

Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej

Katedra Technologii Chemicznej

**SPOIWA CERAMICZNE
I
MASY PLASTYCZNE**

**ĆWICZENIE LABORATORYJNE
(laboratorium 315, Gm. TCh)**

Prowadzący ćwiczenie: mgr inż. Anna Więclaw (lab. 315, Gm. TCh)

Warszawa 2017

Część I - Spoiwa ceramiczne

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z właściwościami fizycznymi gipsu, wpływem różnych dodatków na czas wiązania gipsu i jego właściwości mechaniczne.

Spoiwo wiążące to grupa tworzyw rozdrobnionych do postaci pyłu, które zarobione wodą dają plastyczny zaczyn, łatwo układający i formujący się oraz wiążący po pewnym czasie i twardniejący na powietrzu lub w wodzie. Obecnie występuje wiele podziałów jednak najczęściej spotykany jest podział na dwie grupy wyraźnie różniące się zachowaniem w środowisku wodnym. Zgodnie z tym podziałem wyróżnia się spoiwa powietrzne i hydrauliczne (Rys.1.).

Spoiwa powietrzne po zarobieniu wodą mogą wiązać a następnie twardnieć tylko na powietrzu. Poddane zaś po związaniu i początkowemu stwardnieniu działaniu wody tracą swoje właściwości wiążące i wytrzymałościowe.

Spoiwa hydrauliczne wiążą i twardnieją zarówno na powietrzu jak i w wodzie bez dostępu powietrza.



Rys.1. Klasyfikacja spoiw wiążących ze względu na ich zachowanie w środowisku wodnym

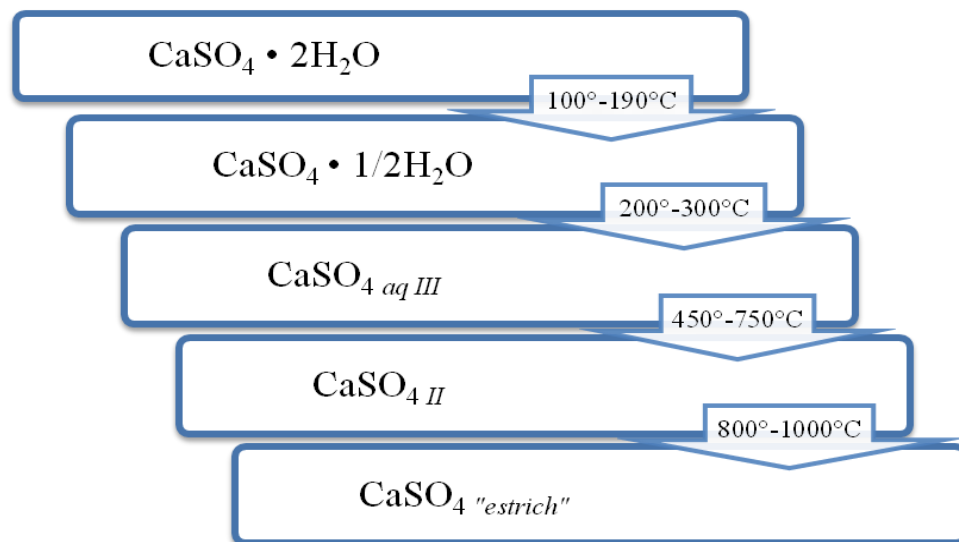
Spoiwa powietrzne gipsowe

Spoiwa gipsowe można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- **spoiwa gipsowe**, wytwarzane przez częściową dehydratację w niezbyt wysokich temperaturach skał gipsowych lub gipsów odpadowych, głównym składnikiem tych spoiw jest rozdrobniony półwodny siarczan wapnia $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$;
- **spoiwa anhydrytowe**, otrzymywane w wyniku całkowitej dehydratacji skał gipsowych lub przeróbki anhydrytów naturalnych, natomiast głównym składnikiem tych spoiw jest drobno zmielony i zmieszany z odpowiednimi aktywatorami bezwodny siarczan wapnia CaSO_4 .

Proces dehydratacji

Najważniejszym etapem produkcji spoiw gipsowych a w większości wypadków także i anhydrytowych jest dehydratacja dwuwodnego siarczanu wapnia (gipsu). Schemat procesu dehydratacji przedstawiony został na Rys.2.



Rys.2. Schemat procesu dehydratacji gipsu

Podczas ogrzewania, dwuwodny siarczan wapnia traci wodę krystalizacyjną w dwóch etapach. W pierwszym etapie dwuwodny przechodzi w półhydrat. Etap ten charakteryzuje się gwałtownym wydzielaniem pary wodnej. W zależności od tego jakie warunki panują podczas procesu dehydratacji, uzyskuje się odmianę α lub β $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$. Odmiana α powstaje gdy proces dehydratacji $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ jest prowadzony w atmosferze nasyconej pary wodnej, podczas gdy odmiana β półhydratu powstaje gdy para wodna jest usuwana ze środowiska

reakcji. Odmiany α i β mają taką samą strukturę, lecz różnią się zdecydowanie stopniem wykryszalizowania.

Drugi etap odwodnienia gipsu odpowiadający przemianie do anhydrytu III jest wynikiem dalszej utraty wody. W zależności od tego czy anhydryt powstał z odmiany α czy β półhydratu rozróżnia się również dwie odmiany α lub β .

Ogrzewanie anhydrytu III powoduje przebudowę struktury siarczanu wapnia, wzrost jej uporządkowania i powstanie mało aktywnego anhydrytu II. W temperaturze 800°-1000°C powstaje gips „estrach”. Daje on materiał wiążący nazywany czasami gipsem hydraulicznym, ze względu na to że jest on bardziej odporny na działanie wody niż wyżej opisane materiały wiążące. Jego właściwości wiążące wynikają z częściowego rozkładu bezwodnego siarczanu wapniowego z wytworzeniem wolnego CaO.

Proces wiązania gipsu

Bardzo istotnym procesem przy wykonywaniu elementów gipsowych jest proces ich wiązania i twardnienia. Wiązanie gipsu polega na ponownym uwodnieniu siarczanu wapnia półwodnego do siarczanu wapnia dwuwodnego zgodnie z reakcją:



Reakcja ta przebiega szybko i towarzyszy jej wydzielanie się ciepła.

W procesie wiązania półwodnego siarczanu wapnia wyróżnia się trzy podstawowe etapy:

- rozpuszczanie półhydratu,
- nukleację zarodków krystalizacji,
- wzrost kryształów dwuhydratu.

Proces wiązania gipsu rozpoczyna się od momentu kiedy spoiwo gipsowe zmiesza się z wodą. Spoiwo to zaczyna się rozpuszczać aż do powstania roztworu nasyconego. Z przesyconego roztworu CaSO₄ wykryszalizują kryształki gipsu dwuwodnego, w wyniku czego następuje wzrost wytrzymałości mechanicznej.

Charakterystyka zaczynów

Spoiwa gipsowe i anhydrytowe po zarobieniu wodą dają zaczyny charakteryzujące się plastycznością, współczynnikiem wodno-gipsowym i czasem wiązania.

Plastyczność zależy od właściwości użytego spoiwa i ilości wody zarobowej. Przy większej ilości wody powstają ciekłe zaczyny a w miarę jej zmniejszania plastyczne, gęstoplastyczne, aż do mas wilgotnych.

Współczynnik wodno-gipsowy W/G określa wymaganą ilość wody zarobowej w celu uzyskania plastyczności roboczej przez poszczególne spoiwa. Jest to stosunek wody do gipsu, przy którym zaczyn uzyskuje roboczą plastyczność. Współczynnik ten wynosi dla gipsu budowlanego i ceramicznego 0,65-0,80; dla spoiw anhydrytowych 0,28-0,35.

Czas wiązania wyznaczany jest poprzez określenie początku i końca czasu wiązania. Początek jest liczony od chwili wsypania spoiwa do wody i obejmuje czas w którym zaczyn utrzymuje właściwości plastyczne. Natomiast koniec obejmuje okres od wsypania spoiwa do wody aż do uzyskania dostatecznie stwardniałego tworzywa. Bardzo ważnymi czynnikami wpływającymi na oznaczanie czasu wiązania są: **czas przygotowania zaczynu i intensywności mieszania.**

Dodatki i domieszki modyfikujące

Właściwie dobrana kompozycja pozwala na modyfikację właściwości spoiwa gipsowego, czego wiernym efektem są odpowiednie właściwości robocze i czas wiązania mieszanki po zarobieniu wodą oraz korzystne parametry mechaniczne stwardniałego tworzywa. W recepturach suchych mieszanek gipsowych stosowane są właśnie następujące dodatki i domieszki (Tabela 1):

- aktywatory wiązania,
- opóźniające wiązanie,
- zwiększające retencję wody w zaprawie,
- uplastyczniające i upłynniające,
- napowietrzające,
- zagęszczające,
- hydrofobowe,
- włókna – mikrobrojenie.

Regulatory wiązania są to związki mające wpływ na czas wiązania spoiw gipsowych. Związki te można podzielić na opóźniające i przyspieszające wiązanie. Domieszki zwiększające rozpuszczalność gipsu półwodnego przyspieszają jego wiązanie, natomiast

domieszki obniżające rozpuszczalność opóźniają ten proces. Domieszki te wpływają negatywnie na końcową wytrzymałość spoiwa po stwardnieniu. Należy również podkreślić, że zastosowanie wybranego dodatku niekoniecznie będzie miało ten sam charakter oddziaływania w przypadku spoiwa w postaci gipsu półwodnego jak i w przypadku anhydrytu (Tabela 2).

Tabela 1. Klasyfikacja dodatków regulujących czas wiązania spoiw gipsowych

Klasa	Charakterystyka ogólna	Rodzaj	Charakter oddziaływania na proces wiązania spoiw gipsowych i anhydrytowych
I	Elektrolity i nieelektrolity zmieniające rozpuszczalność gipsu		
	a) silne elektrolity nieposiadające wspólnych jonów z gipsem	NaCl, KCl, KBr, KNO ₃ , NaNO ₃	w zależności od stężenia mogą służyć jako przyspieszacz lub opóźniacz procesu wiązania; dodane w niedużych ilościach przyspieszają wiązanie
	b) silne elektrolity o wspólnym jonie z gipsem	Na ₂ SO ₄ , K ₂ SO ₄ , ZnSO ₄ , MgSO ₄	przyspieszają wiązanie, zmniejszając nieco wytrzymałość tworzywa
	c) słabe elektrolity i nieelektrolity	NH ₄ OH, C ₂ H ₂ OH	opóźniają wiązanie
	d) substancje tworzące z gipsem w roztworze trudno rozpuszczalne związki	NaF	przyspieszają wiązanie
II	Substancje będące ośrodkami krystalizacji gipsu	CaSO ₄ ·2H ₂ O, CaHPO ₃ ·2H ₂ O	przyspieszają wiązanie
III	Substancje powierzchniowo czynne, które zaadsorbowane na powierzchni ziaren półhydratu i dwuhydratu zmniejszają szybkość powstawania zarodków krystalizacji	keratyna, kleje organiczne	opóźniają wiązanie
IV	Substancje reagujące z gipsem z utworzeniem trudno rozpuszczalnych otoczek	borany i fosforany metali alkalicznych, H ₃ PO ₄	opóźniają wiązanie
V	Mieszanki dodatków należących do różnych klas	np. CaSO ₄ ·2H ₂ O + NaCl+ dodatki powierzchniowo czynne	umożliwiają regulację czasu wiązania zależnie od klasy i stężenia dodatków

Tabela 2. Oddziaływania wybranych dodatków na proces wiązania spoiw gipsowych i anhydrytowych

Rodzaj dodatku	Rodzaj spoiwa	
	<i>gips półwodny</i>	<i>anhydryt</i>
	Charakter oddziaływania	
NaCl	+	nie oddziałuje
CaCl ₂	nie oddziałuje	-
MgCl ₂	+	-
NH ₄ Cl	+	-
AlCl ₃	+	nie badano
Al ₂ (SO ₄) ₃	+	+
K ₂ SO ₄	+	+
Na ₂ SO ₄	+	+
KNO ₃	+	+
Na ₂ B ₂ O ₇ · 10 H ₂ O	-	-

„ + ” dodatek przyspieszający wiązanie

„ - ” dodatek opóźniający wiązanie

Zdolność zatrzymania wody pozwala na wydłużenie czasu oddawania wody przez zaprawę, zapewniając pełną hydratację spoiwa gipsowego. Jest to parametr decydujący o przydatności mieszanki gipsowej do stosowania w wewnętrznych pracach wykończeniowych. Właściwości takie uzyskuje się poprzez dodatek eterów celulozowych w postaci metylocelulozy, hydroksymetylocelulozy, hydroksyetylocelulozy oraz metylohydroksypropylocelulozy.

Spoiwa wykazują również dużą wodożądność. Obniżenie wodożądności uzyskuje się poprzez zastosowanie domieszek uplastyczniających lub upłynniających. Domieszki uplastyczniające pozwalają na niewielkie obniżenie wody (5-12%) przy zachowaniu stałej konsystencji zaprawy. Właściwości uplastyczniające mają: sole kwasów sulfonowych, kwas hydrokarboksylowy, polimery hydroksylowe i nonylofenyle oksyetylowe. Domieszki upłynniające pozwalają na obniżenie wodożądności zaprawy (powyżej 12%) przy zachowaniu stałej konsystencji. Właściwości upłynniające posiadają: sulfonowane kondensaty melaminowo- formaldehydowe i naftalenowo- formaldehydowe, modyfikowane lignosulfoniany i etery kwasu sulfonowego i węglowodorów.

Do zapraw dodawane są również środki napowietrzające powodujące powstawanie dużej ilości drobnych pęcherzyków powietrza.

Etery skrobi mają właściwości zagęszczające. Dodatek ich znacznie polepsza konsystencję i urabialność masy oraz obniża tendencję do jej zbrylania.

Dodawanie środków hydrofobowych zmniejsza nasiąkliwość gdyż nasiąkliwość tworzyw gipsowych waha się w szerokim zakresie od 25% aż do 40% masy. Dobre wyniki uzyskuje się przez impregnację roztworami żywic silikonowych.

Dodatek włókien pozwala na uzyskanie wielu korzyści. Rozproszone włókna tworzą trójwymiarową sieć. Stanowią one mikrozbrojenie, przez co przyczyniają się do zwiększenia wytrzymałości mechanicznej tworzywa. Stosowane są włókna celulozowe, polipropylenowe i szklane.

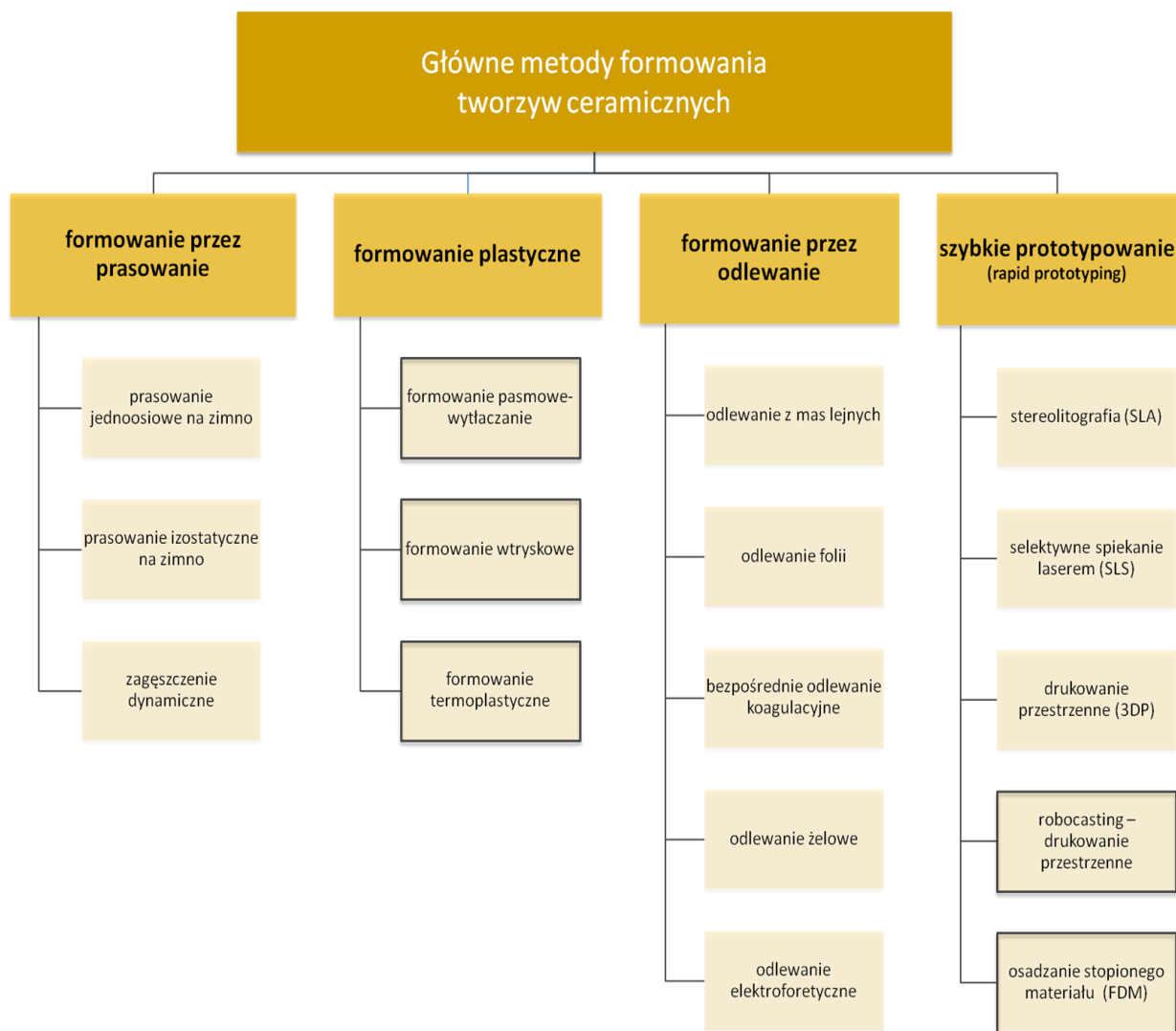
Podsumowując dodatki i domieszki modyfikujące stanowią nieodzowny składnik mieszanek gipsowych. Związki te mają istotny wpływ na kształtowanie zarówno właściwości roboczych spoiwa po zarobieniu wodą, jak i właściwości użytkowych stwardniałego tworzywa gipsowego.

UWAGA: Podczas pracy należy szczególnie przestrzegać, aby odpadki gipsu były wyrzucane tylko do specjalnych pojemników. Gips wrzucony do zlewu powoduje zatykanie przewodów kanalizacyjnych.

Część II - Surowce plastyczne i masy ceramiczne

Celem ćwiczenia jest poznanie właściwości ceramicznych surowców ilastych wraz ze sposobami formowania mas plastycznych.

Formowanie jest jednym z najważniejszych etapów procesu wytwarzania wyrobów ceramicznych, w którym następuje przekształcenie nieskonsolidowanego materiału wyjściowego w spójny i zagęszczony półfabrykat o określonej geometrii i mikrostrukturze. Przebieg procesu formowania zależy w dużym stopniu od konsystencji i reologicznej charakterystyki materiału. Na Rys.3 przedstawiono 4 główne grupy formowania materiałów ceramicznych.



Rys.3. Główne metody formowania tworzyw ceramicznych

Plastyczność definiuje się jako zdolność do tworzenia, masy plastycznej (po zarobieniu z wodą), która pod działaniem stosunkowo niewielkich sił mechanicznych odkształca się bez naruszenia spójności (braku spękania). Właściwość ta pozwala na przeprowadzenie stosunkowo łatwo procesu nadawania określonego kształtu (formowania ze stanu plastycznego) wyrobom ceramicznym. Jest ona niezmiernie ważna z uwagi na potrzeby, różny stopień plastyczności oraz możliwości jego regulowania.

Do zjawiska plastyczności przyczyniają się (samodzielnie lub w połączeniu z pozostałymi) trzy czynniki. Są to: kształt i wielkość ziarn minerałów, obecność wody i skład mineralny.

Z pojęciem plastyczności surowców wiążą się następujące ich właściwości:

1. pęcznienie przy nawilżaniu wodą,
2. spoistość przy określonej wilgotności,
3. zdolność, zarobionej odpowiednią ilości wody, masy do odkształceń pod wpływem sił ściskających, rozciągających itp. oraz zachowanie przyjętego kształtu po usunięciu działających sił,
4. zależność w uzyskaniu pełnego odkształcenia pod działaniem określonej siły od czasu jej działania,
5. skurczliwość przy wysychaniu,
6. zdolność zachowania przyjętego kształtu w procesie suszenia i wypalania

Z punktu widzenia technologii ceramicznej wyróżnia się:

- 1) **surowce plastyczne** (iły itp.) stosowane jako składniki spajające masę ceramiczną i umożliwiające kształtowanie wyrobów,
- 2) **surowce nieelastyczne**, które mogą być:
 - a) **schudzające**, np.: piasek kwarcowy dodawany do ładu (gliny) przerabianego na cegłę budowlaną. Zadaniem surowców schudzających jest zmniejszenie skurczliwości masy podczas suszenia, wypalania i spiekania (zbyt duża skurczliwość jest przyczyną mechanicznej deformacji wyrobu),
 - b) **topniki** (skaleń, pegmatyt, fluoryt itp.) dodawane do masy ceramicznej w celu obniżenia temperatury jej spiekania.

Do rozpowszechnionych metod formowania plastycznego, czyli formowania mas o wilgotności 13- 30% należą :

- formowanie pasmowe - wytłaczanie;
- formowanie wtryskowe;
- formowanie termoplastyczne;
- robocasting – drukowanie przestrzenne;
- osadzanie topionego materiału.

Formowanie pasmowe – wytłaczanie stosowane jest do wytwarzania wydłużonych półfabrykatów o niezmiennym na ich długości przekroju poprzecznym z mas o wilgotności < 25%. Do wytłaczania pasm z masy stosuje się prasy tłokowe i ślimakowe. Zaletą stosowania pras ślimakowych jest to, że proces wytłaczania przez nie masy przebiega w

sposób ciągły, w porównaniu do pras tłokowych, które pracują okresowo i w związku z tym są bardziej narażone na zużycie. Rozróżnia się dwa typy wytłaczania: wytłaczanie plastyczne (masy o wilgotności w zakresie 19-24%) oraz sztywnoplastyczne dla mas o wilgotności w granicach 15-18%. Wytwarzanie elementów metodą formowania poprzez wytłaczanie mas sztywno plastycznych zapewnia dobrą stateczność kształtu – cienkościennych i geometrycznie złożonych części, prowadzi do zmniejszenia tendencji do powstawania pęknięć powierzchniowych, obniżenia skurczu i zwiększenia dokładności wymiarowej części. Takie właśnie cechy pozwalają na wytłaczanie elementów wielokomórkowych - o strukturze „plastra miodu” do wielu zastosowań, np.: jako nośników katalizatorów, filtrów wysokotemperaturowych jak i regeneracyjnych wymienników ciepła.

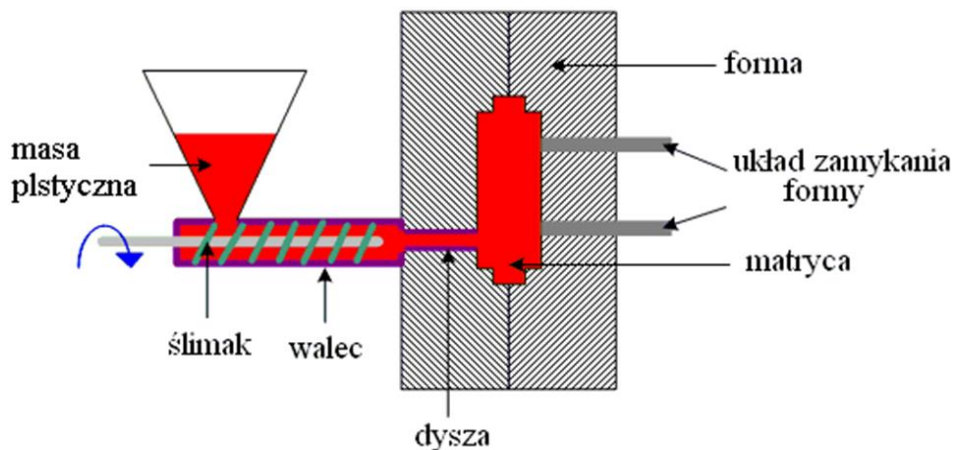
Metodą formowania pasmowego możliwe jest wytwarzanie m.in.:

- rur termopar,
- płomiennic,
- elektrod grafitowych,
- porcelanowych izolatorów elektrycznych,
- płaskich podłoży ceramicznych o grubości <1mm.

Formowanie wtryskowe oparte jest na wstrzyknięciu do zamkniętej, stalowej i chłodnej formy mieszaniny drobnoziarnistego proszku ceramicznego o udziale objętościowym w zakresie 55-70% i organicznych substancji plastycznych po wymieszaniu w temperaturze 20°C wyższej od temperatury mięknięcia najwyżej topliwego ich składnika i granulowaniu (Rys.4). Po zestaleniu się w formie, gotowy element jest z niej wyjmowany, następnie wstępnie wypalany w celu usunięcia lepiszcza (na tym etapie element może być poddawany wstępnej obróbce), a w dalszej kolejności poddawany jest ostatecznemu wypaleniu i kształtującej obróbce końcowej. Metodą formowania wtryskowego otrzymywane są elementy drobne i średniej wielkości, o objętości <100 cm³, o dużym stopniu złożoności, o znacznym stosunku długości do średnicy, elementy zarówno cienkościenne jak i grubościenne. Ograniczeniem stosowania tej metody są wysokie koszty aparatury jak i duże trudności związane z usuwaniem spoiwa, które prowadzą do powstawania defektów.

Metodą formowania wtryskowego możliwe jest wytwarzanie, m.in.:

- wirników turbin i pomp;
- implantów;
- opraw kontaktowych;
- elementów osłonowych obwodów elektronicznych.
- wkładek komór wirowych;
- tygli;



Rys.4. Schemat formowania wtryskowego

Formowanie termoplastyczne podobne jest do formowania wtryskowego (jednak w tym przypadku stosowane są masy o mniejszej lepkości w porównaniu do lepkości mas formowanych wtryskowo) i realizowane jest głównie w trzech etapach:

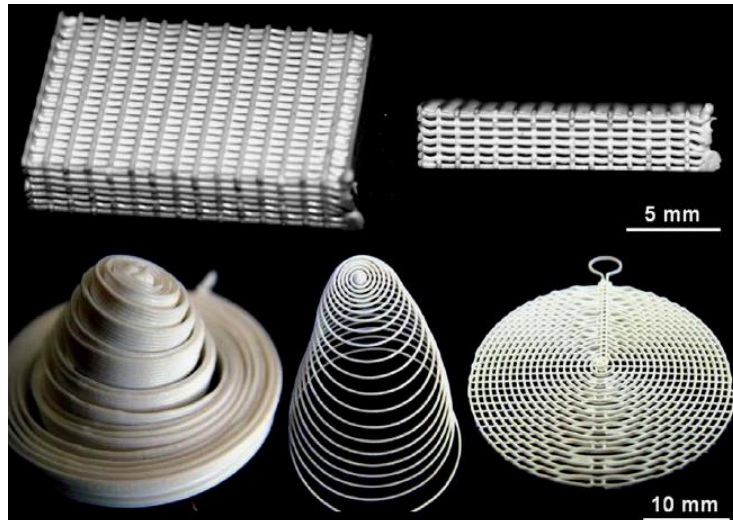
- uplastycznienia proszku ceramicznego poprzez jego mieszanie na gorąco (60-100°C) z lepiszczem termoplastycznym (np. parafina, wosk pszczeli, kwas oleinowy), często także z wprowadzeniem na powierzchnię proszku środków powierzchniowo czynnych w celu polepszenia jego mieszalności z hydrofobowym lepiszczem;

- niskociśnieniowego formowania termoplastycznego (0,2 - 5 MPa) w formach aluminiowych;

- usuwania organicznego lepiszcza (<250°C) przed ostatecznym wypaleniem.

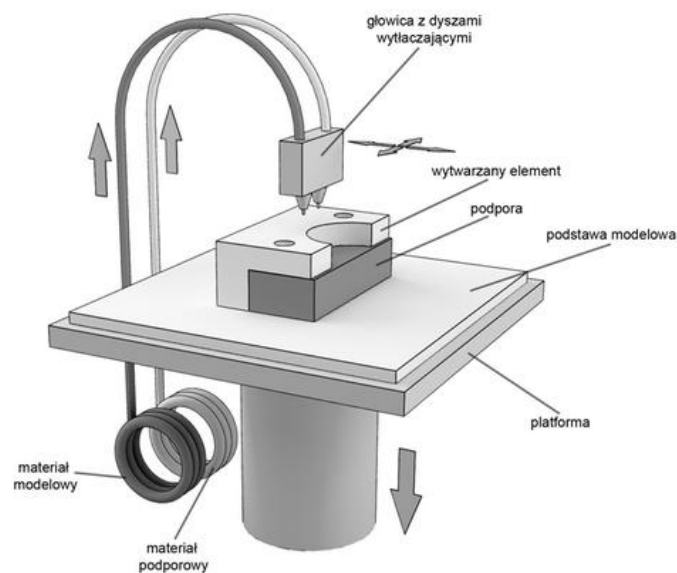
Metoda ta jest szczególnie przydatna ze względu na łatwiejsze wykonywanie form dla mała i średnioseryjnej produkcji elementów i o dużej złożoności kształtów.

Robocasting – drukowanie przestrzenne umożliwia otrzymanie skomplikowanych, geometrycznie złożonych wyrobów ceramicznych. Podstawą w robocastingu jest wykonanie modelu (CAD), który następnie zostaje odwzorowany poprzez drukowanie kształtu przez przesuwaną się głowicę warstwa po warstwie. Tak otrzymane materiały ceramiczne w stanie surowym, można poddać spiekaniu, co prowadzi do znacznego zwiększenia właściwości mechanicznych wyrobu. Metoda ta jest szczególnie przydatna w wytwarzaniu elementów w skali mikro np. biogodnych implantów tkanek.

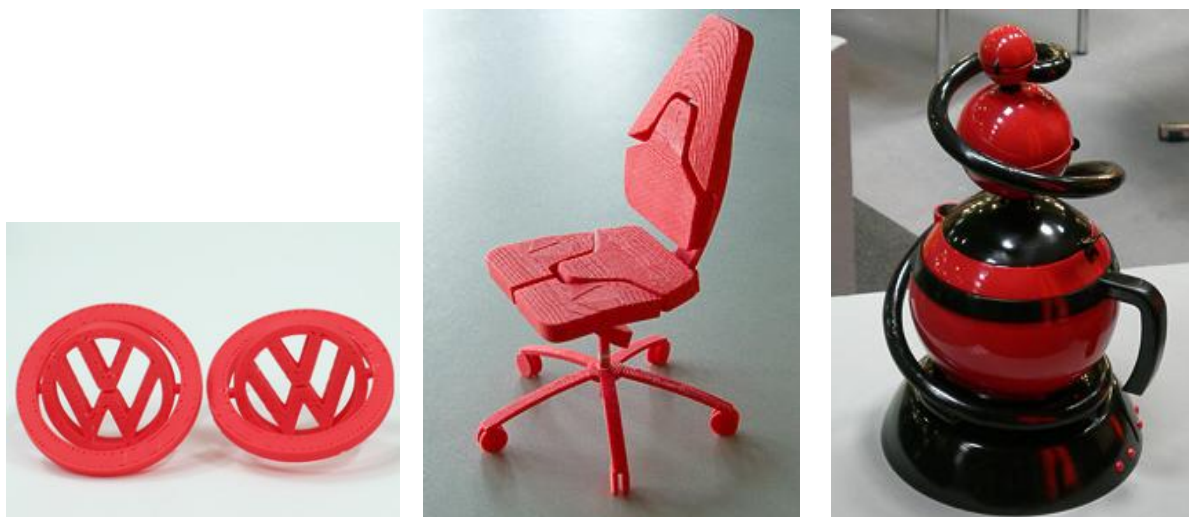


Rys. 5. Przykładowe elementy wykonane metodą drukowania przestrzennego

Osadzanie topionego materiału FDM – jest metodą w której nanoszony materiał termoplastyczny jest przeciskany przez dyszę, ogrzaną do temperatury jego topnienia (Rys.6,7). Dysza kontroluje przepływ materiału i jest przemieszczana automatycznie według instrukcji programu CAD. Element w tej metodzie wytwarzany jest warstwa po warstwie, charakteryzuje się niską jakością powierzchni i dobrymi właściwościami mechanicznymi.



Rys. 6. Schemat metody osadzania topionego materiału



Rys 7. Przykładowe elementy wykonane metodą osadzania topionego materiału

Podstawą do zaliczenia ćwiczenia jest obecność na zajęciach, zaliczenie kolokwium wejściowego oraz oddanie sprawozdania z przebiegu ćwiczenia.

Sprawozdanie powinno obejmować: imiona i nazwiska studentów, cel ćwiczenia i opis przebiegu zajęć, wyniki wykonanych pomiarów oraz ich interpretację.

Literatura:

1. Chłędzyński S., *Społwa gipsowe w budownictwie*, Wydawnictwo Dom Wydawniczy Medium Warszawa 2008;
2. Grabowski W., *Budownictwo ogólne : praca zbiorowa. T. 1, Materiały i wyroby budowlane* pod kier. Bogusława Stefańczyka; Arkady, Warszawa 2009
3. Oczóń K.E., *Kształtowanie ceramicznych materiałów technicznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej 1996;
4. Pampuch R., Haberko K., Kordek M., *Nauka o procesach ceramicznych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1992;
5. Wiecińska P., materiały do wykładów z przedmiotu Ceramika funkcjonalna, Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny, Warszawa 2012;
6. de Hazan J., Thänert M., Trunec M., Misak J.; *Robotic deposition of 3d nanocomposite and ceramic fiber architectures via UV curable colloidal inks*; Journal of the European Ceramic Society 32 (2012) 1187–1198;
7. <http://www.pm.put.poznan.pl>

Wykonanie ćwiczenia

Spoiwa ceramiczne

1. Badanie rozplywu gipsu

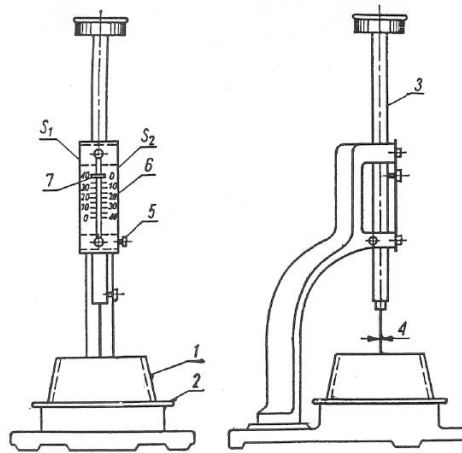
Wykonanie doświadczenia polega na pomiarze średnicy rozplywu „placka” po czasie związania zaczynu gipsowego przy danym stosunku W/G, tj. wody do gipsu. Oznaczenie wykonuje się przy pomocy urządzenie typu wiskozymetr Southarda, który składa się z cylindra (wykonanego z tworzywa sztucznego) o wysokości ok. 10 cm i średnicy ok. 5 cm oraz płyty z tworzywa sztucznego. Pod płytę układa się karton z narysowanymi koncentrycznie okręgami o średnicach 10, 12, 14, 18, 24, 26, 28, 30 i 32 cm. Płaszczyzna płyty powinna być dokładnie pozioma. Następnie przygotowuje się zaczyny gipsowe o stosunku W/G o wartościach: 1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; (zakładana ilość wody to 200 ml). Przygotowaną naważkę gipsu wsypuje się **do wody** w parownicy w ciągu **30 sekund** cały czas mieszając. Po wsypaniu gipsu należy nadal szybko mieszać zaczyn przez następne **20 sekund**, aby otrzymać jednolitą masę. Następnie masę wlewa się do innego pojemnika, przelewając ją przez sitko i pozostawia **na 2 minuty**. W dalszej kolejności zaczyn szybko wlewa się do cylindra stojącego na płycie szklanej. Czynność ta nie powinna trwać dłużej niż 30 sekund. Z napełnionego cylindra zbiera się nadmiar masy i unosi się go szybkim, płynnym ruchem do góry, prostopadle do płyty i wówczas zaczyn rozlewa się w postaci placka, którego średnica, w zależności od stosunku W/G zaczynu wynosi 10÷32 cm. Wyniki umieszcza się w tabeli i na wykresie zależności średnicy placka od stosunku W/G. Na podstawie tak przygotowanego wykresu określa się konsystencję zaczynu gipsowego, z którego można wykonać formę gipsową, o odpowiadającej rozplywowi (średnicy „placków”) w zakresie **20÷30cm**.

2. Oznaczenie czasu wiązania gipsu

Przygotować należy zaczyny gipsowe o stosunku $W/G = 1,2$ (zakładana ilość wody 200 ml) z dodatkiem 1%_{wag} i 3%_{wag} środka opóźniającego czas wiązania (sacharoza). Dla porównania wykonać również zaczyn bez dodatku regulującego czas wiązania.

Po dodaniu gipsu do wody włącza się stoper i niezwłocznie rozpoczyna się mieszanie. Następnie napełnia się pierścień ebonitowy (1) (uprzednio pokryty emulsją rozdzielającą) ustawiony na płytce (2), wstrząsa się kilkakrotnie, aby usunąć pęcherze powietrza. Po wyrównaniu i wygładzeniu górnej powierzchni zaczynu ustawia się go w aparacie Vicata i mierzy:

- czas początku wiązania – czas liczony w minutach, który upływa od chwili rozpoczęcia dodawania gipsu do wody do momentu, kiedy opuszczona igła (4), po zanurzeniu się w zaczynie, po raz pierwszy zatrzyma się w odległości 1 mm od powierzchni płytki (2)
- czas końca wiązania – czas liczony w minutach, który upływa od chwili rozpoczęcia dodawania gipsu do wody do momentu, kiedy swobodnie opuszczona igła zanurzy się w zaczynie nie głębiej niż na odległość 0,5mm, licząc od powierzchni gipsu.



Rys.1. Aparat Vicata

Ruchoma część aparatu Vicata składa się z trzpienia (3) i igły (4). Podczas pomiaru koniec igły opuszcza się tak, aby stykał się z powierzchnią zaczynu wypełniającego pierścień i dopiero wtedy opuszcza się ją swobodnie. Do zatrzymywania i zwalniania trzpienia (3) i igły (4) służy śruba (5). Położenie igły odczytuje się za pomocą wskaźnika (7) na podziałnicach s1 lub s2 przymocowanych do statywu (6). Podczas oznaczania początku końca wiązania igłę opuszcza się do zaczynu co **30 sekund**. Po każdym zanurzeniu igłę należy dokładnie wytrzeć z pozostałego na niej zaczynu. Kolejne pomiary wykonuje się w coraz to innym miejscu zaczynu.

3. Przygotowanie kształtek z różnych gipsów i zbadanie ich właściwości mechanicznych

Przygotować należy zaczyny gipsu o różnym W/G (zakładana ilość gipsu **50g**).

Z otrzymanego zaczynu do przygotowanych wcześniej form, należy odlać walce o wysokości **3cm**. Odlane walce należy zostawić do związania. Po całkowitym odparowaniu wody, otrzymane kształtki zmierzyć a następnie wykonać badanie wytrzymałości próbek na ściskanie, oznaczając przy tym wartość siły niszczącej próbkę. Należy wyliczyć współczynnik na ściskanie z następującego wzoru:

$$W_{sc} = \frac{P}{S}$$

gdzie:

W_{sc} – współczynnik na ściskanie [MPa],

P – siła powodująca zniszczenie badanej próbki [N],

S – pole powierzchni próbki [mm²]

Masy plastyczne

1. Określenie wody zarobowej do stanu plastyczności.

Woda zarobowa, czyli ilość wody, jaką trzeba dodać do wysuszonego w 105°C surowca plastycznego, aby uczynić go podatnym do formowania, wyraża się w procentach wagowych odniesionych do masy suchej próbki.

Materiały wybrane do badań: -kaolin,

- kamionka,

- glina Ogrodzieniec czerwona,

- glina Zesłanice,

- glina Turossów – Bogatynia.

Do parownic odważyć po **100g** surowca a następnie powoli dodawać z biurety wodę do uzyskania stanu plastycznego

2. Formowanie płytek.

Z przygotowanych mas plastycznych uformować płytki, zaznaczyć na nich odcinki pomiarowe i odstawić do wysuszenia. Obliczyć ich skurczliwość suszenia.

W ramach ćwiczenia studenci zapoznają się również ze sporządzaniem form gipsowych oraz metodą formowania plastycznego.