

Agnieszka HARATYM, Tomasz KLEPKA\*

Lublin University of Technology, Lublin, Poland

e-mail: agnieszkaharatym@tlen.pl

\*dr hab. inż. Tomasz Klepka, prof. PL, mgr inż. Agnieszka Haratym, Katedra Procesów polimerowych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelskiej

## Charakterystyka i badania zapraw polimerowo – gipsowych o zwiększonej elastyczności

**Streszczenie:** *Intensywne poszukiwania kompozytów i mieszanin polimerowych wynikają z potrzeby otrzymania nowych materiałów o polepszonych właściwościach lub specjalnych cechach użytkowych. Do gipsu lub cementu mogą być wprowadzane różne napełniacze. Z uwagi na to, że gips i cement są materiałami wiążącymi, powszechnie stosowanymi w budownictwie, w modelarstwie, stomatologii, chirurgii i sztukatorstwie, mogą one wpływać na poprawę wybranej cechy lub określonych właściwości wyrobu. Zaprawy gipsowe mają określoną wytrzymałość mechaniczną, którą można oznaczyć podczas badań zginania i ściskania lub wyznaczając czas wiązania (twardnienia). W celu rozszerzenia przydatności spoiw gipsowych do zastosowań w budownictwie, podjęto próbę zmiany ich wytrzymałości na zginanie oraz przyspieszenie czasu wiązania, poprzez zastosowanie domieszek polimerowych. Domieszki polimerowe w postaci regranulatu polietylenowego oraz regranulatu gumy wprowadzono w różnych proporcjach do mieszaniny z gipsem.*

**Słowa kluczowe:** *zaprawy polimerowo - gipsowe, regranulat gumy, właściwości mechaniczne*

### ANALYSIS AND RESEARCH OF POLYMER – GYPSUM MORTAR WITH INCREASED FLEXIBILITY

**Abstract:** *Intensive research for composites and polymer blends arising from the need to obtain new materials with improved properties and special functional properties. Accessories made of recycled materials or rubber can be incorporated into a variety of materials, including gypsum or cement. Due to the fact that these binding materials are commonly used in construction, scale-modeling, stomatology, surgery and stucco work they can affect the improvement of selected features or specific properties of parts. Gypsum mortars have a certain mechanical strength which can be adjusted during bending and compression tests or by determining the setting time (hardening). In order to expand the usefulness of gypsum binders for their application in the construction industry, an attempt has been made to increase the value of selected indicators of strength and to shorten setting time due to the use of polymer additives. Polymer admixtures in the form of rubber granulate and polyethylene granulate have been added in different proportions into mixtures with gypsum.*

**Keywords:** *polymer - gypsum mortar, rubber regranules, mechanical properties*

### 1. WSTĘP

Siarczany wapniowe w półwodnej postaci są wykorzystywane od dawna jako budowlane materiały wiążące znane zazwyczaj jako zaprawy gipsowe [1]. Zaprawy tego typu są materiałami ekologicznymi, otrzymywanymi z surowców naturalnych, z tego też względu stosunkowo szybko i łatwo, można z nich wykonywać elementy budowlane, o różnych

kształtach i wymiarach [2]. Nowoczesne zaprawy gipsowe coraz częściej tworzy się dodając do nich napełniacze z różnych, dotychczas niestosowanych materiałów. Z uwagi na wielkość produkcji oraz możliwość przeróbki na wartościowe materiały budowlane, coraz większe znaczenie, jako dodatki do tego typu zapraw mają materiały pochodzące z odpadów tworzyw polimerowych. Do zastosowania w budownictwie zaprawy gipsowe,

powinny charakteryzować się krótkim czasem wiązania, odpowiednią twardością i elastycznością. Może to być mieszanina polimerowo-mineralna np. polimer – cement lub gips, polimer – wapno z dodatkiem określonego rodzaju tworzywa polimerowego w postaci granulatu lub płatków [3, 4]

Ściany budynków pod wpływem wielu różnorodnych czynników, ulegają podczas eksploatacji określonym odkształceniom. Aby w wyniku odkształceń uniknąć powstawania pęknięć i rys, budynek ze ścianami murowanymi, zgodnie z normą PN-EN 1996-2: 2010/NA: 2010, należy dzielić na mniejsze segmenty, stosując przerwy dylatacyjne. Szczelne wypełnienie przerw dylatacyjnych zabezpiecza budynek przed niekorzystnym wpływem czynników atmosferycznych, osadzaniem się brudu lub przedostawaniem się insektów [5]. Materiał zaprawy musi zapewnić przylegającym do siebie elementom konstrukcyjnym możliwość przemieszczenia się o określoną wartość, w płaszczyźnie wertykalnej i horyzontalnej. Kompensowane muszą być także drgania elementów nośnych wywołane obciążeniami zewnętrznymi np. wstrząsami terenu, nierównomiernym osiadaniami gruntów, obciążeniami dynamicznymi od ruchu pojazdów, a także zmiany wymiarów tych elementów w zależności od temperatury otoczenia. Materiały wypełniające przerwy dylatacyjne muszą zatem mieć odpowiednie właściwości fizyczne i chemiczne, a także wykazywać odporność na siły zginające, ścisające, ścinające [6]. Takie właściwości wykazują zaprawy polimerowo-gipsowe, które mogą służyć do uzupełniania ubytków, wyrównywania powierzchni ścian i podłóg. Dzięki temu po zestaleniu określony odcinek zaprawy jest odporny na odkształcenia, wykazuje zwiększoną elastyczność, co korzystnie wpływa na tłumienie drgań podczas eksploatacji analizowanego obiektu [7, 8].

Celem badań było określenie oraz ocena czasu wiązania składników mieszaniny i właściwości mechanicznych, otrzymanych zapraw polimerowo-gipsowych, wykonanych z gipsu budow-

lanego z domieszką wapna hydratyzowanego oraz dodatkiem (w różnej ilości) regranulatu polietylenowego oraz regranulatu gumowego.

## 2. Badania eksperymentalne

Badania zapraw polimerowo – gipsowych powinny być wykonywane na próbkach zbliżonych kształtem i wielkością do spoin wykonywanych w warunkach rzeczywistych, z tego też względu wymiary gniazd formujących próbki były ustalone na podstawie wartości maksymalnych wymiarów spoin użytkowych.. Charakterystycznymi wskaźnikami, które mogą określić przydatność do wykorzystania w budownictwie zaprawy są: określony czas wiązania oraz właściwości mechaniczne np. współczynnik wytrzymałości na zginanie lub ściskanie badanych próbek.

### 2.1. Materiały stosowane do badań

Do wytworzenia zapraw polimerowo-gipsowych zastosowano gips budowlany  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$  odmiany  $\beta$ , produkowany przez firmę Dolina Nidy [9]. Zaprawa gipsowa spełniała wymagania normy EN 13279-1-A1[10]. Dla wszystkich próbek przyjęto wskaźnik wodno – gipsowy W/G = 0,60. Do wykonania zaprawy zużyto 1kg gipsu na 0,6 l wody. W tym celu do wody dodano gips budowlany z zawartością wapna hydratyzowanego nieprzekraczającą 2% wagowych gipsu oraz dodatek regranulatu polimerowego (Tab. 1). Dodatek w zaprawie gipsowej wapna hydratyzowanego powodował zwiększenie odporności stwardniałego zaczynu gipsowego na działanie wody z otoczenia [11]. Stosowano dodatki polimerowe składające się z regranulatu gumowego, pochodzącego z recyklingu opon samochodowych o średnicy ziaren: 0,63mm; 0,4mm; 0,1mm. Dodatkowo stosowano jako dodatek do mieszaniny gipsowej regranulat z polietylenu dużej gęstości (PE-HD) o nazwie handlowej Lupolen pochodzący z recyklingu zbiorników na płyny.

Tab. 1. Zawartość poszczególnych składników badanych zapraw

Tab.1. The composition of mortars with addition of rubber and polyethylene

Zaprawa	Gips [g]	wapno hydratyzowane [g]	regranulat gumy/ polietylenu [g]	woda [ml]
próbka wzorcowa	1764	36,0	-	1000
10% regranulatu	1587,6	32,1	180	950
20% regranulatu	1411	28,8	360	840
30% regranulatu	1234,8	25,2	540	740
40% regranulatu	1778,4	21,6	720	648

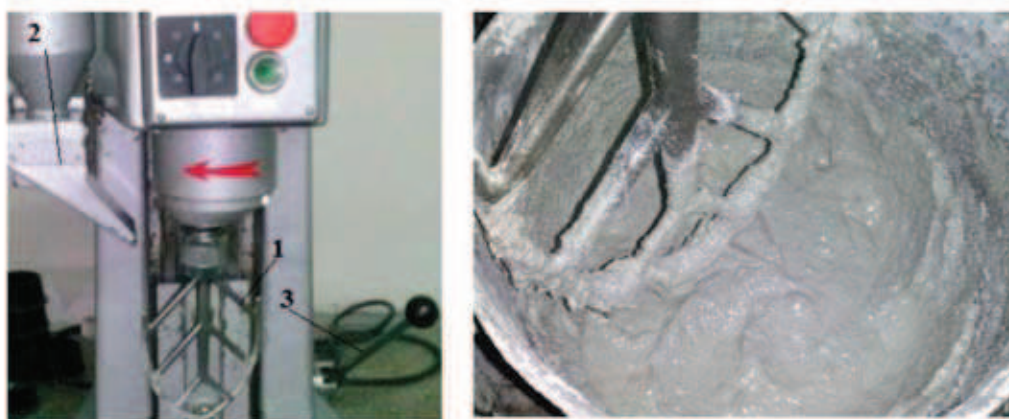
## 2.2. PRZYGOTOWANIE PRÓBEK DO BADAŃ

Składniki zaprawy polimerowo – gipsowych zostały przygotowane w odpowiednich proporcjach stechiometrycznych i wymieszane za pomocą mieszadła automatycznego. Napełnienie w postaci regranulatu polimerowego i gumy, wprowadzano do gipsu w odpowiednich proporcjach podczas mieszania. Do naważenia próbek wykorzystano wagę elektroniczną o dokładności  $\pm 0,001$  g. firmy AXIS. W celu równomiernego rozproszania regranulatu w całej objętości mieszaniny (Rys. 1), proces mieszania wykonano z wykorzystaniem mieszadła auto-

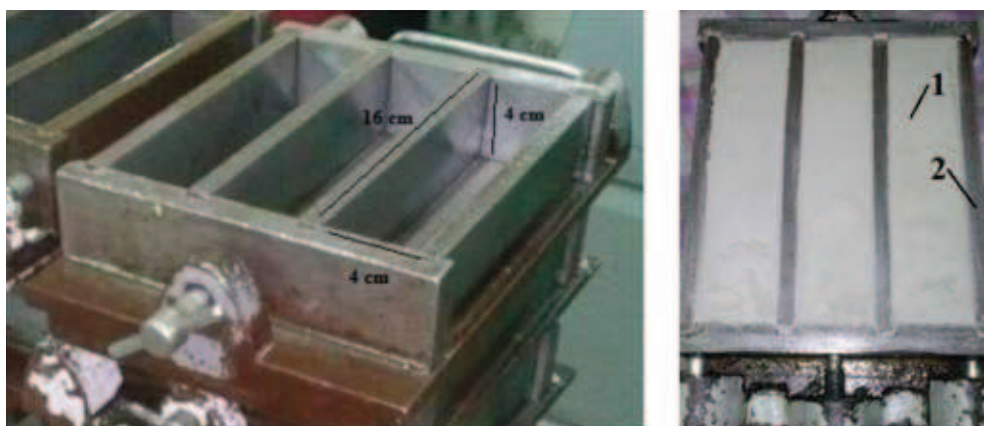
matycznego o kształcie i wymiarach zgodnych z normą PN-EN 196-1:2016-07 [12].

Próbki do badań właściwości wytrzymałościowych wykonano po wprowadzeniu mieszaniny do trzech gniazd formy. Próbki miały postać prostopadłościanów (Rys. 2) o wymiarach (40 x 40 x 160 mm), zgodnie z normą PN-86/B-04360 [13].

W celu usunięcia pęcherzyków powietrza z zapraw próbki były odgazowane za pomocą wytrząsarki laboratoryjnej, przy 60 uderzeniach formy na minutę. Przed badaniami wytrzymałościowymi próbki były poddane sezonowaniu w komorze klimatycznej w temperaturze 20 °C oraz wilgotności wynoszącej 80÷90% [4].



Rys. 1. Wygląd mieszadła automatycznego oraz zaprawy polimerowo – gipsowej: 1 – sześcioramienne mieszadło 2 – pojemnik na piasek normowy, 3 – dźwignia uruchamiająca maszynę z jednoczesnym podnoszeniem miski mieszalnika  
 Fig. 1. The outlook of the automatic mixer and polymer-gypsum mortar: 1 – 6-arm stirrer 2 – container for standard sand 3 – lever that simultaneously starts the machine and lifts the mixer's bowl



Rys. 2. Wygląd formy do przygotowania próbek z zapraw polimerowo-gipsowych: 1 – mieszanina polimerowo-gipsowa, 2 – forma z trzema gniazdami do wytwarzania prostokątnych próbek

Fig. 2. Mould used to prepare samples made of polymer-gypsum mortars: 1 – mixture of polymer – gypsum, 2 – mould with three cavities for samples preparation

### 2.3. METODYKA BADAŃ

Zbiór najważniejszych czynników badawczych charakteryzujących metodykę prowadzenia badań zestawiono poniżej.

#### Czynniki badane:

- czas wiązania zaprawy, min.
- wytrzymałość na zginanie, MPa
- wytrzymałość na ściskanie, MPa

#### Czynniki zmienne:

- udział wagowy recyklatu polietylenowego (średnica ziaren 0,5 mm): 10; 20; 30; 40%
- udział wagowy recyklatu gumowego (średnica ziaren: 0,63; 0,1; 0,4 mm): 10; 20; 30; 40%

#### Czynniki stałe:

- wymiary próbek badanych;
- warunki mieszania składników zaprawy; prędkość obrotowa [obr/min], czas [min];
- warunki wytrząsania zaprawy: cykl 60 uderzeń formy/min, czas [min]
- warunki w komorze klimatycznej: temperatura [°C], wilgotność [%]

#### Czynniki zakłócające:

- napięcie prądu elektrycznego: 219–241 V,
- wilgotność względna powietrza: 55–65%,
- temperatura otoczenia: 20–24 °C.

Na podstawie przebiegu procesu wiązania zaprawy przyjęto, że wpływ czynników zakłócających był mały i nie wpłynęły one na wykonanie próbek i przebieg badań.

### 2.4. PRZEBIEG BADAŃ

W celu oceny właściwości wytrzymałościowych próbek w postaci prostokątów z zapraw polimerowo – gipsowych wykonano badania wytrzymałości na zginanie oraz ściskanie, zgodnie z zapisami norm PN-86/B-04360 oraz PN-85/B-04500 [14]. Bezpośrednio po wykonanej próbie zginania, otrzymywano dwie części, które następnie były użyte do badań w próbie ściskania. Wyniki badań zapraw z dodatkiem regranulatu były porównane do wyników uzyskanych dla zaprawy bez dodatku regranulatu.

Do wyznaczenia wytrzymałości próbek na zginanie i ściskanie wykorzystano prasę hydrauliczną firmy Amsler (Rys. 3) o powierzchni szczęk 16 cm<sup>2</sup> i nacisku szczęk od 0–200 kN.

Badania czasu wiązania zapraw zostały wykonane z wykorzystaniem aparatu Vicat'a (Rys. 4). Próbkę zapraw umieszczano w pierścieniu ustawionym na płycie szklanej. Pomiar czasu wiązania polegał na wciskaniu w badaną mieszaninę włóknika – igły o powierzchni 1 mm<sup>2</sup>. Za początek wiązania przyjęto czas, w którym igła zatrzymywała się w odległości 2–4 mm nad powierzchnią szklanej płytki. Za koniec wiązania – gdy igła nie była w stanie zagłębić się w mieszaninie na głębokość większą niż 1 mm [8].



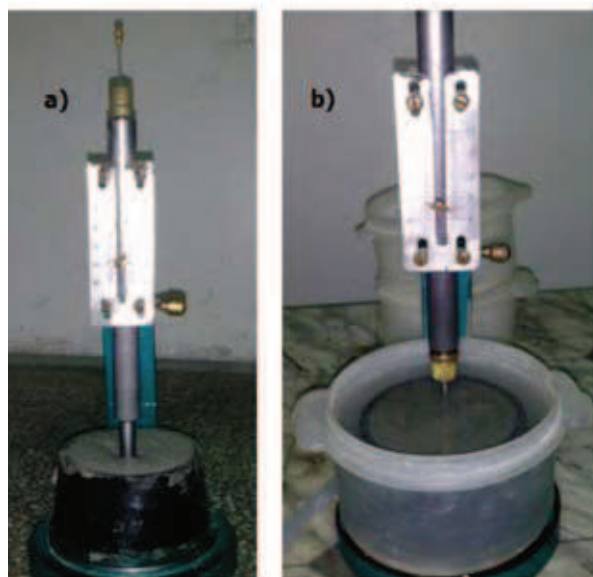
Do badania czasu wiązania wykorzystano:

- aparat Vicata z trzpieniem ze stali nierdzewnej o średnicy  $10,00 \pm 0,05$  mm, długości roboczej  $50 \pm 1$  mm, masie części ruchomych  $300 \pm 1$  g;
- igły o powierzchni  $1 \pm 0,05$  mm<sup>2</sup>;
- stożkowy pierścień Vicata wykonany z ebonitu, o wysokości  $40,0 \pm 0,2$  mm, średnicy wewnętrznej górnej  $70,0 \pm 5$  mm, średnicy wewnętrznej dolnej  $80,0 \pm 5$  mm;
- płytki szklane o grubości 2,5 mm i wymiarach 100 x 100 mm



Rys.3. Próbką badana umieszczona w szczękach prasy hydraulicznej podczas pomiaru siły zginającej oraz ściskającej

Fig.3. Test sample placed in the jaw of hydraulic press when measuring the compressive and bending force



Rys. 4. Wygląd aparatu Vicat'a: a) wyznaczenie konsystencji zaprawy b) wyznaczenie czasu wiązania  
Fig. 4. Vicat apparatus: a) determination of mortar consistency b) determination of setting time

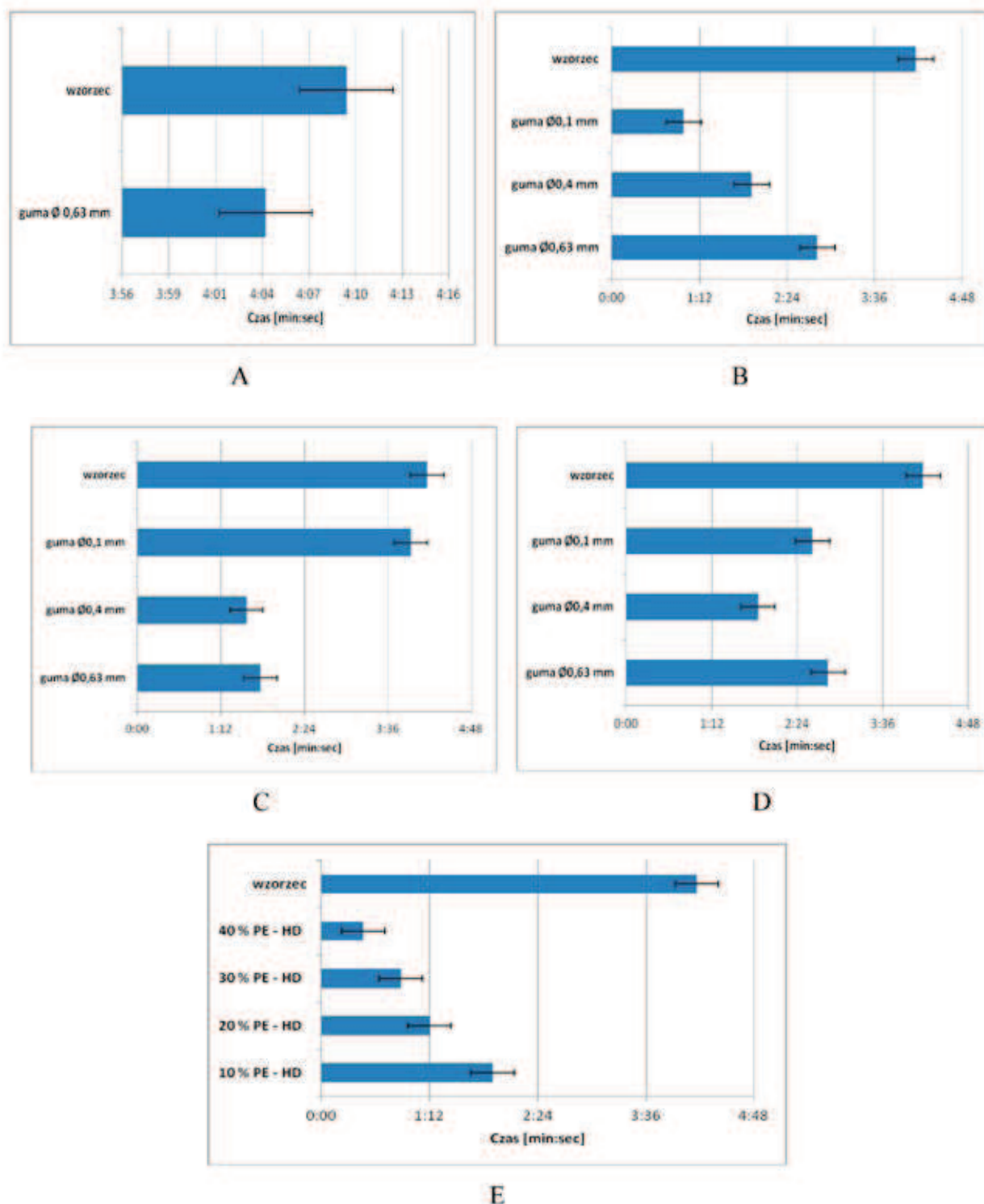
### 3. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wynikowe wartości czasu wiązania zaprawy wg Vicata, wytrzymałości na zginanie i ściskanie w funkcji ilości i rodzaju regranulatu polimerowego w zaprawach zestawiono na wykresach (Rys. 5 – Rys. 9).

#### 3.1. POMIARY CZASU WIĄZANIA ZAPRAWY WG. METODY VICATA

Wyniki pomiaru czasu wiązania zapraw polimerowo – gipsowych zawierających różną ilość regranulatu polimerowego przedstawiono na rysunku 5.

Na podstawie otrzymanych wyników badań można stwierdzić, że regranulat polimerowy dodany do masy zaprawy gipsowej, powoduje przyspieszenie procesu zestalania się mieszaniny gipsu z wodą, co przejawia się przesunięciem w czasie początku i końca wiązania, pozwalają osiągnąć maksymalną wytrzymałość zaprawy już w 28 s. (Rys. 5). Dodanie do gipsu regranulatu polimerowego w ilości od 10%



Rys. 5. Czas wiązania mieszanin polimerowo-gipsowych z różną ilością regranulatu polimerowego: A – gumy 10%; B – gumy 20%; C – gumy 30%; D – gumy 40%; E – polietylenu 10%–40%

Fig. 5. The setting time of polymer-plaster mixtures filled with different amounts of polymer regranulate: A – rubber 10%; B – rubber 20%; C – rubber 30%; D – rubber 40%; E – polyethylene 10%–40%

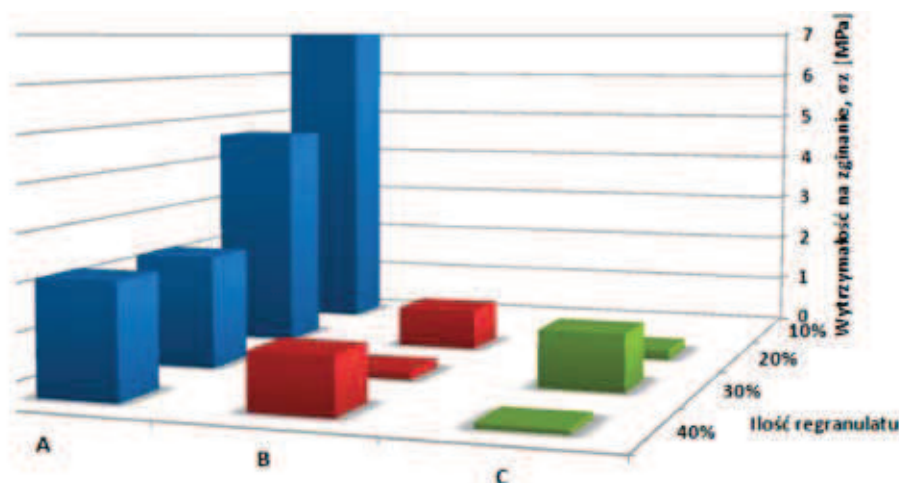
do 40%, niezależnie od jego rodzaju, powoduje znaczne skrócenie czasu wiązania zaprawy. Najkrótszy czas wiązania zarejestrowano dla zaprawy zawierającej regranulat polietylenu, natomiast najdłuższy dla mieszaniny z gumą o średnicy ziaren 0,63 mm. Dodatek regranulatu gumy o średnicy ziaren 0,63 mm w ilości 20% powodował skrócenie czasu wiązania do wartości 2 min 49 s, a więc o ponad 59% w odniesieniu do wartości uzyskanej dla zaprawy wzorcowej (Rys. 5). Dodatek takiej samej ilości regranulatu gumy o średnicy ziaren 0,63 mm skutkuje natomiast skróceniem czasu wiązania o 38% w odniesieniu do wartości uzyskanej dla zaprawy wzorcowej.

Na czas wiązania zaprawy ma również wpływ średnica regranulatu. Przy 40% zawartości regranulatu gumy o średnicy ziaren 0,63 mm w zaprawie, czas reakcji wiązania zaprawy wynosi 2 min 5 s, w przypadku zastosowania regranulatu o średnicy 0,4 mm ma wartość 1min 46 s, natomiast gdy ziarna miały średnicę ziaren 0,1 mm czas wiązania był zbliżony do wartości wyznaczonej dla zaprawy zawierającej regra-

nulat o średnicy ziaren 0,63 mm i wynosił 2 min 37 s. Krótki czas wiązania świadczył o dużej lepkości zaprawy w badanych warunkach, natomiast w temperaturze poniżej zera zaprawa nie ma właściwości wiążących. Duża lepkość zaprawy może mieć zastosowanie do uzupełnienia dużych ubytków elementów budowlanych. Wprowadzenie do zaprawy regranulatu o nieregularnej powierzchni powoduje zwiększenie ilości ośrodków krystalizacji gipsu i tym samym przyspieszenie szybkości wiązania, dlatego elementy wykonane z takiego rodzaju mieszanki mogą służyć do wykonywania szybkich napraw budowlanych.

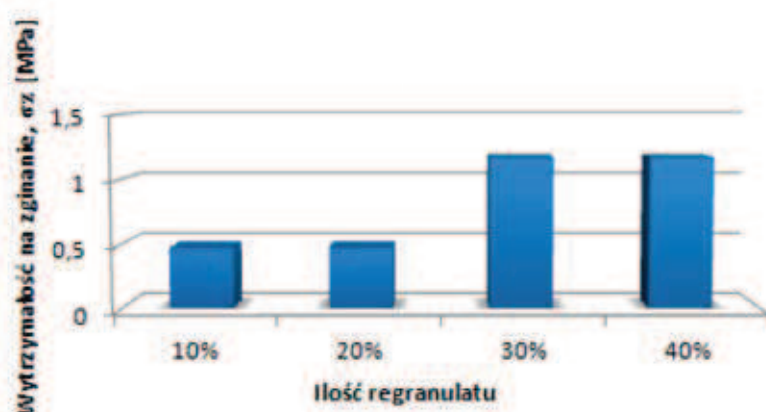
### 3.2. BADANIA WYTRZYMAŁOŚCI NA ZGINANIE I ŚCISKANIE

Wyniki badań wytrzymałościowych zostały przedstawione na wykresach Rys.6 – Rys. 9 w postaci zależności wytrzymałości na zginanie i ściskanie zapraw z dodatkiem regranulatów w funkcji zawartości procentowej regranulatu zawartego w zaprawie.



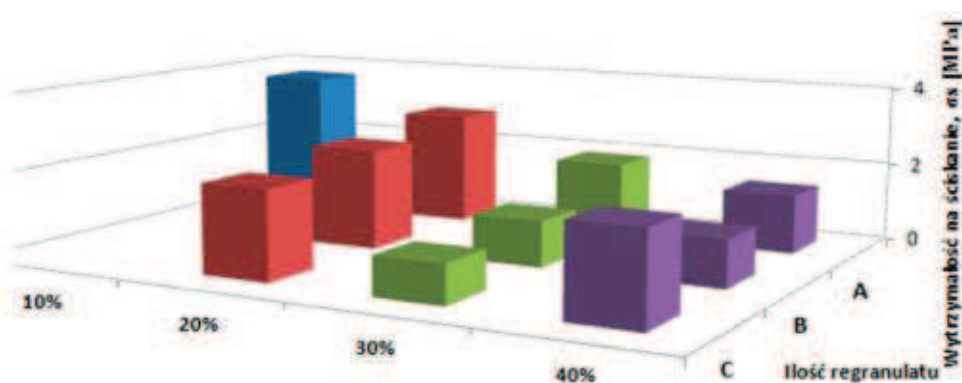
Rys. 6. Zależność wytrzymałości na zginanie zapraw z dodatkiem regranulatu gumy o różnej średnicy ziaren: A – 0,63 mm, B – 0,4 mm, C – 0,1 mm od zawartości regranulatu w zaprawie

Fig. 6. The relationship between flexural strength of mortars with the addition of rubber grain with different diameter of grains: A – 0,63mm, B – 0,4mm, C – 0,1mm and the percentage of rubber grain in mortars



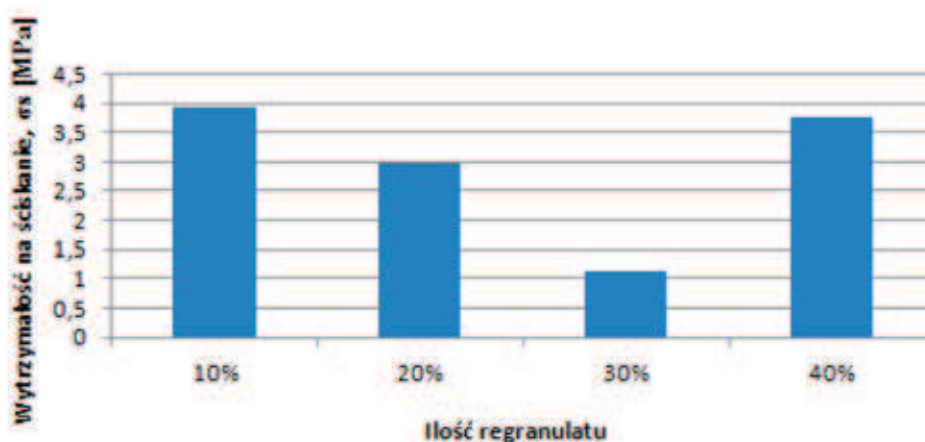
Rys. 7. Zależność wytrzymałości na zginanie zapraw z dodatkiem regranulatu polietylenowego od zawartości regranulatu w zaprawie

Fig. 7. The relationship between flexural strength of mortars with the addition of polyethylene grain and the percentage of polyethylene grain in mortars



Rys. 8. Zależność wytrzymałości na ściskanie zapraw z dodatkiem regranulatu gumy o różnej średnicy ziaren: A – 0,63 mm, B – 0,4 mm, C – 0,1 mm od zawartości regranulatu w zaprawie

Fig. 8. The relationship between compressive strength of mortars with the addition of rubber grain with different diameter of grains: A – 0,63mm, B – 0,4mm, C – 0,1mm and the percentage of rubber grain in mortars

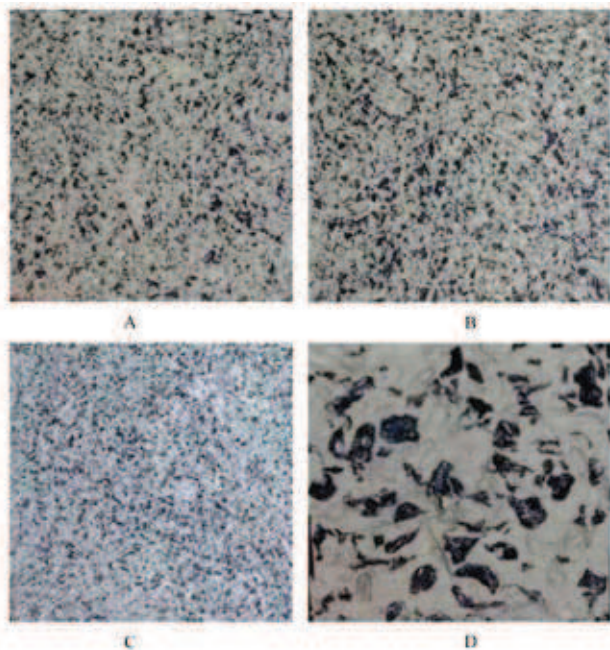


Rys. 9. Zależność wytrzymałości na ściskanie zapraw z dodatkiem regranulatu polietylenowego od zawartości regranulatu w zaprawie

Fig. 9. The relationship between compressive strength of mortars with the addition of polyethylene grain and the percentage of polyethylene grain in mortars



Poniżej przedstawiono przykładowe makrostruktury zestalonych zapraw gipsowo – polimerowych o różnej zawartości regranulatów gumy oraz wtórnego polietylenu bezpośrednio po wykonanej próbie zginania (Rys. 10).



Rys. 10. Przekrój poprzeczny próbek zapraw o różnej zawartości regranulatów: A – gumy 20%,  $\varnothing = 0,1$  mm; B – gumy 40%,  $\varnothing = 0,4$  mm; C – gumy 40%,  $\varnothing = 0,63$  mm; D – polietylenu 30%, po wykonanej próbie zginania (powiększenie 4x)

Fig. 10. The cross-section samples of mortars with a different content of regranulate: A – rubber 20%,  $\varnothing = 0,1$  mm; B – rubber 40%,  $\varnothing = 0,4$  mm; C – rubber 40%,  $\varnothing = 0,63$  mm; D – polyethylene 30%, after performing flexural test (4x zoom)

Regranulat gumy został równomiernie rozmieszczony w całej objętości zaprawy (Rys. 10), co umożliwiło uzyskanie powtarzalnych wyników badań wytrzymałości na zginanie i ściskanie zapraw polimerowo – gipsowych. Dodatek ten powodował zmianę wytrzymałości na zginanie zaprawy w porównaniu do wartości wytrzymałości na zginanie zaprawy wzorcowej niezawierającej regranulatu polimerowego (Rys. 7). Wraz ze wzrostem udziału procentowego regranulatu polimeru w zaprawie w za-

leżności od dodatku gumy lub polietylenu następował wzrost wytrzymałości na zginanie dla zaprawy zawierającej regranulat polietylenu i spadek wytrzymałości dla zaprawy zawierającej regranulat gumy (Rys. 6, Rys. 7). Dodatek 30% regranulatu gumy o średnicy ziaren 0,1 mm w zaprawie polimerowo – gipsowej powodował zmianę wytrzymałości na zginanie o ok. 8,3% w porównaniu do zaprawy wzorcowej, natomiast taka sama zawartość gumy o średnicy ziaren 0,63 mm w zaprawie powodowała zmianę wytrzymałości na zginanie o ok. 16,6%, w porównaniu z zaprawą wzorcową. Maksymalna wartość wytrzymałości na ściskanie wynosząca 3,95 MPa, została zarejestrowana dla zaprawy polimerowo-gipsowej zawierającej 10% regranulatu polietylenu. Ta wartość odpowiada zmianie wytrzymałości na ściskanie o ok. 45% w porównaniu do zaprawy bez dodatku napełniacza (Rys. 9). Ponadto inkluzje dodatku polimeru stanowią przestrzenie niezwiązane z siecią krystaliczną zaprawy, a poprzez to nie mają wpływu na zwiększenie sztywności badanego elementu. Sieć krystaliczna zestalonej zaprawy z dodatkiem polimeru może się odkształcać pod wpływem sił zewnętrznych w inny sposób niż zestalona zaprawa bez dodatku polimeru. Zaprawy gipsowe z dodatkiem polimeru jako materiału wiążącego mogą znaleźć dużą liczbę zastosowań w budownictwie lub sztukatorstwie.

#### 4. WNIOSKI

Badania zapraw polimerowo-gipsowych pozwoliły na określenie możliwości wykorzystania materiałów wtórnych, jako ciekawych dodatków do zastosowań w budownictwie. W zależności od udziału procentowego tworzywa polimerowego w zaprawie polimerowo – gipsowej uzyskano zmianę wytrzymałości na zginanie i ściskanie, jak również przyspieszenie czasu reakcji zaprawy z wodą. Na podstawie przeprowadzonych badań czasu wiązania zaprawy z dodatkiem regranulatu gumowego wykazano, że najkrótszy czas uzyskano przy

20% zawartości gumy o średnicy ziaren 0,1 mm, a najdłuższy w przypadku dodatku 30% gumy o średnicy ziaren 0,1 mm. Dodatek regranulatu polietylenowego do zaprawy pozwolił na uzyskanie krótszego czasu wiązania w odniesieniu do dodatku regranulatu gumy. Wzrost udziału procentowego polietylenu wpłyną także, na krótszy czas wiązanie zaprawy.

Badania wytrzymałości na zginanie zapraw gumowo – gipsowych wykazały, że dodatek 10% regranulatu gumowego o średnicy ziaren 0,63 mm umożliwia uzyskanie największej wartości wytrzymałości mechanicznej w porównaniu do wartości uzyskanych w przypadku próbek z pozostałymi zawartościami regranulatu gumy. Wytrzymałość na zginanie zapraw polietylenowo – gipsowych ma porównywalną wartość do uzyskanych dla wartości wytrzymałości zapraw z dodatkiem 40% regranulatu gumy.

Wartość wytrzymałość na ściskanie zapraw z dodatkiem polietylenu jest porównywalna do wartości uzyskanych dla próbek zapraw z dodatkiem regranulatu gumy. Maksymalną wartość wytrzymałości na ściskanie uzyskano dla próbek zapraw z dodatkiem 10% regranulatu gumowego o średnicy ziaren 0,63 mm, a minimalną dla próbek zapraw z dodatkiem 30% regranulatu gumowego o średnicy ziaren 0,1 mm.

Na podstawie zaprezentowanych wyników badań wytrzymałości na zginanie i ściskanie można stwierdzić, że dodanie do mieszaniny gipsowej regranulatu polimerowego wpływa na wzrost zarówno elastyczności zaprawy, jak i możliwości przenoszenie przez nią obciążeń mechanicznych bez uszkodzenia struktury badanego elementu. Może to zwiększać zakres użytkowania mieszanin gipsowych z dodatkami napelniający z tworzyw polimerowych.

## LITERATURA

1. Osiecka E.: *Materiały budowlane – tworzywa sztuczne*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
2. Osiecka E.: *Materiały Budowlane – spoiwa mineralne, kruszywa*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
3. Chładziński S.: *Spojwa gipsowe w budownictwie*, Dom Wydawniczy Medium, Warszawa 2008.
4. Osiecka E.: *Wapno w budownictwie – tradycja i nowoczesność*, Wydawnictwo Stowarzyszenie Przemysłu Wapiennego, Kraków 2006.
5. PN-EN 1996-2: 2010/NA:2010 Eurokod 6 – Projektowanie konstrukcji murowych – Część 2: Wymagania projektowe, dobór materiałów i wykonanie murów.
6. Szymura T.: *Chemia w inżynierii materiałów budowlanych, część 1*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2012.
7. Szymura T.: *Chemia w inżynierii materiałów*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2015.
8. Jarosiński A., Żelazny S., Nowak A.: *Warunki otrzymywania spoiwa gipsowego z produktu odpadowego pochodzącego z procesu pozyskiwania koncentratu cynku*, Czasopismo techniczne 1/Ch-2007 Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007, str. 24–28.
9. Karta charakterystyki – *Gips budowlany Dolina Nidy*, [http://www.dolina-nidy.com.pl/images/stories/pdf/KCH\\_GIPS\\_BUDOWLANY.pdf](http://www.dolina-nidy.com.pl/images/stories/pdf/KCH_GIPS_BUDOWLANY.pdf) – dostęp na dzień 25.05.2015.
10. PN-EN 13279-1: 2009 *Spojwa gipsowe i tynki gipsowe – Część 1: Definicje i wymagania*.
11. Zdaniewicz M., *Wpływ domieszek związków krzemorganicznych na właściwości zaczynów i zapraw cementowych*, nr 5 Cement Wapno Beton, 2000, str. 194–203.
12. PN-EN 196-1: 2006 *Metody badania cementu – Część 1: Oznaczanie wytrzymałości*.
13. PN-86/B-04360 *Spojwa gipsowe – Metody badań – Oznaczanie cech fizycznych*.
14. PN-85/B-04500 *Zaprawy budowlane – Badania cech fizycznych i wytrzymałościowych*.
15. Osiecka E.: *Fosfogips. Spoiwa i elementy budowlane*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1980.

Publikację przyjęto do druku: 20-10-2016