



Wydział Inżynierii Lądowej

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

MATERIAŁY BUDOWLANE

ĆWICZENIA LABORATORYJNE

Budowlane spoiwa powietrzne: Spoiwa gipsowe

Autorzy:

dr inż. Joanna Sokołowska

dr inż. Kamil Załęgowski

Spis treści

1. Cel ćwiczenia	3
2. Podstawowe informacje.....	3
2.1. Definicje wg PN-EN 13279-1:2009	3
2.2. Wprowadzenie	3
3. Oznaczenia do wykonania:	6
3.1. Stosunek woda/spoiwo gipsowe metodą zasypywania wg PN-EN 13279-2:2006	6
3.1.1. Materiały i wyposażenie do użycia	6
3.1.2. Wykonanie oznaczenia	6
3.1.3. Ocena wyników badań stosunku w/g	6
3.1.4. Opracowanie wyników badań stosunku w/g	7
3.2. Czas początku wiązania spoiwa gipsowego metodą nacinania nożem wg PN-EN 13279-2:2006	7
3.2.1. Materiały i wyposażenie do użycia	7
3.2.2. Wykonanie oznaczenia	7
3.2.3. Ocena wyników badań	8
3.2.4. Opracowanie wyników badań	8
3.3. Przygotowanie próbek do badania wytrzymałości spoiwa gipsowego typu A wg PN-EN 13279-2:2006	9
3.3.1. Materiały i wyposażenie do użycia	9
3.3.2. Wykonanie oznaczenia	9
3.3.3. Ocena wyników badań	10
3.3.4. Opracowanie wyników badań	10
4. Sprawozdanie z ćwiczenia.....	10
5. Zalecana literatura uzupełniająca do tematu	11

1. Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z rodzajami spoiw i tynków gipsowych, ich właściwościami oraz metodami badań.
Wykonanie badania:

- stosunku woda/gips
- czasu początku wiązania
- wytrzymałości na ściskanie na przygotowanych próbkach

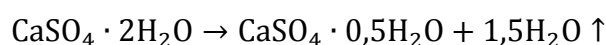
2. Podstawowe informacje

2.1. Definicje wg PN-EN 13279-1:2009

- **spoiwo gipsowe** – spoiwo złożone z siarczanu wapnia o różnym stopniu uwodnienia, np. półhydratu ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$) i anhydrytu (CaSO_4)
- **tynk gipsowy** – tynk składający się z co najmniej 50% siarczanu wapnia jako głównego składnika wiążącego i nie więcej niż 5% wapna (wodorotlenku wapnia)
- **tynk na bazie gipsu** – tynk gipsowy składający się z mniej niż 50% siarczanu wapnia jako głównego składnika wiążącego i nie więcej niż 5% wapna (wodorotlenku wapnia)
- **lekki tynk gipsowy** – tynki gipsowe, które zawierają nieorganiczne kruszywa lekkie, takie jak perlit ekspandowany lub wermikulit, albo kruszywa lekkie organiczne
- **tynk gipsowy o zwiększonej twardości powierzchni** – tynk gipsowy o specjalnym składzie spełniający wymagania co do zwiększonej twardości powierzchni

2.2. Wprowadzenie

Surowiec pochodzenia naturalnego do produkcji spoiw gipsowych to **dwuwodny siarczan wapnia** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Spoiwa gipsowe są również wytwarzane z odpadów przemysłowych zawierających siarczan wapniowy (tzw. gipsy syntetyczne lub chemiczne). Produkcja spoiw gipsowych polega na prażeniu (dehydratacji) rozdrobnionego surowca wyjściowego, zakończonego mieleniem gipsu. W zależności od wysokości temperatury procesu prażenia można otrzymać różne odmiany gipsu – **półhydrat (gips półwodny)** ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$), anhydryt (CaSO_4), estrichgips ($\text{CaSO}_4 + 5\%\text{CaO}$). Głównym składnikiem wszystkich odmian gipsu jest siarczan wapnia na różnym stopniu uwodnienia. Spoiwo gipsowe, będące przedmiotem badań na ćwiczeniach – gips półwodny, jest produkowane w wyniku procesu dehydratacji dwuwodnego siarczanu wapnia w temperaturze 150-200°C, który zachodzi wg reakcji:



Proces wiązania spoiw gipsowych (hydratacja) polega na łączeniu się ich cząsteczek stałych w spójną masę po zarobieniu wodą, w wyniku czego powstaje siarczan dwuwodny wapnia –

surowiec do produkcji spoiw gipsowych. Czas wiązania (czas upływający od zarobienia gipsu wodą do chwili utraty plastyczności) zależy od:

- ilości zanieczyszczeń i ich rodzaju
- ilości wody zarobowej
- uziarnienia gipsu
- temperatury, w której przebiega proces wiązania.

Do zalet spoiw gipsowych można zaliczyć:

- białą barwą stwardniałego zaczynu
- ekologiczność (podczas produkcji gipsu wydziela się woda)
- łatwa i tania produkcja (niewielka energochłonność)
- korzystna relacja gęstość/wytrzymałość
- dobra izolacyjność cieplna
- zdolność do regulowania wilgotności w pomieszczeniach
- duże rozdrobnienie (łatwość formowania i uzyskiwania gładkich powierzchni)
- krótki czas wiązania (zaleta w przypadku wykonywania np. drobnych napraw)

Wady spoiw gipsowych to:

- krótki czas wiązania (w przypadku prac na dużych powierzchniach)
- korozyjny wpływ na elementy metalowe
- brak odporności na kontakt z wodą
- mała odporność na uderzenia
- uzależnienie wytrzymałości od wilgotności

Zgodnie z normą PN-EN 13279-1:2009 spoiwa gipsowe powinny być klasyfikowane jako spoiwa do bezpośredniego stosowania oraz dalej przetwarzane na różnego rodzaju tynki i zaprawy oraz elementy prefabrykowanej (płyty gipsowo-kartonowe, gipsowe itp.) – tab.1.

Tab. 1. Rodzaje spoiw gipsowych i tynków gipsowych wg PN-EN 13279-1:2009

Przeznaczenie	Znak
Spoiwa gipsowe no. <ul style="list-style-type: none"> • do bezpośredniego stosowania lub dalszego przetwarzania (wyroby sypkie) • do bezpośredniego stosowania na budowie • do dalszego przetwarzania (np. na płyty gipsowe, płyty gipsowo-kartonowe, elementy gipsowe do sufitów podwieszanych, płyty gipsowe wzmocnione włóknami) 	A A1 A2 A3
Tynki gipsowe: <ul style="list-style-type: none"> • tynk gipsowy • tynk na bazie gipsu • tynk gipsowo-wapienny • tynk lekki gipsowy • tynk lekki na bazie gipsu • tynk lekki gipsowo-wapienny • tynk gipsowy o zwiększonej twardości powierzchni 	B B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7

Tab. 1. Rodzaje spoiw gipsowych i tynków gipsowych wg PN-EN 13279-1:2009 (c.d.)

Tynki i zaprawy gipsowe specjalnego przeznaczenia <ul style="list-style-type: none"> • zaprawa gipsowa do wyrobów z dodatkiem włókien • gipsowa zaprawa murarska • tynk gipsowy akustyczny • tynk gipsowy do izolacji cieplnej • tynk gipsowy ogniochronny • tynk gipsowy cienkowarstwowy • tynk gipsowy wykończeniowy 	C C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7
---	---

Przewidziane w normie PN-EN 13279-1:2008 badania spoiw gipsowych typu A obejmują analizę:

- stosunku woda/spoiwo
- czasu początku wiązania
- twardości
- wytrzymałości na zginanie
- wytrzymałości na ściskanie
- przyczepności tynku do podłoża
- izolacyjności akustycznej

3. Oznaczenia do wykonania:

3.1. Stosunek woda/spoiwo gipsowe metodą zasypywania wg PN-EN 13279-2:2006

3.1.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- spoiwo gipsowe do bezpośredniego stosowania typu A
- woda
- naczynie szklane o wewnętrznej średnicy 66 mm i wysokości 66 mm oraz z oznakowaniem na wysokości 16 i 32 mm
- stoper
- waga

3.1.2. Wykonanie oznaczenia

Polega na oznaczeniu masy spoiwa gipsowego w gramach, którym można nasycić 100 g wody podczas zasypywania. Oznaczenie rozpoczyna się od wiania 100 g wody do naczynia szklanego, w taki sposób, aby nie zwilżyć jego górnej części. Masę wlanej wody razem z naczyniem (m_o) notuje się z dokładnością do 0,5 g. Próbkę spoiwa gipsowego pobiera się do miski, a w następnym kroku zasypuje powierzchnię wody w taki sposób, aby po 30 s zostało osiągnięte pierwsze oznakowanie, a po 60 s – drugie oznakowanie. Zasypywanie kontynuuje się do chwili, w której zaczyn gipsowy osiągnie wysokość mniej więcej 2 mm poniżej poziomu wody (po 90 ± 10 s). W następnych $20 \div 40$ s należy wsypywać spoiwo na powierzchnię wody, tak aby lustro wody zniknęło. Wsypywane spoiwo musi nasycić się wodą. Na koniec notuje się masę naczynia szklanego z wodą i wsypanym spoiwem (m_1) z dokładnością do 0,5 g, a stosunek woda/spoiwo oblicza się według wzoru:

$$R = \frac{100}{m_1 - m_o}$$

Gdzie: m_o – masa naczynia szklanego i wody [g], m_1 -masa naczynia szklanego, wody i spoiwa.

3.1.3. Ocena wyników badań stosunku w/g

W normie PN-EN 13279-1:2008 i PN-EN 13279-2:2006 dla spoiw gipsowych typu A brak jest wymagań dotyczących wartości wskaźnika woda/spoiwo.

3.1.4. Opracowanie wyników badań stosunku w/g

Wyniki powinny być przedstawione w postaci tabeli (tab.2).

Tab.2. Przykładowa tabela prezentująca otrzymane wyniki

Badany materiał: spoiwo gipsowe typu A			
Pomiar	I	II	III
m_o – masa naczynia i wody [g]			
m_I – masa naczynia, wody i spoiwa [g]			
$m_{\acute{s}r}$ – wartość średnia masy wsypanego spoiwa			
masa wody	100 g		
Stosunek woda/spoiwo R			

3.2. Czas początku wiązania spoiwa gipsowego metodą nacinania nożem wg PN-EN 13279-2:2006

3.2.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- spoiwo gipsowe typu A
- woda
- miska
- mieszadło
- szklana płytką
- nóż
- waga

3.2.2. Wykonanie oznaczenia

Metoda nacinania nożem może być stosowana do badania spoiw i tynków gipsowych. W celu wykonania oznaczenia należy przygotować 200 g spoiwa gipsowego i spoiwo gipsowe, którego masę ustala się na podstawie wyznaczonego współczynnika w/g. Spoiwo wsypuje się do wody w misce i uruchamia się pomiar czasu. Po dokładnym wymieszaniu składników, przygotowany zaczyn wylewa się na szklaną płytkę, w taki sposób, aby uformować trzy placki o wymiarach od 100 do 120 mm i grubości około 5 mm. Dwa z uformowanych placków próbnie nacina się nożem w odstępach czasu wskazanych przez prowadzącego (po każdym nacięciu należy oczyścić nóż!), a placek trzeci przeznaczony jest do właściwego nacięcia kontrolnego. Początek czasu wiązania to czas liczony od wsypania spoiwa do wody do chwili, w której krawędzie naciętego nożem placka z zaczynu gipsowego nie będą się zlewać.

3.2.3. Ocena wyników badań

W normie PN-EN 13279-1:2008 i PN-EN 13279-2:2006 brak jest wymagań dotyczących czasu początku wiązania spoiw gipsowych typu A.

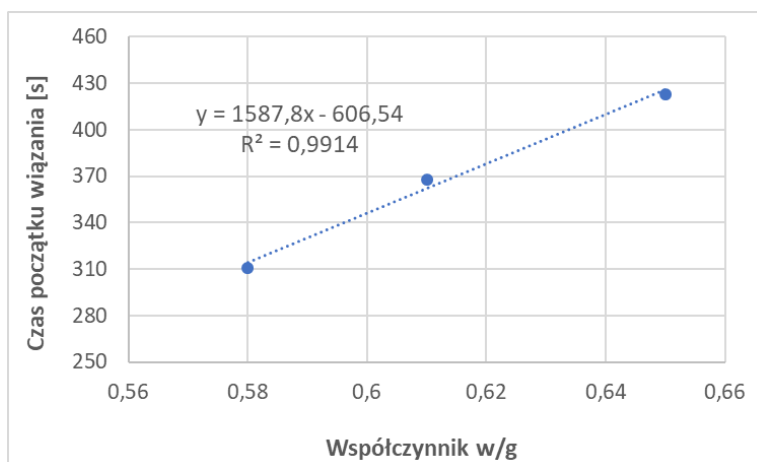
3.2.4. Opracowanie wyników badań

Wyniki powinny być przedstawione w postaci tabeli (tab.3).

Tab.3. Przykładowa tabela prezentująca otrzymane wyniki

Badany materiał: spoiwo gipsowe typu A Przebieg badania wg: PN-EN 13279-2:2006										
Próba	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Czas próby [s]										
Krawędzie nacięcia: a – zlewają się b – nie zlewają się										
Próba	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Czas próby [s]										
Krawędzie nacięcia: a – zlewają się b – nie zlewają się										
Wniosek: Zgodnie z normą PN-EN 13279-2:2006 czas początku wiązania spoiwa gipsowego typu A wynosi ... [s]										

W przypadku, gdy zespoły otrzymają różne wartości wskaźnika woda/spoiwo, należy przeprowadzić analizę wpływu wartości wskaźnika na czas wiązania spoiwa gipsowego. W tym celu należy przygotować wykres przedstawiający zależność czasu początku wiązania od wartości współczynnika w/g (rys. 1).



Rys. 1. Przykładowy wykres zależności czasu początku wiązania od wartości wg (wykres punktowy z linią trendu, przygotowany w arkuszu kalkulacyjnym Excel)

3.3. Przygotowanie próbek do badania wytrzymałości spoiwa gipsowego typu A wg PN-EN 13279-2:2006

3.3.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- spoiwo gipsowe typu A
- woda
- miska
- mieszadło
- forma do próbek – 3x beleczka 40 x 40 x 160 mm

3.3.2. Wykonanie oznaczenia

Próbki do badania wytrzymałości na zginanie i ściskanie mają wymiary 40 x 40 x 160 mm i przygotowuje się je z mieszaniny spoiwa gipsowego i wody. Proporcje wody i spoiwa ustala się na podstawie oznaczonego współczynnika w/g. W celu wykonania próbek należy przygotować odpowiednią masę spoiwa gipsowego typu A (wskazana przez prowadzącego) i do suchej miski odważyć ilość wody. Dokładnie wymieszaną mieszanką wypełnić formę i usunąć pęcherzyki powietrza przez 5-krotne opuszczenie każdej krawędzi formy z wysokości 10 mm. Nadmierną ilość zaczynu zgarnąć prostym ostrzem ruchami przypominającymi piłowanie. Przygotowane beleczki, w liczbie co najmniej trzech, przechowuje się przez 7 dni w warunkach laboratoryjnych (w temperaturze $23 \pm 2^\circ\text{C}$, przy wilgotności względnej powietrza $50 \pm 5\%$), a potem suszy do stałej masy w temperaturze $40 \pm 2^\circ\text{C}$ i chłodzi do temperatury pokojowej.

Przygotowane beleczki w pierwszej kolejności poddaje się badaniu wytrzymałości na zginanie, przez przyłożenie siły działającej centralnie na beleczkę wspartą na podporach oddalonych od siebie i 100 mm. Wytrzymałość na zginanie (R_g) w MPa oblicza się ze wzoru:

$$R_g = \frac{M}{W} = \frac{PL}{2W} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \text{MPa} \right]$$

gdzie: M – moment zginający, W – wskaźnik wytrzymałości przekroju zależny od wymiarów przekroju poprzecznego próbki (dla przekroju kwadratowego $W = \frac{b^3}{6}$), P – siła potrzebna do złamania próbki [N], L – ramię działania siły – połowa odległości między podporami [mm].

Wytrzymałość na ściskanie bada się na połówkach złamanych beleczek przez przyłożenie do nich siły ściskającej, za pośrednictwem stalowych podkładek o wymiarach 40 x 40 mm (powierzchnia 1600 mm^2). Badane próbki ściska się do zniszczenia, a wytrzymałość na ściskanie (R_c) w MPa oblicza się ze wzoru:

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \text{MPa} \right]$$

gdzie: F_c – siła niszcząca próbkę [N], 1600 – pole powierzchni ściskanej w mm^2 (powierzchnia podkładki stalowej).

3.3.3. Ocena wyników badań

W normie PN-EN 13279-1:2008 i PN-EN 13279-2:2006 brak jest wymagań dotyczących wytrzymałości na zginanie i ściskanie spoiw gipsowych typu A. Należy zwrócić uwagę na różnicę między wytrzymałością na zginanie i ściskanie badanego spoiwa gipsowego.

3.3.4. Opracowanie wyników badań

Wyniki powinny być przedstawione w postaci tabeli (tab.4).

Tab.4. Przykładowa tabela prezentująca otrzymane wyniki

Badany materiał: spoiwo gipsowe typu A Przebieg badania wg: PN-EN 13279-2:2006							
Wyniki badań							
Wytrzymałość na zginanie				Wytrzymałość na ściskanie			
Nr próbki	P [N]	P_{sr} [N]	R_g [Mpa]	Nr próbki	F_c [N]	$F_{c.sr}$ [N]	R_c [MPa]
1				1A			
				1B			
2				2A			
				2B			
3				3A			
				3B			

4. Sprawozdanie z ćwiczenia

Sprawozdanie powinno zawierać następujące punkty:

- I. Przedmiot badań
(podstawowe informacje o badanych materiałach/wyrobach)
- II. Wyniki badań
(pozyskane na zajęciach laboratoryjnych wyniki oznaczeń przedstawione w tabelach i opracowane we wskazany sposób)
- III. Wnioski
(wypunktowane twierdzenia sformułowane na podstawie uzyskanych wyników)
- IV. Literatura
(odniesienia do literatury wykorzystanej do przygotowania sprawozdania)

5. Zalecana literatura uzupełniająca do tematu

- Gantner E., Chojczak W., Materiały budowlane. Spoiwa, kruszywa, zaprawy. Ćwiczenia laboratoryjne, OWPW, 2013
- Chojczak W., Materiały budowlane. Ćwiczenia laboratoryjne. Część 1. Właściwości techniczne, kamień naturalny, ceramika, OWPW, 2016
- Chojczak W., Materiały budowlane. Ćwiczenia laboratoryjne. Część 2. Drewno, szkło, lepiszcza bitumiczne, tworzywa sztuczne, OWPW, 2018
- Stefańczyk B. i in., Budownictwo ogólne t.1. Materiały i wyroby budowlane, Wyd. Arkady Warszawa 2007
- Szymański E., Materiałoznawstwo budowlane z technologią betonu. T.1, OWPW, Warszawa 2003.

Instrukcję przygotowano w ramach projektu

NERW PW Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca

Projekt typu P2 finansowany w ramach

Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020,

Oś priorytetowa III Szkolnictwo Wyższe dla gospodarki i rozwoju, Działanie 3.5 Kompleksowe programy szkół wyższych

Jednostka wiodąca

Centrum Zarządzania Innowacjami i Transferem Technologii PW

Zadanie:

**Dostosowanie i realizacja programów kształcenia na Wydziale Inżynierii Lądowej
w zakresie umiejętności praktycznych stosowania BIM w budownictwie**