



Badania wytrzymałości na ściskanie gipsów stomatologicznych drugiej i trzeciej klasy twardości

P. Galisz^a, G. Chladek^b, K. Basa^b, Ł. Reimann^c

^a Studentka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

email: patgalisz@gmail.com

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Inżynierii Materiałów Biomedycznych

email: grzegorz.chladek@polsl.pl, email: katarzyna.basa@polsl.pl

^c Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Technologii Procesów Materiałowych, Zarządzania i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie

email: lukasz.reimann@polsl.pl

Streszczenie: Materiałami wykorzystanymi do badań był gips stomatologiczny drugiej klasy twardości i trzeciej klasy twardości. Z materiałów wykonano próbki stosując różne proporcje wody do proszku gipsowego. Próbkę poddano statycznej próbie ściskania na maszynie wytrzymałościowej ZWICK Z020. Wiązanie gipsu przebiegało w klimatyzowanym pomieszczeniu w temperaturze 16°C przez 1 h i, w celach kontrolnych, przez 24 h. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zwiększenie masy wody użytej do zarobienia gipsu obniża wytrzymałość na ściskanie próbek, a obniżenie temperatury w pracowni protetycznej sprzyja uzyskaniu niższej wytrzymałości materiałów przy zastosowaniu tego samego czasu wiązania.

Abstract: Materials used for research was model plaster and dental stone. The materials are made using different weight proportions of water to the powder of gypsum. The static compression tests were made on the Zwick Z020 testing machine. Binding of gypsum was proceeded in an air-conditioned room at 16 °C for 1 h and for comparison 24 h. Based on the survey it was found that increasing the mass of water used lowers compressive strength of samples, and also lowering of the temperature favors a lower strength of materials after using the same setting time of gypsum.

Słowa kluczowe: gips stomatologiczny klasy II, gips stomatologiczny klasy III, wytrzymałość na ściskanie

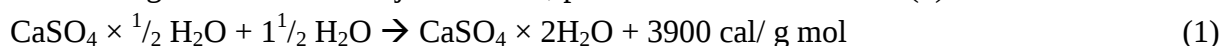
1. WPROWADZENIE

Jednym z powszechnie stosowanych w technice dentystycznej materiałów jest gips. Produkty gipsowe mogą być używane do wielu różnych celów, między innymi do pobierania wycisków, wykonywania modeli, form czy odlewów [1÷3].

Gips w przyrodzie występuje jako miękki minerał będący postacią dwuwodną siarczanu VI wapnia ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$), która wydobywana jest w formie zbitej skamieliny. Jego ciężar właściwy mieści się w przedziale od 2,2 do 2,4 g/cm³. Twardość gipsu w skali Mohsa wynosi 2. Dla porównania twardość kredy wynosi 1, a najtwardszego minerału jakim jest diament – 10. Gips generalnie charakteryzuje się relatywnie niską twardością powierzchni, dlatego też, wyroby wykonane z gipsu klasy II bądź III w łatwy sposób można zarysować, np. paznokciem [1].

Aby skale gipsowej nadać własności użytkowe dwuwodny siarczan wapnia jest wypalany w temperaturze od 107 do 150°C, co powoduje odparowanie wody krystalicznej w masie 1,5 g/mol, a dwuwodny siarczan wapnia ulega przekształceniu w półwodny siarczan VI wapnia ($\text{CaSO}_4 \times 1/2\text{H}_2\text{O}$) [1,2,4÷6]. Własności finalnego wyrobu w znacznej mierze zależą od sposobu w jaki przeprowadzany jest zabieg wypalania. Przykładowo gips drugiej klasy twardości powstaje na skutek wypalenia gipsu mineralnego w otwartym kotle w temperaturze wynoszącej od 110 do 120°C. W wyniku tego procesu powstaje półhydrat β -siarczanu wapnia o niejednorodnej oraz porowatej strukturze. Do produkcji gipsów trzeciej klasy twardości wykorzystuje się produkt dehydratacji pod ciśnieniem w obecności pary wodnej o temperaturze wynoszącej około 125°C, w wyniku czego powstaje półwodny α -siarczan wapnia o strukturze bardziej jednordonnej i lepszych własnościach mechanicznych.

Na skutek zmieszania z wodą proszku gipsowego (półwodnego siarczanu VI wapnia) zachodzi egzotermiczna reakcja odwrotna, przedstawiona równaniem (1):



w wyniku, której gips przechodzi ponownie w postać dwuwodną [1,6÷7].

Klasyfikację gipsów stosowanych w stomatologii i protetyce stomatologicznej opisano w normie PN-EN ISO 6873:2002 „Gipsy dentystyczne”, dzieląc materiały te na pięć podstawowych typów o odmiennych obszarach zastosowania i wymaganiach dotyczących wytrzymałości na ściskanie, zakresu ekspansji liniowej i zdolności do odtwarzania szczegółów [1,3]. Wymagania te zestawiono w tablicy 1. Jedną z ważniejszych własności gipsów stomatologicznych jest czas wiązania. Na jego długość wpływa wiele czynników, takich jak intensywność mieszania, czas mieszania, temperatura wody zastosowanej do zarobienia gipsu [1,6]. Procesowi wiązania gipsu towarzyszy także zmiana wymiarów liniowych. W rzeczywistości samej reakcji towarzyszy skurcz, jednak pomiędzy powstającymi kryształami pozostają wolne przestrzenie, które z kolei przyczyniają się do zwiększenia objętości materiału. Ekspansję gipsu podczas wiązania można zmniejszyć między innymi przez dodanie pewnych substancji chemicznych [1,2].

Tablica 1. Zestawienie wymagań jakościowych stawianych poszczególnym klasom gipsów stosowanych w stomatologii wg. normy PN-EN ISO 6873:2000

Table 1. Summary of requirements posed to individual varieties of quality gypsum used in dentistry by PN-EN ISO 6873:2000

Rodzaj gipsu	Zakres ekspansji wiązania, %	Wytrzymałość na ściskanie, MPa	Zdolność do odtwarzania szczegółów, μm
Wyciskowy, typu I	0÷0,15	4,0÷8,0	75 ± 8
Modelowy, typu II	0÷0,30	min. 9,0	75 ± 8
Twardy, typu III	0÷0,20	min. 20,0	50 ± 8
Supertwardy o małej ekspansji, typu IV	0÷0,15	min. 35,0	50 ± 8
Supertwardy o dużej ekspansji, typu V	0,16÷0, 30	min. 35,0	50 ± 8

Gips po związaniu charakteryzuje się dość dużą wytrzymałością na ściskanie. Własność ta w dużej mierze zależy od proporcji wody do proszku. Im mniej wody wykorzystuje się do przygotowania mieszaniny, tym większa jest wytrzymałość na ściskanie [6]. Tym niemniej użycie zbyt małej masy wody w stosunku do proszku, np. takiej, jaka wynika z reakcji wiązania, powoduje, że uzyskana masa nie posiada własności pozwalających na kształtowanie masy ze względu na jej dużą lepkość i niewłaściwą konsystencję [6,7].

We współczesnej technice dentystycznej materiały gipsowe należą do powszechnie wykorzystywanych podczas wykonawstwa prac protetycznych. Ponadto często spotyka się w pracowniach stomatologicznych stosowanie urządzeń klimatyzujących (ze szczególnym nasileniem okresu letniego), a co za tym występowanie odmiennych warunków klimatycznych niż podczas badań prowadzonych przez producentów materiałów. Równie częstym jest stosowanie błędnych, tj. różnych od zaleceń producentów, proporcji wody do proszku, co może przekładać się na finalne własności uzyskanych za ich pomocą modeli. W związku z powyższym celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu zmiany proporcji wody do proszku z uwzględnieniem obniżenia temperatury w pracowni protetycznej na wytrzymałość na ściskanie gipsów drugiej i trzeciej klasy twardości.

2. METODYKA BADAŃ

Podczas badań wykorzystano dwa materiały. Pierwszym materiałem do badań był gips stomatologiczny klasy II, biały (Zhermapol. Polska). Producent zaleca stosowanie proporcji wody do gipsu 50 ml na 100 g i deklaruje czas wiązania wynoszący ok. 8÷12 min. Czas mieszania mechanicznego powinien wynosić 30 s. Drugim materiałem do badań był gips stomatologiczny klasy III, Giludur yellow, (BK Giulini GmbH, Niemcy). Producent zaleca stosowanie proporcji wody do gipsu 30 ml na 100 g i deklaruje czas wiązania wynoszący ok. 10 min. Czas mieszania mechanicznego powinien wynosić 30 s. Do badań wykonywano próbki zwiększając stopniowo masę mody użytej do zarobienia gipsu w stosunku do zaleceń producenta kolejno o 5, 10, 15, 20, 30 oraz 50%.

Próbki do badań wykonywano zgodnie z zaleceniami normy PN-EN ISO 6873:2002 „Gipsy dentystyczne”. Masę zarabiano wg. powszechnie przyjętej procedury, tj. do odmierzanej masy wody destylowanej wprowadzono odmierzoną masę gipsu klasy II lub klasy III, a następnie masę mieszano mechanicznie przy użyciu mieszadła próżniowego. Tak przygotowaną masę wlewano do form wykonanych z silikonowej masy powielającej o addycyjnym sposobie wiązania, umieszczonych na wibratorze. Wymiary formy pozwalały wykonać znormalizowane próbki o średnicy wynoszącej $20 \pm 0,2$ mm oraz wysokości wynoszącej $40 \pm 0,4$ mm. Podczas napełniania delikatnie wibrowano formami w celu usunięcia powstających pęcherzyków powietrza. Przed utratą połysku powierzchni mieszaniny wyrównano jej poziom poprzez dociśnięcie płytki szklanej do górnej płaszczyzny formy silikonowej. Po upływie 45 ± 1 min od momentu rozpoczęcia mieszania wyjmowano próbki z form. W laboratorium, w którym wykonywano próbki utrzymywano temperaturę powietrza wynoszącą $16 \pm 1^\circ\text{C}$.

Dla każdej spośród podanych proporcji masy wody do masy proszku gipsowego wykonano po pięć próbek, a więc łącznie wykonano 80 próbek. Statyczną próbę ściskania realizowano na uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej ZWICK Z020 (rys. 1). Prędkości obciążenia próbek wynosiła 80 N/s. Badanie wytrzymałości na ściskanie wykonywano po czasie wynoszącym 60 ± 5 min. od chwili rozpoczęcia mieszania gipsu oraz dodatkowo na próbkach gipsu klasy II i klasy III otrzymanych z zastosowaniem proporcji masowych wody do proszku gipsowego zalecanych przez producenta po 24 ± 1 godzinach od rozpoczęcia mieszania gipsu.

Badania były prowadzone do momentu zniszczenia każdej z próbek (rys. 2). Wytrzymałość na ściskanie wyliczono na podstawie poniższej zależności:

$$\sigma = F_{\max}/S$$

gdzie: σ – wytrzymałość na ściskanie wyrażona w MPa, $F_{\max}$ – siła niszcząca wyrażona w N, S – początkowe pole powierzchni przekroju próbki wyrażone w mm^2 .



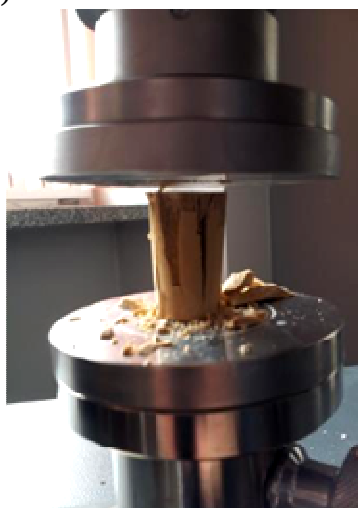
Rysunek 1. Uniwersalna maszyna wytrzymałościowa ZWICK Z020

Figure 1. Universal testing machine ZWICK Z020

a)



b)

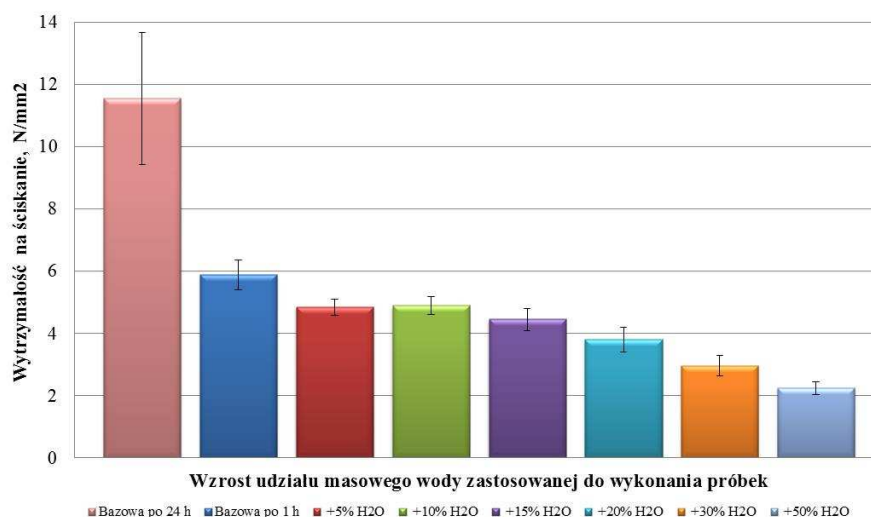


Rysunek 2. Przykładowe próbki gipsu klasy II po wyjęciu z formy silikonowej (a) oraz próbka wykonana z gipsu klasy III po zakończeniu próby statycznego ściskania na maszynie wytrzymałościowej (b)

Figure 2. Samples of model plaster after removal from the silicone mold (a) and a sample of dental stone after compression test (b)

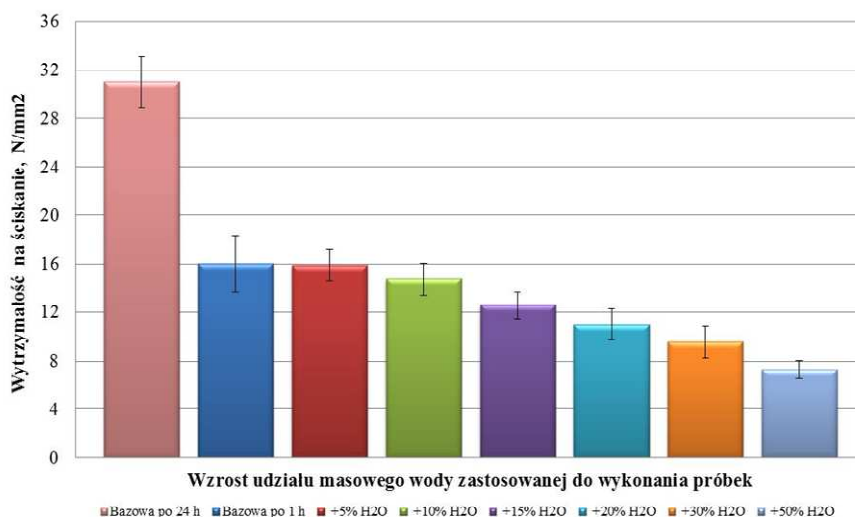
3. WYNIKI BADAŃ

Wyniki przeprowadzonych badań zaprezentowano na rysunku 3 i 4. Wraz ze wzrostem masy wody destylowanej użytej do zarobienia gipsu stomatologicznego klasy II i klasy III wartości wytrzymałości na ściskanie ulegały wyraźnemu zmniejszeniu.



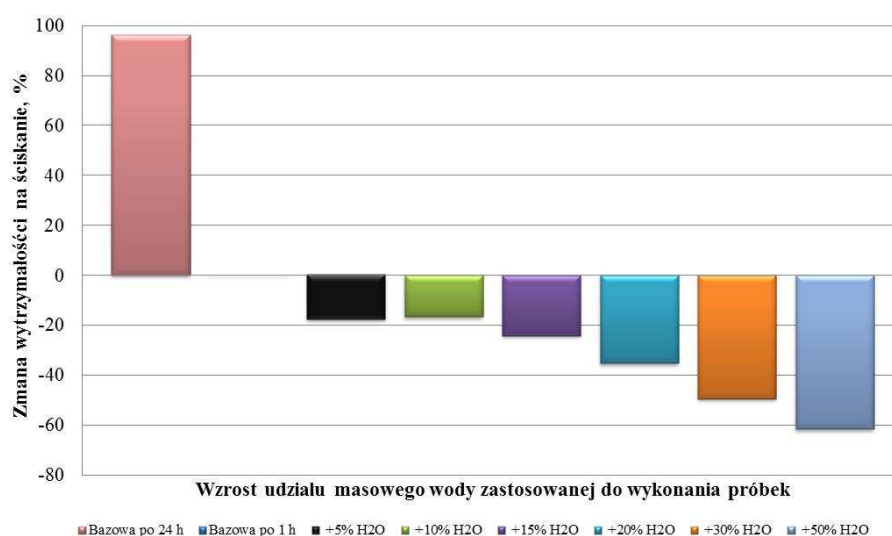
Rysunek 3. Zestawienie wyników badań wytrzymałości na ściskanie uzyskanych dla gipsu klasy II, przy czym dla próbek bazowych zastosowano proporcję masy wody do masy proszku gipsowego zalecaną przez producenta

Figure 3. Summary of the results of the compressive strength obtained for dental plaster, wherein the weights ratio of the water to the gypsum powder for besse samples were in accordance with manufacturer recommendation

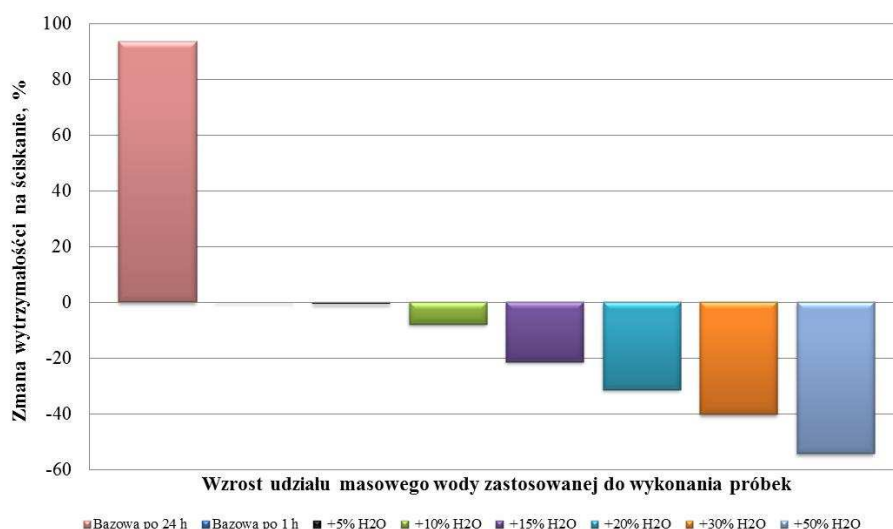


Rysunek 4. Zestawienie wyników badań wytrzymałości na ściskanie uzyskanych dla gipsu klasy III, przy czym dla próbek bazowych zastosowano proporcję masy wody do masy proszku gipsowego zalecaną przez producenta

Figure 4. Summary of the results of the compressive strength obtained for dental stone, wherein the weights ratio of the water to the gypsum powder for besse samples were in accordance with manufacturer recommendation



Rysunek 5. Procentowe zmiany wytrzymałości na ściskanie gipsu klasy II na skutek zmian masy wody użytej do zarobienia gipsu oraz wydłużenia czasu przed badaniem względem własności próbek bazowych wykonanych zgodnie z zaleceniami producenta badanych po 1 h
 Figure 5. Percent change in the average compressive strength of dental plaster relative strength of the samples made in accordance with the manufacturer's instructions and tested after 1 hour



Rysunek 6. Procentowe zmiany wytrzymałości na ściskanie gipsu stomatologicznego klasy trzeciej na skutek zmian masy wody użytej do zarobienia gipsu oraz wydłużenia czasu przed badaniem względem własności otrzymanych dla próbki bazowej wykonanej zgodnie z zaleceniami producenta i badanej po 1 h
 Figure 6. Percent change in the average compressive strength of dental stone relative strength of the samples made in accordance with the manufacturer's instructions and tested after 1 hour

W przypadku gipsów klasy drugiej stwierdzono, że zwiększenie masy wody o 5% powoduje obniżenie wytrzymałości na ściskanie, ale tendencja ta ulegała wyraźnemu nasileniu w przypadku zwiększania masy wody użytej do zarobienia proszku o 20% i więcej. Uwagę zwracał

fakt, że w przypadku przeprowadzenia badania po 24 h wytrzymałość na ściskanie wzrastała blisko dwukrotnie. Wykres ilustrujący procentowe zmiany wytrzymałości badanych próbek przedstawiono na rysunku 5.

W przypadku gipsów trzeciej klasy stwierdzono, że zwiększenie masy wody o 10% powoduje obniżenie wytrzymałości na ściskanie, ale tendencja ta ulega stopniowemu, wyraźnemu nasileniu, wraz ze zwiększaniem masy wody. Uwagę zwracał fakt, że w przypadku przeprowadzenia badania po 24 h wytrzymałość na ściskanie wzrastała o ok. 90%. Wykres ilustrujący procentowe zmiany wytrzymałości na ściskanie badanych próbek przedstawiono na rysunku 6.

4. PODSUMOWANIE

Jedną z ważniejszych własności gipsu stomatologicznego jest jego wytrzymałość na ściskanie. Na wartości wytrzymałości na ściskanie gipsów stomatologicznych ma wpływ wiele czynników m.in.: proporcja wody do proszku gipsowego, czas po jakim wykonano badanie oraz inne parametry procesu technologicznego związane z wykonaniem próbek w skali laboratorium oraz wytwarzaniem modeli w skali pracowni protetycznej. Ogólnie, im większa jest masa wody użytej do zarobienia gipsu, tym mniejsza jest jego wytrzymałość na ściskanie, zarówno w przypadku gipsu stomatologicznego klasy II, jak i klasy III.

Otrzymane wyniki badań wytrzymałości na ściskanie przeprowadzonych dla próbek po czasie wynoszącym 60 ± 5 min od chwili rozpoczęcia mieszania wskazują, że badane materiały w tym zakresie nie spełniły wymagań stawianych przez normę PN-EN ISO 6873:2002, ponieważ wytrzymałość na ściskanie gipsu klasy drugiej powinna wynosić przynajmniej 9 MPa, a klasy trzeciej nie mniej niż 20 MPa. Należy jednak zauważyć, że wg. normy PN-EN ISO 6873:2002 wiązanie gipsu powinno się odbywać w temperaturze wynoszącej 21°C , natomiast w analizowanym przypadku w pomieszczeniu obniżono temperaturę w pomieszczeniu przy pomocy klimatyzatora do 16°C . Natomiast wydłużenie czasu poprzedzającego badanie do 24 h pozwoliło na uzyskanie własności odpowiadających zadeklarowanym przez producentów materiałów oraz gwarantujących spełnienie wymagań rzeczowej normy przedmiotowej. Rezultaty te wskazują, że we współczesnych, klimatyzowanych laboratoriach protetycznych, biorąc pod uwagę zadeklarowany przez producenta czas wiązania gipsu, należy dodatkowo uwzględnić temperaturę otoczenia, bowiem nawet pozornie nieznaczne jej obniżenie o 5°C może prowadzić do uzyskania niedostatecznych własności modeli gipsowych, pomimo, że przy obdukcji palpacyjnej próbki wydają się być już związane prawidłowo.

Natomiast zwiększenie udziału masowego wody użytej do zarobienia masy gipsowej prowadzi do obniżenia wytrzymałości mechanicznej poprzez zwiększenie udziału masowego wody wolnej w próbce lub modelu. Zbyt duża masa wody wolnej w próbkach sprawia, że po jej odparowaniu materiał jest bardziej porowaty i charakteryzuje się niższą wytrzymałością na ściskanie. Badania te świadczą, że błędem jest często spotykane w pracowniach protetycznych zarabianie gipsów przy organoleptycznej, bazującej na doświadczeniu i rutynie, kontroli stosunku masowego proszku.

Należy zauważyć, że przeprowadzone badania pozwalają wyciągnąć wnioski dotyczące jednej tylko własności oraz wpływu na nią zaledwie dwóch czynników. W praktyce o jakości uzyskanych modeli gipsowych decydują również inne, obok wytrzymałości na ściskanie, właściwości, takie jak np.: zakres procentowej ekspansji podczas wiązania, czas wiązania czy zdolność do odtwarzania szczegółów. Na własności te wpływają, oprócz masy

wody użytej do zarobienia gipsu, również inne parametry procesu technologicznego, jak np. czystość narzędzi użytych do zarobienia gipsu, intensywność procesu zarabiania, czas mieszania, temperatura wody użytej do zarabiania czy intensywność wstrząsania na wibratorze podczas odlewania modelu.

4. PODZIĘKOWANIA

Pracę zrealizowano w ramach programu współpracy dla studentów „mentoring” w ramach projektu nr FSD-6/RMT-1/2012: „IMOTECH – poprawa atrakcyjności kształcenia na kierunku Inżynieria Materiałowa” na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki.

LITERATURA

1. Z. Raszewski, W. Zabojszcz, Masy wyciskowe i gipsy, Wydawnictwo Elamed, Katowice, 2010.
2. P. Kordasz, Z. Wolanek, Materiałoznawstwo protetyczno-stomatologiczne, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa, 1983.
3. PN-EN ISO 6873:2002. Gipsy dentystyczne.
4. M. Gołębiewska, Materiałoznawstwo protetyczne, Akademia Medyczna w Białymstoku, Białystok, 2003.
5. M.V. Thomas, D.A. Puleo, Calcium Sulfate: Properties and Clinical Applications, Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials 2 (2009) 597-610.
6. R.G. Craig, Materiały stomatologiczne, Wydawnictwo Medyczne Urban & Partner, Wrocław, 2012.
7. S.W. Majewski, Podstawy protetyki w praktyce lekarskiej i technice dentystycznej, Wydawnictwo stomatologiczne SZS-W, Kraków, 2000.