można znacznie poprawić właściwości użytkowe tynków renowacyjnych.

### 1. Wprowadzenie

Skurcz jest znanym zjawiskiem, a w przypadku zapraw cementowych i betonu stanowi temat wielu publikacji [2–5]. W dostępnej literaturze niewiele pisze się jednak o tym, w jaki sposób na wielkość skurczu oddziałują składniki tynków renowacyjnych. Na podstawie badań przeprowadzonych na tradycyjnych kompozytach zawierających cement stwierdzono, że wpływ na ten proces wywierają takie czynniki, jak: ilość zaczynu, stosunek w/c, ilość i rodzaj cementu, powierzchnia właściwa i skład fazowy cementu, ilość i rodzaj kruszywa, domieszek i dodatków, warunki dojrzewania (temperatura, wilgotność powie-

---

\* Dr inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, wbrachaczek@bielsko.pl

trza, nasłonecznienie, siła wiatru) wymiary elementu i in. [2]. Pomocne w wyjaśnieniu mechanizmu skurczu są przyjęte modele reologiczne świeżych zapraw. Reologiczne właściwości zapraw (mieszanki betonowej) zależą od reologicznych właściwości zaczynu i od oddziaływania zaczynu i kruszywa, przy czym wpływ ten rośnie wraz z udziałem zaczynu w mieszance.

Duże znaczenie w ograniczaniu skurczu tynków cementowych i cementowo-wapiennych mają dodatki polimerów syntetycznych i pochodnych celulozy, jak też mieszaniny tych polimerów [6–8]. Celuloza jest polisacharydem zbudowanym z jednostek D-glukozowych połączonych wiązaniami 1,4- $\beta$ -glikozydowymi. W każdym pierścieniu D-glukozowym występują trzy aktywne chemicznie ugrupowania hydroksylowe –OH. W produkcji zapraw stosowane są celulozy modyfikowane. Modyfikacja polega na wprowadzeniu w miejsce atomu wodoru grup hydroksylowych innej grupy funkcyjnej (metylowej, etylowej, karboksymetylowej, tlenku propylenu, octanowej, czy nitrowej). Większość rozpuszczalnych w wodzie eterów celulozy zawiera grupy hydrofilowe oraz hydrofobowe. Struktura taka sprawia, że związki te adsorbowane są na powierzchni interfazy woda–powietrze, przez co zmniejszają napięcie powierzchniowe wody zarobowej [9]. Według Słowika i in. [10–11] obniżenie skurczu możliwe jest przez zmniejszenie napięcia powierzchniowego wody zarobowej. Aktywność powierzchniowa zależy od rodzaju i ilości podstawników. Do tej grupy domieszek celulozowych zalicza się głównie takie polimery, jak: hydroksyetylometyloceluloza (HEMC), hydroksypropylometyloceluloza (HPMC) i metyloetylohydroksyetyloceluloza (MEHEC) [12–14].

Skurcz zapraw uzależniony jest głównie od utraty wody w czasie twardnienia. Pochodne celulozy zwiększają zdolność zaprawy do zatrzymywania wody. Może to wywrzeć korzystny wpływ na wielkość skurczu.

Inne spojrzenie na zmniejszenie skurczu zapraw modyfikowanych pochodnymi celulozy zaprezentowała Knapen i in. [15–16]. Przedstawiła ona teorię, zgodnie z którą obecność pochodnych celulozy w zaprawach wpływa na szybkość i stopień hydratacji cementu oraz zmienia morfologię powstałych hydratów. W trakcie wiązania cementu bez dodatków polimerowych, kryształy  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  są słabe i niezdolne do wytrzymania naprężeń, generowanych we wczesnym okresie hydratacji, gdy przebudowa hydratów odbywa się w ograniczonej przestrzeni. W obecności eterów celulozy, struktura  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  zmienia się na tyle, że kryształy stają się zdolne do wytrzymania tych naprężeń. Knapen przyjęła, że cząstki polimeru działają jak środek wiążący pomiędzy pojedynczymi warstwami kryształów  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , zwiększając siłę międzycząsteczkowego wiązania. Dodanie małych ilości pochodnych celulozy skutkuje tworzeniem się narastających warstw kryształów  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  zmostkowanych polimerem na powierzchniach pustych porów powietrznych. Etery celulozy pełnią rolę dodatkowego spoiwa łączącego te warstwy w stopy o dużej odporności na deformację. Stwierdziła

także, że rozpuszczalne w wodzie polimery poprawiają wewnętrzną spójność matrycy cementowej, co przyczynia się do znacznie mniejszego skurczu i obniżenia skłonności do tworzenia się pęknięć.

Wpływ na wielkość skurczu wywierają również dodatki polimerów syntetycznych otrzymywanych na drodze polimeryzacji, polikondensacji czy poliaddycji [17]. W zaprawach modyfikowanych polimerami syntetycznymi, o wielkości skurczu decydują dwa niezależne mechanizmy: pierwszy związany jest ze zmianą konsystencji zaprawy, co pozwala na obniżenie stosunku w/c, a drugi z obecnością polimeru, który w trakcie koalescencji ulega skurczowi w większym stopniu niż zaczyn cementowy [6–8].

Według Ohamy i in. [18] hydratacja cementu w betonie modyfikowanym polimerami przebiega znacznie dłużej ze względu na większą retencję wody wskutek tworzenia się błony polimerowej wokół ziaren cementu. Spowolnienie hydratacji cementu jest silniejsze w przypadku polimerów o charakterze hydrofobowym, np. zawierających w swojej cząsteczce mery kwasu wersenowego VeoVa. Można przypuszczać, że utworzona w zaprawach modyfikowanych błona polimerowa o wyższej hydrofobowości otacza ziarna cementu, co ogranicza dostęp wody i powoduje spowolnienie hydratacji. W efekcie domieszki polimerowe wydłużają okres indukcji zaczynu cementowego, przez co skurcz jest mniejszy niż w przypadku próbek niemodyfikowanych.

Obniżenie skurczu przez zastosowanie dodatku dyspersji polimerowej, zasygnalizowane zostało przez Gruszczyńskiego [19]. Craeye i in. [20] udowodnił, że wpływ na wielkość skurczu jest zależny od rodzaju polimeru, a zwłaszcza od jego zdolności do absorbowania wody.

Skurcz jest zależny od stosowanych w tynkach domieszek napowietrzających. Oddziałują one na napięcie powierzchniowe wody zarobowej, podobnie jak domieszki celulozowe, przez co zmniejszają ciśnienie kapilarne powodujące skurcz. W większości domieszki napowietrzające składają się z niepolarnych łańcuchów węglowodorowych lub innych grup hydrofobowych, połączonych z grupami hydrofilowymi, takimi jak:  $-\text{COO}-$ ,  $-\text{SO}_3-$  czy  $-\text{NO}_3$ . W procesie napowietrzania zapraw domieszki te gromadzą się na granicy faz powietrze–woda zarobowa. Do wody przemieszczają się grupy hydrofilowe, grupy hydrofobowe migrują zaś na zewnątrz, co skutkuje obniżeniem napięcia powierzchniowego wody zarobowej. Uwzględnić należy jednak to, że zbyt duży dodatek domieszki napowietrzającej może hamować hydratację cementu w wyniku hydrofobizacji jego ziaren. Według Hewletta [21] zaadsorbowane na ziarnach cementu domieszki hydrofobowe będą ograniczały dostęp wody. Yue i in. [22] wykazali, że przy stałym stosunku kruszywa do cementu w zaprawie cementowej wraz ze wzrostem udziału domieszki napowietrzającej zmniejsza się wielkość skurczu.

Lekkie kruszywa, takie jak perlit lub zeolity, mają duże znaczenie w produkcji materiałów do renowacji zawilgoconych i zasolonych ścian. Perlit jest bardzo

lekkim i trwałym materiałem, odpornym na wilgoć i nieszkodliwym dla środowiska. Zeolity zastosowane w produkcji betonu zwiększają jego odporność na mróz i działanie siarczanów oraz poprawiają wytrzymałość. Dodatek lekkich kruszyw w zaprawie wpływa na nasiąkliwość, przepuszczalność pary wodnej oraz porowatość otwartą. W efekcie w mikrostrukturze stwardniałej zaprawy powstają wolne przestrzenie, w których mogą być magazynowane sole zawarte w materiale [23]. Silva i in. [24] przedstawili badania wpływu lekkich wypełniaczy – perlitu i wermikulitu – na właściwości zapraw cementowo-wapiennych. Wykazali, że wraz ze zwiększeniem udziału perlitu skurcz w trakcie twardnienia zaprawy wzrasta w sposób liniowy. Zjawisko to uzasadnili różnicami modułów sprężystości piasku i perlitu oraz większym zapotrzebowaniem na wodę zarobową w przypadku zapraw zawierających perlit.

W pracy przedstawiono wyniki badań własnych wpływu eterów celulozy, polimerów syntetycznych, domieszek napowietrzających oraz perlitu na skurcz tynków renowacyjnych.

## 2. Metody badań

Badania przeprowadzono na próbkach tynków renowacyjnych otrzymanych na podstawie autorskiej receptury tynków renowacyjnych zamieszczonej w tabeli 1. Sposób mieszania zaprawy był zgodny z PN-EN 1015-2:2000/A1:2007E [25].

Badanie skurczu polegało na określeniu zmian długości próbek w kształcie beleczek o wymiarach  $40 \times 40 \times 160$  mm. Pomiar skurczu przeprowadzono po trzech, siedmiu, czternastu i pięćdziesięciu dniach w aparacie Graf-Kaufmana. Beleczki wykonano z zapraw o stałej konsystencji o rozplywie  $170 \pm 5$  mm. Próbkę do badań były przechowywane w formach przez pierwsze 24 godziny, a następnie przez sześć dni w warunkach wilgotności 95% i do końca pomiaru w stałej wilgotności względnej  $60 \pm 5\%$  i temperaturze  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ .

T a b e l a 1

*Skład tynku renowacyjnego*

Składnik	Udział masowy [% m/m]	Rodzaj materiału
Cement portlandzki CEM I 42,5R	24	spoiwo I
Wapno hydratyzowane	10	spoiwo II
Mączka wapienna	8	kruszywo I
Piasek kwarcowy < 0,5 mm (Szcakowa)	uzupełnienie do 100%	kruszywo II
Pochodna celulozy	0,3	zagęstnik
Polimer syntetyczny	do 2,0*	modyfikator polimerowy
Perlit EP 150	2,0	kruszywo lekkie
$\alpha$ -olefinosulfonian sodu	0,08	domieszka napowietrzająca

\* Ilość opcjonalna, tylko przy badaniu wpływu dodatków polimerowych na właściwości zapraw, ilości składników odnoszą się do suchych proszków.

Ź r ó d ł o: Tab. 1–3 – opracowanie własne.

### 3. Wyniki badań

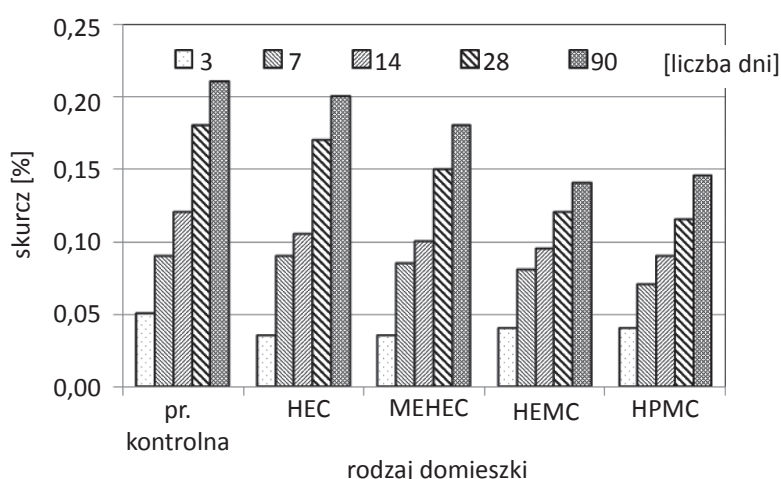
#### 3.1. Wpływ pochodnych celulozy na wielkość skurczu tynków renowacyjnych

Wpływ pochodnych celulozy na wielkość skurczu tynków renowacyjnych przedstawiono na rycinie 1. Badano oddziaływanie eterów celulozy, otrzymanych na bazie hydroksypropylometylocelulozy (HPMC), hydroksyetylometylocelulozy (HEMC), metyloetylohydroksyetylocelulozy (MEHEC) oraz hydroksyetylocelulozy (HEC), na zmianę wielkości skurczu tynków renowacyjnych. Właściwości pochodnych celulozy przedstawiono w tabeli 2. Udział masy pochodnych celulozy wynosił 0,3% m/m w stosunku do wszystkich suchych składników. Dodatek na poziomie 0,3% m/m pochodnych celulozy wynikał ze wstępnych badań, które wykazały, że jest to wystarczająca ilość domieszki, aby ocenić jej wpływ na skurcz badanej zaprawy.

Tabela 2

*Właściwości zastosowanych domieszek celulozowych*

Typ	HPMC	HEMC	HEC	MEHEC
Lepkość Brookfielda 2% r-rów [mPa·s]	15 000	15 000	20 000	15 000
Zawartość grup metoksylowych [-OCH <sub>3</sub> , %]	28,0 ÷ 29,5	27,5 ÷ 28,0	–	17,0 ÷ 18,0
Zawartość grup hydroksyetyloksylowych [-OC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> OH, %]	–	3,0 ÷ 5,0	48,0 ÷ 49,5	35,0 ÷ 38,0
Zawartość grup hydroksypropoksylowych [-OC <sub>3</sub> H <sub>6</sub> OH, %]	3,0 ÷ 5,0	–	–	–

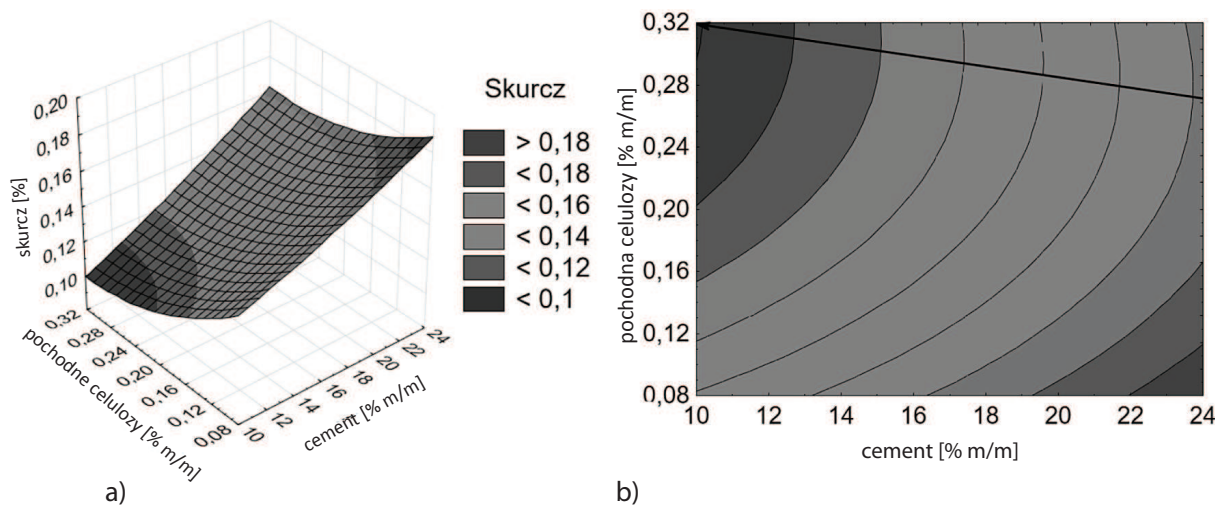


Źródło: Ryc. 1–8 – opracowanie własne.

Ryc. 1. Wpływ domieszek celulozowych: HPMC, HEMC, MEHEC oraz HEC na skurcz tynków renowacyjnych

Analizując wyniki badań (ryc. 1), stwierdzono, że największy wpływ na zmniejszenie skurczu tynków renowacyjnych wywierały pochodne celulozy zawierające grupy metoksyłowe, na bazie hydroksypropylocelulozy (HPMC) oraz hydroksyetylometylocelulozy (HEMC). Skurcz tynków z tymi domieszkami zmniejszył się odpowiednio o 36 i 33%. Najmniejsze ograniczenie skurczu wywołały domieszki z małą ilością grup metoksyłowych, na bazie hydroksyetylocelulozy (HEC) i metyloetylohydroksyetylocelulozy (MEHEC) – zmniejszenie odpowiednio o 5 i 16% w stosunku do próbki kontrolnej.

Wykres przedstawiony na rycinie 2 uzyskano przez aproksymację wielomianem liniowo-kwadratowym zmiany skurczu tynków renowacyjnych w zależności od udziału pochodnej celulozy na bazie hydroksypropylocelulozy i cementu portlandzkiego CEMI 42,5R. Podczas analizy wyznaczonych funkcji regresji sprawdzano, czy badana funkcja ma linię przegięcia. Wyznaczenie tej linii pozwoliło precyzyjnie określić obszar największego oddziaływania czynnika. Wykres stworzono na podstawie 16 wyników uzyskanych z tynków, w których udział pochodnej celulozy wynosił: 0,08% m/m, 0,16% m/m, 0,24% m/m i 0,32% m/m przy udziale cementu: 10% m/m, 14% m/m, 18% m/m, 24% m/m. Badania wykonano na próbkach otrzymanych według receptury umieszczonej w tabeli 1. Różnice do 100%, wynikające ze zmiany ilości składników uzupełniano piaskiem kwarcowym.



Ryc. 2. Wpływ ilości domieszki celulozowej: HPMC na skurcz, a – wykres powierzchniowy, b – wykres warstwiczny z zaznaczoną linią przegięcia

Analizując wyniki przedstawione na rycinie 2 można stwierdzić, że istnieje górna granica, po przekroczeniu której zwiększenie ilości hydroksypropylometylocelulozy nie wpływa na skurcz. Optymalną ilość domieszki zaznaczono na wykresie 2 b linią ciągłą. Zmienia się ona wraz z zawartością cementu w recepturze. Przy ilości cementu na poziomie 10% wynosi 0,31%, a przy ilości cementu 26% ok. 0,28%. Dalszy wzrost udziału pochodnej celulozy nie wpływał na zmianę skurczu tynków renowacyjnych.

### 3.2. Wpływ polimerów syntetycznych na wielkość skurczu tynków renowacyjnych

Na rycinie 3 przedstawiono wpływ różnych polimerów syntetycznych na skurcz tynków renowacyjnych przy  $w/c = 1,16$ . Właściwości polimerów zamieszczono w tabeli 3.

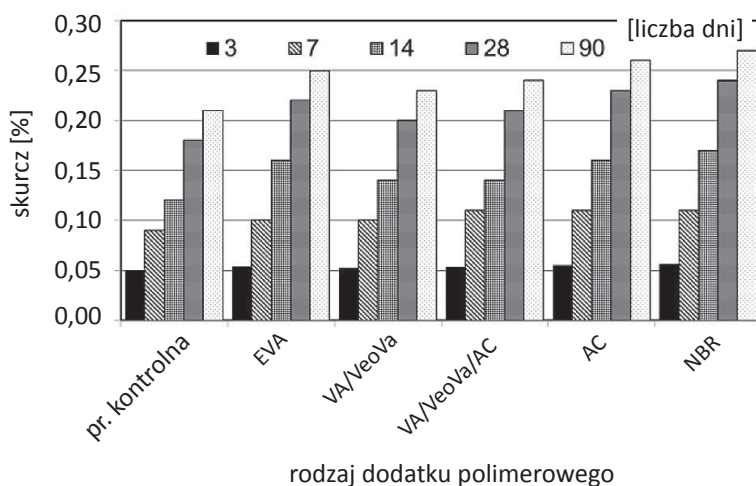
Ilość proszków polimerowych w tynku była stała i wynosiła 2% m/m w stosunku do suchych składników (tab. 1). Pomiar wielkości skurczu przeprowadzono po 3, 7, 14, 28 i 90 dniach dojrzewania zaprawy (ryc. 3). Do badań wykorzystano dodatki polimerowe, których właściwości zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 3

*Właściwości domieszek polimerowych zastosowanych w badaniach wpływu na porowatość i zawartość powietrza*

Rodzaj dodatku polimerowego	Oznaczenie	Postać dodatku	Tg [°C]*
Kopolimer poli(octan winylu-co-etylen)	EVA	biały proszek	-7
Kopolimer poli(octan winylu-co-wersenian winylu)	VA/VeoVa	biały proszek	21
Kauczuk akrylonitrylo-butadienowy	NBR	wodna dyspersja 50%	10
Polimer akrylowy	AC	biały proszek	20
Terpolimer poli(octan winylu-co-wersenian winylu-co-akrylan)	VA/VeoVa/AC	biały proszek	9

\*Tg – temperatura zeszklenia. Jest to temperatura, w której następuje przejście ze stanu ciekłego lub plastycznego w szklisty, czego objawem jest skokowy wzrost lepkości substancji.

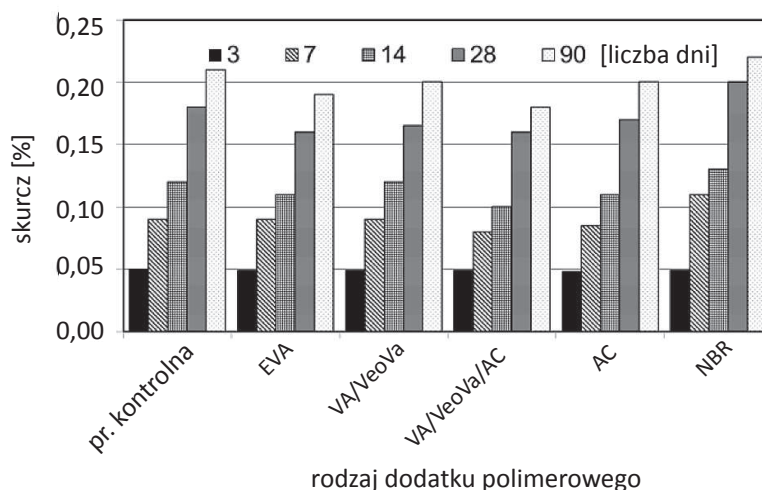


Ryc. 3. Wpływ rodzaju polimeru na skurcz mierzony po 3, 7, 14, 28 i 90 dniach przy ilości dodatku 2%, EVA – kopolimer poli(octan winylu-co-etylen), VA/VeoVa – kopolimer poli(octan winylu-co-wersenian winylu), VA/VeoVa/AC – terpolimer poli(octan winylu-co-wersenian winylu-co-akrylan), AC – polimer akrylowy, NBR – kauczuk akrylonitrylo-butadienowy,  $w/c = 1,16$



Analizując wyniki badań przedstawione na rycinie 3 można stwierdzić, że przy stałym stosunku  $w/c = 1,16$  dodatek polimeru zwiększał skurcz. Najmniejszy skurcz miały zaprawy modyfikowane kopolimerem poli(octan winylu-co-wersenian winylu) (VA/Neova). W porównaniu z próbką kontrolną był on większy o 22%. Największy skurcz odnotowano w przypadku zapraw zawierających kauczuk akrylonitrylo-butadienowy (NBR), zwiększył się on o ok. 33%.

Na rycinie 4 przedstawiono zmiany skurczu przy stałej konsystencji wynoszącej  $170 \pm 5$  mm (metoda stolika rozplýwu).

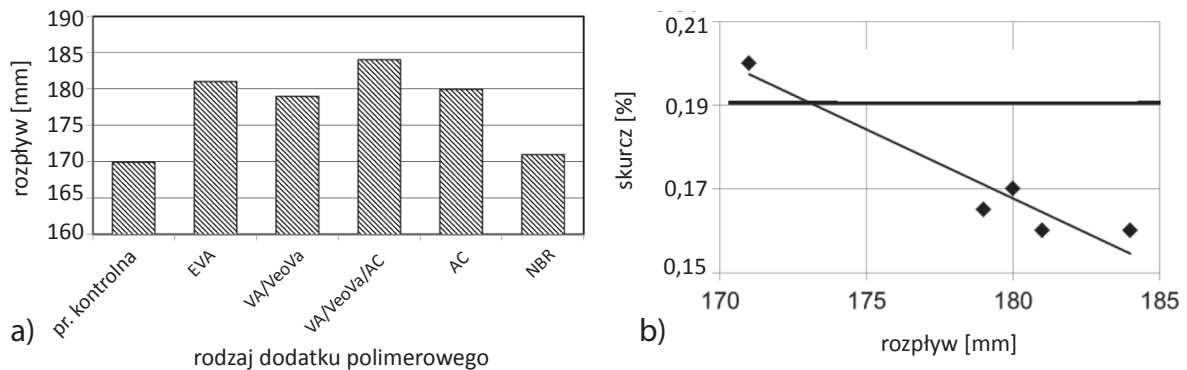


Ryc. 4. Wpływ rodzaju polimeru na skurcz mierzony po 3, 7, 14, 28 i 90 dniach przy ilości dodatku 2%, przy zachowaniu stałej konsystencji zapraw o rozplýwie  $170 \pm 5$  mm (oznaczenia jak dla ryc. 3)

Analizując wpływ rodzaju dodatków polimerowych na skurcz tynków o jednokowej konsystencji stwierdzono, że zależał on od rodzaju polimeru (ryc. 4). Dodatki polimerów syntetycznych w ilości 2% m/m w składach tynków, takie jak: poli(octan winylu-co-etylen) EVA, poli(octan winylu-co-wersenian winylu) (VA/Neova), terpolimer poli(octan winylu-co-wersenian winylu-co-akrylan) (VA/Neova/AC) i polimer akrylowy (AC) zmniejszyły skurcz tynków renowacyjnych w porównaniu z próbką kontrolną odpowiednio o: 16, 14, 18 i 11%. Zaprawy, modyfikowane kauczukiem akrylonitrylo-butadienowym (NBR) w postaci wodnej dyspersji, miały skurcz o 11% większy w porównaniu do próbki kontrolnej.

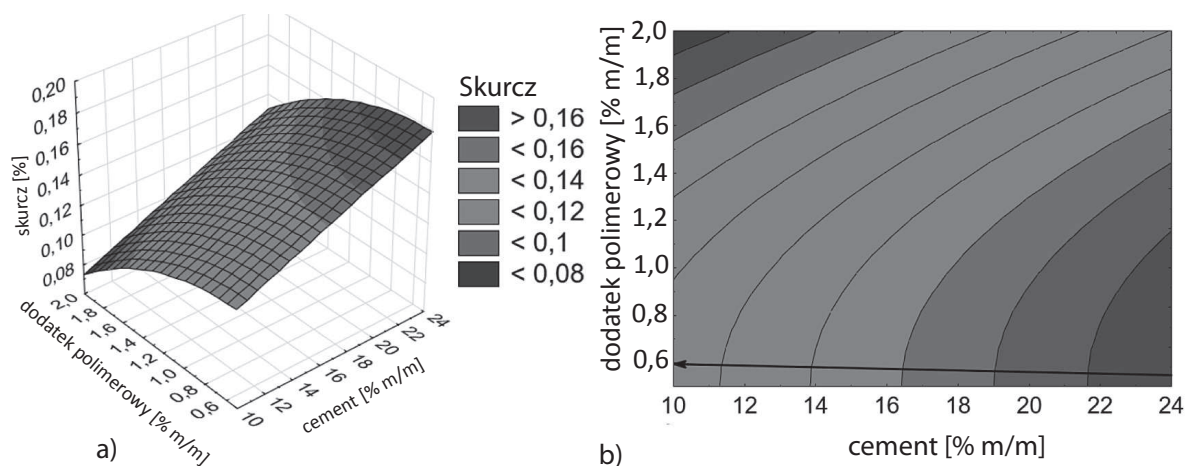
Zmniejszenie skurczu można wyjaśnić wpływem dodatku polimerowego na ilość wody zarobowej, która jest konieczna do uzyskania pożądanej konsystencji. Zaprawy zawierające dodatki zwiększające rozplýw miały mniejszy skurcz w porównaniu z tymi, które zawierały domieszki o mniejszej zdolności do upłynnienia. Na rycinie 5 przedstawiono wpływ dodatku polimeru na poziomie 2% na zmiany rozplýwu tynków renowacyjnych przy  $w/c = 1,16$ . Zależność pomiędzy

rozpływem tynków renowacyjnych a skurczem po odjęciu wody i doprowadzeniu rozpływu do  $170 \pm 5$  mm przedstawiono na rycinie 5 b.



Ryc. 5. Wpływ rodzaju polimeru: a - na rozpływ zapraw,  $w/c=1,16$ , b - zależność skurczu po 28 dniach od rozpływu (skurcz wyznaczono po odjęciu wody przy rozpływie  $170 \pm 5$  mm, oznaczenia jak w ryc. 4)

Wykres przedstawiony na rycinie 6 otrzymano przez aproksymację wielomianem liniowo-kwadratowym zmiany skurczu w zależności od ilości modyfikatora polimerowego na bazie terpolimeru poli(octanu winylu-co-wersenian winylu-co-akrylan) (VA/VeoVa/AC) oraz ilości cementu w recepturze. Wykres sporządzono na podstawie 16 wyników uzyskanych z tynków, w których udział polimeru wynosił: 0,5% m/m, 1,0% m/m, 1,5% m/m i 2,0% m/m przy udziale cementu: 10% m/m, 14% m/m, 18% m/m i 24% m/m. Udział domieszki napowietrzającej wynosił 0,08% m/m, zaś perlitu 2,0% m/m. Badania wykonano na próbkach otrzymanych według receptury umieszczonej w tabeli 1. Różnice do 100%, wynikające ze zmiany ilości składników, uzupełniano piaskiem kwarcowym.

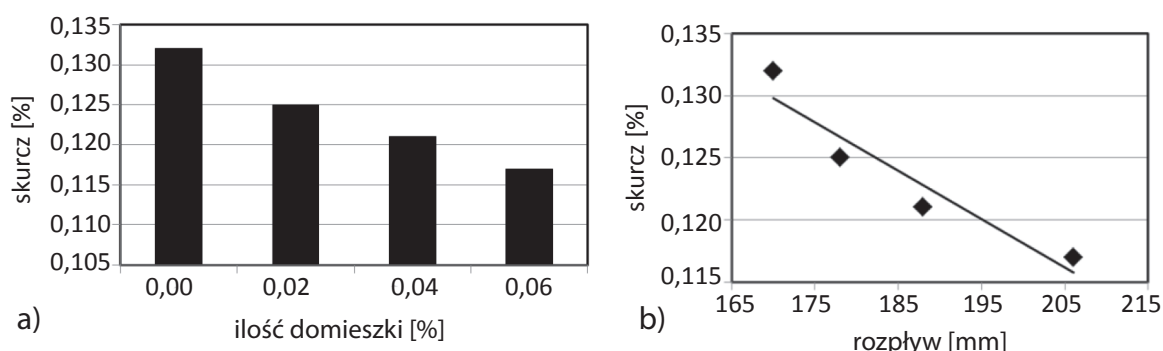


Ryc. 6. Wpływ ilości dodatku polimerowego na bazie terpolimeru (octan winylu-co-wersenian winylu-co-akrylan) VA/VeoVa/AC oraz ilości cementu w recepturze na skurcz po 28 dniach, a - wykres powierzchniowy, b - wykres warstwiczny (rozpływ  $170 \pm 5$  mm)

Analizując wyniki zamieszczone na rycinie 6 można stwierdzić, że dodatek terpolimeru VA/VeoVa/AC obniża skurcz tynków renowacyjnych. Dodatek ten wpływa na skurcz w większym stopniu w tych tynkach, w których ilość cementu wynosi 10% niż w tych o zawartości cementu 24%. Różnice powiązać można z oddziaływaniem cementu na skurcz.

### 3.3. Wpływ domieszek napowietrzających na wielkość skurczu tynków renowacyjnych

Wpływ domieszek napowietrzających na skurcz sprawdzono na tynkach zawierających mieszaninę domieszek napowietrzających  $\alpha$ -olefinosulfonianu sodowego z domieszką laurylosiarczanu sodu (SLS) w stosunku 6:1. Tynki do badań otrzymano zgodnie z recepturą zamieszczoną w tabeli 1, przy  $w/c = 1,16$ . Zawartość wody w tynku przy tym stosunku jest optymalna, wzięwszy pod uwagę domieszkę napowietrzającą. Na rycinie 7 przedstawiono zmiany skurczu w zależności od ilości domieszki napowietrzającej.



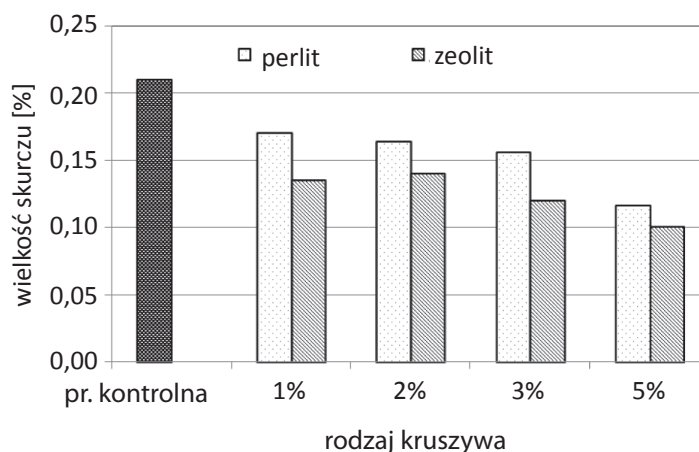
Ryc. 7. Zmiana skurczu tynku renowacyjnego po 28 dniach: a – w zależności od ilości domieszki napowietrzającej  $\alpha$ -olefinosulfonianu sodowego + SLS (%), b – zależność skurczu od konsystencji tynku przy ilości domieszek napowietrzających 0,6% mas,  $w/c = 1,17$

Analizując wyniki przedstawione na rycinie 7 można stwierdzić, że skurcz tynków zmniejsza się wraz ze zwiększeniem ilości domieszek napowietrzających. Na rycinie 7 b przedstawiono zależność pomiędzy wielkością skurczu a konsystencją zapraw określoną wielkością rozplywu. Skurcz zbadany został na próbkach w kształcie beleczek, które otrzymano z mokrych zapraw o rozplywie  $170 \pm 5$  mm. Zmiany konsystencji związane są z obecnością w świeżej zaprawie pęcherzyków powietrza, których liczba wzrasta wraz ze zwiększeniem się ilości domieszki napowietrzającej. Mechanizm upłynniania tynków renowacyjnych przez dodatek domieszek napowietrzających porównać można do oddziaływania kulek łożyskowych. Każdy dodatek tych domieszek powoduje upłynnienie zaprawy, co przekłada się na obniżenie ilości wody zarobowej, a tym samym na ograniczenie skurczu. Wpływ na jego wielkość wywiera również stabilność

utworzonych pęcherzyków powietrza w zaprawie. Stwierdzono, że są one trwałe i nie wykazują tendencji do migracji.

### 3.4. Wpływ dodatku lekkich kruszyw na wielkość skurczu tynków renowacyjnych

Na rycinie 8 przedstawiono wpływ ilości perlitu i zeolitu na zmianę skurczu. Badaniom poddano zaprawy otrzymane zgodnie z recepturą zamieszczoną w tabeli 1. Ilości lekkich kruszyw wynosiły 1% m/m, 2% m/m, 3% m/m i 5% m/m w stosunku do suchych składników zapraw. Przy większych ilościach lekkich kruszyw zaprawa traciła urabialność. Ze względu na dużą chłonność wody badania przeprowadzono przy zachowaniu stałego rozplywu  $170 \pm 5$  mm. Konsystencję regulowano ilością wody zarobowej, która mieściła się w przedziale od 19 do 30% w stosunku do masy suchych składników. Materiały badawcze stanowił zeolit naturalny pochodzący ze Słowacji o uziarnieniu 0,3–1,0 mm i twardości w skali Mohsa 4–4,5 oraz perlit ekspandowany C o uziarnieniu do 2 mm, otrzymywany w wyniku wygrzewania perlitu naturalnego w temperaturze 850–1160°C. Analizując wyniki badań stwierdzono, że zarówno perlit, jak i zeolit obniżają wielkość skurczu tynku renowacyjnego, przy czym redukcja jest większa przy dodatku zeolitu (ryc. 8).



Ryc. 8. Wpływ ilości perlitu i zeolitu na skurcz tynków po 28 dniach twardnienia

Wpływ lekkiego kruszywa na ograniczenie skurczu tynków związany może być z ilością zaabsorbowanej przez nie wody. Zapotrzebowanie na wodę nie jest zwykle znane. W świeżej zaprawie lekkie kruszywo o znacznej nasiąkliwości odciąga wodę z zaczynu cementowego. Zaabsorbowana w ten sposób woda nie odparowuje. We wczesnym okresie twardnienia następuje przenikanie zaczynu cementowego w otwarte pory ziaren kruszywa. W miarę postępu hydratacji powstaje różnica wilgotności pomiędzy kruszywem a matrycą cementową. Na

skutek oddziaływania sił kapilarnych, woda przemieszcza się z kruszywa do matrycy cementowej. Z czasem woda zaabsorbowana przez kruszywo staje się dostępna do hydratacji cementu znajdującego się na granicy faz zaczyn–kruszywo lekkie, co sprzyja ich lepszej przyczepności. Zapewnia to kontynuację procesów hydratacji i może powodować ograniczenie skurczu od wysychania.

## 4. Podsumowanie

Badając skurcz tynków renowacyjnych w ciągu 90 dni od ich wykonania stwierdzono, że kruszywa lekkie, polimery syntetyczne, domieszki napowietrzające oraz pochodne celulozy wpływają na wielkość odkształceń skurczowych. Spośród wielu składników modyfikujących własności reologiczne zapraw najmniejszy skurcz uzyskano przy zastosowaniu pochodnych celulozy, które zawierają grupy metoksyłowe, takie jak hydroksyetylometyloceluloza (HEMC), oraz hydroksypropylometyloceluloza (HPMC). Wpływ polimerów syntetycznych na redukcję skurczu okazuje się silnie powiązany ze zdolnością polimerów do upłynniania mokrych zapraw. Zmniejszenie skurczu można wyjaśnić wpływem dodatku polimerowego na ilość wody zarobowej, która jest konieczna do uzyskania pożądanej konsystencji. Dodatek terpolimeru VA/VeoVa/AC obniża skurcz tynków renowacyjnych w największym stopniu, przy czym efekt ten był większy w tynkach, w których ilość cementu wynosi 10% m/m niż w tynkach o zawartości cementu 24% m/m. Wprowadzenie domieszki napowietrzającej także ograniczyło wielkość odkształceń skurczowych. Każdy dodatek tej domieszki powoduje upłynnienie zaprawy, co przekłada się na obniżenie ilości wody zarobowej, a tym samym na ograniczenie skurczu. Wpływ lekkich kruszyw na redukcję skurczu można powiązać ze zjawiskiem wewnętrznej pielęgnacji tynków. Kruszywo absorbując wodę z zaczynu cementowego zatrzymuje ją, więc nie ulega ona odparowaniu. Z czasem zaabsorbowana w kruszywie woda migruje do matrycy cementowej i bierze udział w dalszej hydratacji cementu.

## Literatura

- [1] Brachaczek W., Magott C., *Analysis of errors in restoration of salty and damp walls*, „International Journal of Civil and Structural Engineering” 2016, Vol. 3, No. 1, s. 155–159.
- [2] Kurdowski W., *Chemia cementu i betonu*, Polski Cement, Kraków 2010.
- [3] Jasiczak J., Zielinski K., *Effect of protein additive on properties of mortar*, „Cement and Concrete Composites” 2006, Vol. 28, No. 5, s. 451–457.
- [4] Neville A.M., *Właściwości betonu*, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków 2012.
- [5] Jamróży Z., *Beton i jego technologie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.
- [6] Van Gemert D., Czarniecki L., Maultzsch M., Schorn H., Beeldens A., Lukowski P., Knapen E., *Cement concrete and concrete-polymer composites: Two merging worlds. A report from 11th ICPIC Congress in Berlin, 2004*, „Cement and Concrete Composites” 2005, Vol. 27, No. 9/10, s. 926–933.

- [7] Al-Zahrani M.M., Maslehuddin M., Al-Dulaijan S.U., Ibrahim M., *Mechanical properties and durability characteristics of polymer- and cement-based repair materials*, „Cement and Concrete Composites” 2003, Vol. 25, No. 4/5, s. 527–537.
- [8] Su Z., *Microstructure of polymer cement concrete*, Doctoral dissertation, University of Technology Delft, Delft 1995.
- [9] Jenni A., Holzer L., Zurbruggen R., Herwegh M., *Influence of polymers on microstructure and adhesive strength of cementitious tile adhesive mortars*, „Cement and Concrete Research” 2005, Vol. 35, No. 1, s. 35–50.
- [10] Slowik V., Schlattner E., Klink T., *Experimental investigation into early age shrinkage of cement paste by using fibre Bragg gratings*, „Cement and Concrete Composites” 2004, Vol. 26, No. 5, s. 473–479.
- [11] Slowik V., Hubner T., Schmidt M., Villmann B., *Simulation of capillary shrinkage cracking in cement-like materials*, „Cement and Concrete Composites” 2009, Vol. 31, No. 7, s. 461–469.
- [12] Gołaszewski J., Cygan G., *Wpływ domieszek zwiększających lepkość na skurcz wczesny zapraw*, „Budownictwo i Inżynieria Środowiska” 2011, Vol. 2, nr 3, s. 263–266.
- [13] Gołaszewski J., *Współpraca domieszek z cementami*, „Materiały Budowlane” 2013, nr 11, s. 89–92.
- [14] Gołaszewski J., *Domieszki do betonu. Rodzaje, efekty, zakres stosowania*, „Magazyn Autostrady” 2015, nr 8/9, s. 20–24.
- [15] Knäpen E., Van Gemert D., *Cement hydration and microstructure formation in the presence of water-soluble polymers*, „Cement and Concrete Research” 2009, Vol. 39, No. 1, s. 6–13.
- [16] Knäpen E., Van Gemert D., *Cement Hydration in the Presence of Water-soluble Polymers*, [w:] *Proceedings of the 6th Asian Symposium on Polymers in Concrete, 6th ASPIC Symposium. Shanghai, 29–30 October 2009*, eds. P. Wang, S. Zhong, Tonji University Press, Shanghai 2009, s. 490–496.
- [17] Przygocki W., Włochowicz A., *Fizyka polimerów: wybrane zagadnienia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
- [18] Ohama Y., Kan S., *Effects of specimen size on strength and drying shrinkage of polymer-modified concrete*, „International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete” 1982, Vol. 4, No. 4, s. 229–233.
- [19] Gruszczyński M., *Ocena wielkości odkształceń skurczowych zapraw i betonów cementowych z dodatkiem polimerów*, „Cement, Wapno, Beton” 2007, nr 3, s. 139–144.
- [20] Craeye B., Geirnaert M., De Schutter G., *Super absorbing polymers as an internal curing agent for mitigation of early-age cracking of high-performance concrete bridge decks*, „Construction and Building Materials” 2011, Vol. 25, No. 1, s. 1–13.
- [21] Hewlett P., *Lea’s chemistry of cement and concrete*, Butterworth-Heinemann, Burlington 2003.
- [22] Yue X., Peiming W., Zhu Y., *Effect of air entraining agent on performance of EVB thermal insulation mortars with different mass ratio of aggregate to cement*, „New Building Materials” 2009, No. 11, s. 8–11.

- [23] Elsharief A., Cohen M.D., Olek J., *Influence of lightweight aggregate on the microstructure and durability of mortar*, „Cement and Concrete Research” 2005, Vol. 35, No. 7, s. 1368–1376.
- [24] Silva L.M., Ribeiro R.A., Labrincha J.A., Ferreira V.M., *Role of lightweight fillers on the properties of a mixed-binder mortar*, „Cement and Concrete Composites” 2010, Vol. 32, No. 1, s. 19–24.
- [25] PN-EN 1015-2:2000/A1:2007E – Metody badań zapraw do murów. Pobieranie i przygotowanie próbek zapraw do badań.

WACŁAW BRACHACZEK

#### THE IMPACT OF MATERIAL FACTORS ON THE CONTRACTION OF RENOVATION PLASTERS

**Keywords:** renovation plasters, contraction, cellulose ethers, polymer additive, aeration additives, light aggregates.

The renovation plasters are used to cure the damped and salted walls. One of crucial properties which differentiates renovation plasters from traditional lime, or cement-lime plasters, is their porosity. Despite the fact that renovation plasters have been used for several dozen years and in many cases, the benefits of their application are obvious, there are also critical opinions. In a lot of cases, they concern the cracks which appear while drying, and loosening right after the application as well as during the use. One of the causes of this phenomenon is the excessive contraction of renovation plasters while drying [1].

The paper presents the test results of the impact of cellulose admixtures, synthetic polymers, aeration admixtures and light aggregates on the contraction of renovation plasters. The lowest contraction was achieved with the use of cellulose derivatives based on hydroxyethyl methyl cellulose (HEMC), hydroxy propyl methyl cellulose (HPMC), and synthetic polymer based on terpolymer poly (vinyl acetate-co-vinyl ester of versenic acid-co-acrylate) (VA/VeoVa/AC). The aeration admixtures and the addition of lightweight aggregates also had an influence on the reduction of the contraction. The smallest shrinkage was obtained using cellulose derivatives based on hydroxyethyl methylcellulose (HEMC), hydroxypropylmethylcellulose (HPMC) and a synthetic polymer based on terpolymer poly (vinyl acetate-co-vinyl ester of versenic acid-co-acrylate) (VA/VeoVa/AC). The aeration admixture and the addition of light aggregates also had an effect on shrinkage reduction. The proper selection of renovation plasters allows for significant improvement in the utility properties of renovation plasters.