

Ćwiczenie 1

BADANIE WŁAŚCIWOŚCI SYNTETYCZNYCH MAS FORMIERSKICH

1. CEL I ZAKRES ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z metodami badań właściwości syntetycznych mas formierskich, służących do wykonania form wilgotnych, zagęszczonych ręcznie lub maszynowo i przeznaczonych do wytwarzania odlewów z żeliwa.

Zakres ćwiczenia obejmuje:

- a) przygotowanie w mieszarce laboratoryjnej dwóch składów mas różniących się zawartością lepiszcza i wody,
- b) wykonanie próbek do badań w stanie wilgotnym wytrzymałości na ściskanie i ścinanie, przepuszczalności oraz płynności,
- c) przeprowadzenie w temperaturze otoczenia następujących pomiarów: zawartości wody, wytrzymałości na ściskanie i ścinanie, przepuszczalności i płynności oraz zarejestrowanie wyników pomiarów.

2. WPROWADZENIE

2.1. Przygotowanie masy

Syntetyczna masa formierska jest mieszaniną składników: osnowy piaskowej, lepiszcza (glina montmorylonitowa lub kaolinitowa) oraz wody. Składniki masy, pochodzenia naturalnego, mają ściśle określone właściwości, tzn.: osnowa piaskowa ma dokładnie określony skład ziarnowy i zawartość lepiszcza, zaś glina - określone i ustabilizowane właściwości. W sposób „sztuczny” lepiszcze jest rozprowadzone wokół ziarn piasku. Dzięki zastosowaniu składników o znanych i ustabilizowanych właściwościach istnieje możliwość kiero-

wania składem, a więc i właściwościami mechaniczno-technologicznymi masy. Łatwa dostępność i taniaść stosowanych surowców oraz ich niewielka szkodliwość dla otoczenia sprawiają, że masy syntetyczne są powszechnie stosowane do wytwarzania form piaskowych. Dodatkową zaletą tych mas jest praktycznie nieograniczona żywotność oraz wystarczająco dobre właściwości wytrzymałościowe i technologiczne.

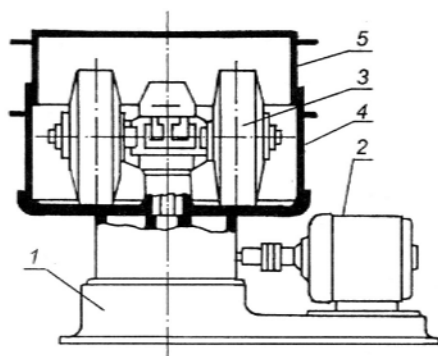
Istotną wadą tych mas jest ich mała płynność czyli mała zdolność do równomiernego zagęszczenia, dlatego wymagają one do zagęszczenia użycia określonej energii i odpowiednich sposobów zagęszczania.

W warunkach laboratoryjnych stosuje się masę syntetyczną złożoną ze świeżych składników, natomiast w warunkach produkcyjnych stosuje się masę syntetyczną odświeżoną, czyli masę pochodzącą z wybitych form, odpowiednio przerobioną, z niewielkim dodatkiem świeżych składników.

Najczęściej skład syntetycznej masy formierskiej, sporządzonej ze świeżych składników i przeznaczonej do wytwarzania form wilgotnych dla odlewów żeliwnych jest następujący:

piasek kwarcowy	– 100 części wagi (4 kg),
bentonit	– 5-10 cz.w.,
pył węglowy	– 3-5 cz.w.,
woda	– 2-3,5 cz.w.

Masę przygotowuje się przez wymieszanie składników dozowanych do miski mieszarki krążnikowej (rys. 1.1). Podczas mieszania masy następuje rozprzodzenie lepiszcza wokół ziarn kwarcu. Czas mieszania zależy od składu masy, sporządzonej w laboratoryjnej mieszarce krążnikowej; wynosi on 5-7 minut.



Rys. 1.1. Schemat krążnikowej mieszarki laboratoryjnej: 1 – korpus, 2 – silnik, 3 – krążniki, 4 – miska, 5 – pokrywa

2.2. Właściwości piasku kwarcowego

Osnowę piaskową mas syntetycznych stanowią najczęściej piaski kwarcowe.

Piasek kwarcowy jest sypką skałą osadową; powinien zawierać poniżej 1-2% lepiszcza i poniżej 0,5% wody (powinien być suszony). Jest surowcem tanim i ogólnie dostępnym. Podczas przygotowania masy oraz wybijania i oczyszczania odlewów powstaje pył kwarcowy, który jest szkodliwy dla otoczenia – wywołuje chorobę zawodową zwaną krzemicą.

W wyniku ogrzewania piasku zachodzą w nim przemiany polimorficzne (polimorfizm – występowanie związku chemicznego w różnych postaciach krystalicznych). Od temperatury otoczenia do temperatury 573°C występuje odmiana krystaliczna β -kwarc, następnie wraz ze wzrostem temperatury za-

chodzą trzy kolejne przemiany polimorficzne. W temperaturze 1713°C następuje topienie czystego kwarcu. Lity kwarc jest materiałem kruchym, odpornym na działanie czynników chemicznych (z wyjątkiem kwasu fluorowodorowego), o gęstości 2,65 g/cm³. Piasek kwarcowy powinien zawierać do 96% SiO₂, zaś temperatura jego spiekania powinna wynosić min. 1350-1400°C. Temperatura spiekania określa ogniotrwałość piasku.

Ważną właściwością piasku kwarcowego jest wielkość i kształt jego ziarn. Do wykonania odlewów żeliwnych stosuje się piasek kwarcowy o średniej wielkości ziarn (0,1-0,2 mm). Do wytwarzania większych i masywniejszych odlewów o grubszych ścianach należy stosować piasek o większych ziarnach. Ziarnistość piasku określa się w próbie analizy sitowej.

Ważną sprawą jest temperatura stosowanego piasku; powinien on być ostudzony do temperatury otoczenia. Temperatura masy nie powinna przekraczać 30°C, bowiem w przypadku jej przekroczenia zachodzi nadmierne i nie kontrolowane parowanie wody, które utrudnia ocenę jej zawartości w masie oraz zwiększa skłonność masy do osypywania się. Do właściwości piasków kwarcowych należy zaliczyć ich dużą rozszerzalność cieplną.

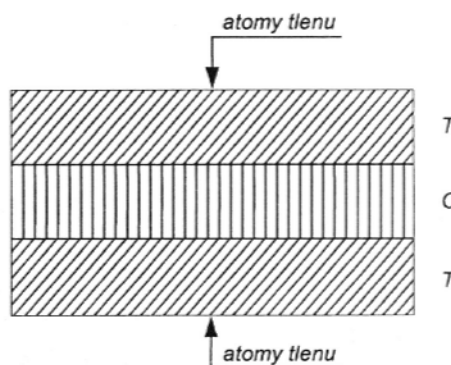
2.3. Struktura i właściwości bentonitu

Pod pojęciem gliny formierskiej rozumie się zmielony materiał naturalny (kopalina), zawierający powyżej 50% lepiszcza, czyli cząstek mniejszych od 0,02 mm, niezależnie od jego składu. Jeżeli zawartość lepiszcza w glinie zwiększa się, to znaczy, że zwiększa się zawartość drobnych frakcji, co powoduje lepsze pokrycie ziarn osnowy materiałem wiążącym, a to prowadzi do większej wytrzymałości masy.

Glinę, która zawiera powyżej 70% minerału zwanego montmorylonitem, nazywa się bentonitem. Minerale grupy montmorylonitu powstały w wyniku wietrzenia skał wulkanicznych w środowisku alkalicznym (pH ≈ 8). Montmorylonit zawiera: SiO₂ = 50-57%, Al₂O₃ = 16-20% oraz mniejsze ilości Fe₂O₃, MgO, CaO i wodę.

Montmorylonit jest zbudowany z pakietów trójwarstwowych, typu 2:1 (rys. 1.2). Między dwie warstwy tetraedryczne *T* wbudowana jest warstwa oktaedryczna *O*.

Tetraedr (czworościan) krzemowo-tlenowy jest podstawowym elementem strukturalnym warstwy tetraedrycznej. W czworościanie tym atom krzemu otoczony jest czterema atomami tlenu.



Rys. 1.2. Schemat budowy pakietu montmorylonitu

Oktaedr (ośmiościan) glinowo-tlenowo-wodorotlenowy lub magnezowo-tlenowo-wodorotlenowy jest podstawowym elementem strukturalnym warstwy oktaedrycznej. W ośmiościanie tym atomy glinu lub magnezu otoczone są atomami tlenu z warstwy tetraedrycznej i grupami wodorotlenowymi (OH⁻). Czwościany łączą się ze sobą narożami, zaś ośmiościany - krawędziami tworząc odpowiednią warstwę.

Minerały montmorylonitowe mają zdolność wymiany jonów międzypakietowych, co powoduje pęcznienie sieci krystalicznej w środowisku wodnym. Silne pęcznienie powodują kationy Li⁺ i Na⁺. Szczególnie korzystne jest zastąpienie dwuwartościowych kationów Ca⁺² jednowartościowymi kationami Na⁺ (tzw. proces aktywacji bentonitu).

Bentonit (szczególnie sodowy) jest minerałem silnie hydrofilnym, co powoduje jego pęcznienie, dużą wilgotność, ściśliwość i plastyczność. Wymienione cechy wraz z dużą jego powierzchnią właściwą (450-860 m²/g) oraz małymi wymiarami cząstek korzystnie wpływają na zwiększenie siły wiązania masy.

2.4. Właściwości i oddziaływanie pyłu węglowego

Powszechnie stosowanym dodatkiem do mas przeznaczonych do wykonywania odlewów żeliwnych jest pył węgla kamiennego, który zmniejsza skłonność masy do przypalania się do powierzchni odlewu i przez to zmniejsza chropowatość powierzchni odlewu. Pył węgla kamiennego w warunkach zalewania formy (wysoka temperatura, atmosfera redukcyjna, ograniczony dostęp powietrza) ulega zgazowaniu.

Z tworzącej się fazy gazowej w wyniku termicznego rozkładu węglowodorów wydziela się tzw. węgiel błyszczący, który jest mikrokrystaliczną odmianą węgla. Węgiel błyszczący osadza się na powierzchniach ziarn masy nagranych do temperatury 650-1200°C w postaci cienkiej warstewki o grubości poniżej 1 μm. Warstewka węgla błyszczącego jest niezwilżalna przez ciekły stop i dlatego zapobiega penetracji ciekłego stopu w pory masy. Ilość pyłu węglowego dodawanego do masy zależy od grubości ścianki odlewu. W miarę wzrostu grubości ścianki odlewu należy odpowiednio zwiększyć zawartość pyłu w masie.

2.5. Właściwości wody

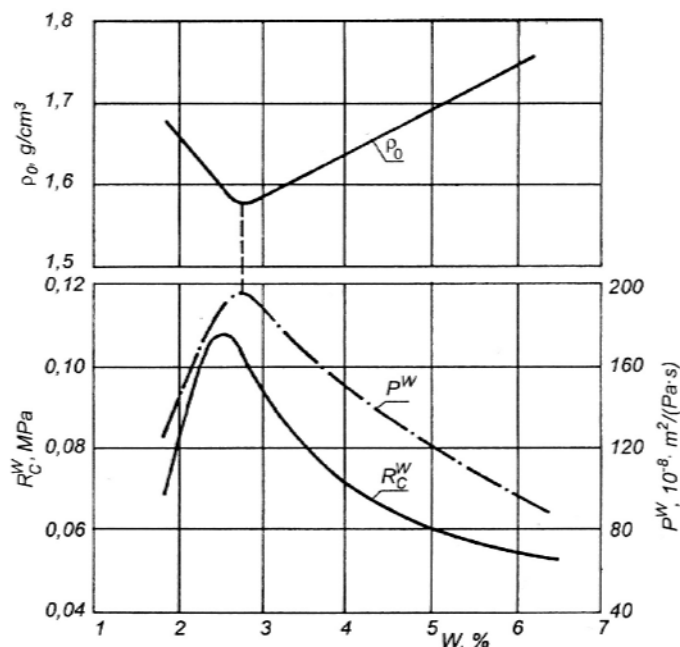
Cząsteczka wody, złożona z atomu tlenu i dwóch atomów wodoru, ma asymetryczną budowę i wykazuje właściwości dipola (środek ładunku dodatniego cząsteczki nie pokrywa się ze środkiem ładunku ujemnego). Cząsteczka wody ma moment dipolowy określonej wartości. Poszczególne cząsteczki wody łączą się ze sobą za pomocą wiązania wodorowego.

2.6. Mechanizm wiązania masy

Według istniejącej hipotezy wiązanie masy spowodowane jest oddziaływaniem ładunków elektrycznych, grupujących się na powierzchniach cząstek bentonitu oraz ziarn kwarcu, na dipolowe cząsteczki wody. Pole elektryczne cząstki oddziałuje na dipolowe cząsteczki wody, powodując ich orientację i przyciąganie. Błonki wody absorbowane przez pakiety bentonitu i ziarna kwarcu tworzą stały, warstwowy układ spowodowany działaniem sił pola elektrycznego. Minimalna ilość wody w masie, wynikająca z oddziaływania ładunków elektrycznych, stanowi tzw. wodę silnie (sztywno) związaną.

O ilości i rozłożeniu wody silnie związanej w masie decydują przede wszystkim minerały ilaste (duży stopień rozdrobnienia, duża powierzchnia właściwa, występowanie jonów wymiennych); powierzchnie większości cząstek ilastych mają przewagę ładunków ujemnych.

Przy zachowaniu optymalnego układu, który odpowiada ilości wody występującej tylko w postaci sztywno związanej, uzyskuje się minimalną gęstość pozorną masy i – odpowiadającą tej gęstości – maksymalną jej przepuszczalność. Maksymalna wytrzymałość masy jest zwykle nieco przesunięta w lewo w stosunku do maksymalnej przepuszczalności. Zarówno zmniejszenie, jak i zwiększenie zawartości wody (w stosunku do zawartości granicznej) powoduje wzrost gęstości pozornej masy i obniżenie wytrzymałości masy.



Rys. 1.3. Wpływ wilgotności W na gęstość pozorną ρ_0 , wytrzymałość na ściskanie R_C^W i przepuszczalność masy P^W (92% piasku kwarcowego i 8% bentonitu z Zębca)

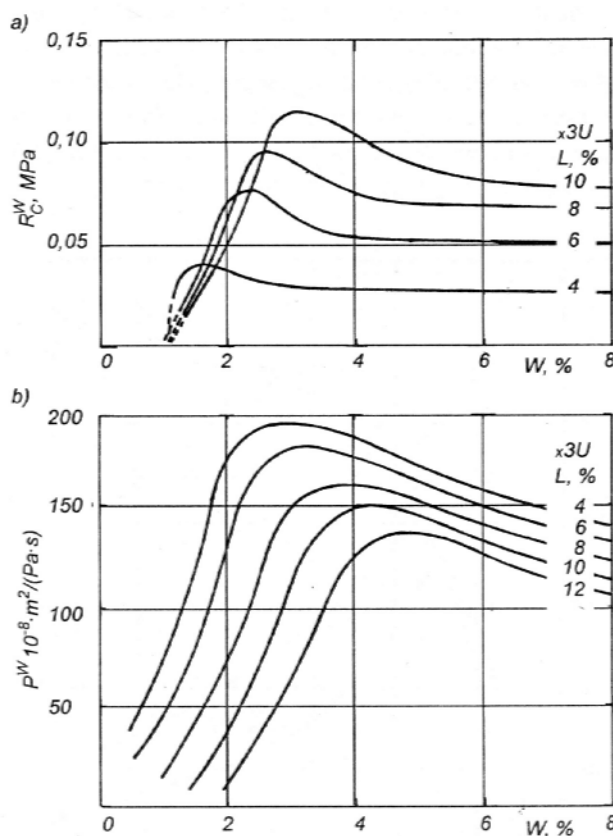
Struktura masy syntetycznej stanowi następujący uszeregowany układ: bentonit-woda-kwarc-woda. Struktura ta nadaje masie odpowiednią wytrzymałość.

Na rys. 1.3 podano przykład zależności (ρ_0 , P^W , R_C^W) od wilgotności masy syntetycznej z bentonitem. Zależnie od ilości i jakości zastosowanych składników ρ_{0min} , zwykle występuje przy $W = 2-3\%$.

3. POMIARY WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI MASY

3.1. Oznaczanie wilgotności masy

Przez wilgotność (wilgoć) masy rozumie się zawartą w badanej próbce wodę fizycznie związaną, tzn. zaadsorbowaną wodę swobodną i kapilarną.



Rys. 1.4. Przykład zmian właściwości masy syntetycznej przy różnych zawartościach lepiszcza L w zależności od wilgotności W : a) zmiana wytrzymałości na ściskanie R_C^W , b) zmiana przepuszczalności P^W

Wodę fizycznie związaną można usunąć z masy przez suszenie próbki w temperaturze 105-110°C, czyli w temperaturze nieco wyższej od temperatury parowania wody. Zmiana zawartości wody w masie powoduje duże zmiany jej podstawowych właściwości: wytrzymałości, przepuszczalności, płynności itp. Zawartość wody w masie zależy przede wszystkim od ilości lepiszcza. W przybliżeniu na każdy 1% zawartości lepiszcza masa powinna zawierać ok. 0,35% wody, wówczas uzyska się najkorzystniejsze właściwości masy. Zarówno zbyt mała, jak i zbyt duża zawartość wody w masie powoduje znaczne zmniejszenie jej właściwości (rys. 1.4).

Istotne znaczenie ma względna zawartość wody w masie, co określa tzw. stosunek wodno-glinowy, wyrażający stosunek ciężaru wody W do gliny (lepiszcza) L . Dla mas syntetycznych z lepiszczem bentonitowym stosunek wodno-glinowy wynosi 0,3-0,45.

Przy zbyt małym stosunku wodno-glinowym masa nie ma wystarczająco dobrych właściwości plastycznych, zaś przy zbyt dużym - pogarsza się jej płynność.

Najczęściej zawartość wody w masie formierskiej określa się z różnicy masy próbki wilgotnej i wysuszonej, a oznaczenie prowadzi się w suszarce laboratoryjnej. Z próbki masy nasypanej luzem odważa się do dwóch naczyń próbki pomiarowe po $50 \pm 0,01$ g każda i suszy w temperaturze 105-110°C do uzyskania stałej masy. Na ogół wystarcza czas suszenia 1 h. Wilgotność W oblicza się z zależności:

$$W = \frac{a-b}{a} \cdot 100\%,$$

gdzie:

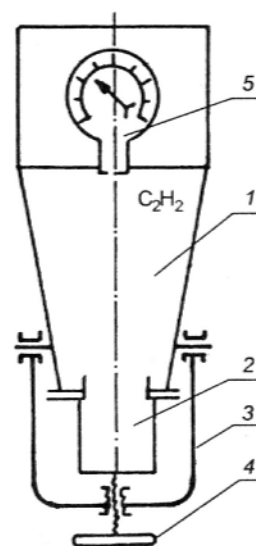
a – masa próbki wilgotnej, [g]

b – masa próbki wysuszonej, [g]

Po wyjęciu z suszarki naczynia z próbkami masy wkłada się do eksykatora i przetrzymuje w nim aż do ostygnięcia próbek do temperatury otoczenia. Za wynik pomiaru przyjmuje się średnią arytmetyczną dwóch równoległych oznaczeń: różnica pomiarów nie może przekroczyć 0,1%.

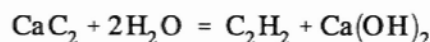
W warunkach warsztatowych stosowana jest tzw. metoda pośrednia (metoda Speedy), w której wykorzystuje się reakcję chemiczną zachodzącą pomiędzy wodą zawartą w masie i sproszkowanym karbidem. Schemat aparatu przedstawiono na rys. 1.5.

Do korpusu aparatu wsypuje się miarkę sproszkowanego karbidu, natomiast do kubka – 6 g badanej masy. Po dokręceniu śruby dociskowej wstrząsa



Rys. 1.5. Schemat aparatu Speedy: 1 – korpus, 2 – kubek, 3 – jarzmo, 4 – śruba dociskowa, 5 – manometr

się kilkakrotnie aparatem, zachowując jego pionowe położenie (manometr skierowany ku górze). Wstrząsanie zamkniętym aparatem trwa do czasu ustalenia się wskazówki manometru. Między karbidem CaC_2 i wodą zawartą w masie zachodzi reakcja:



Wytwarzający się acetylen C_2H_2 wywiera ciśnienie, mierzone manometrem wycechowanym w procentach zawartości wilgoci. Za wynik pomiaru należy przyjąć średnią arytmetyczną dwóch równoległych oznaczeń; różnica pomiarów nie może przekroczyć 0,5%.

3.2. Formowanie próbek laboratoryjnych

Próbki laboratoryjne, wykonane z badanej masy, służą do określenia następujących jej właściwości odlewniczych: wytrzymałości, przepuszczalności, płynności, gęstości pozornej, osypliwości, twardości i innych. Formowanie próbek odbywa się za pomocą ubijaka o pracy zagęszczenia 9,8 J (przy trzech uderzeniach) z kompletem foremek i dodatkowego wyposażenia lub praski (do zagęszczania próbek przy użyciu dużych nacisków jednostkowych).

Wyróżnia się następujące kształty próbek: walcowa, ósemkowa i podłużna. Kształty próbek mają określone normami wymiary i tolerancje.

Do badania syntetycznych mas formierskich na wilgotno stosuje się próbki walcowe $\varnothing 50^{\pm 0,8} \times 50^{\pm 1}$.

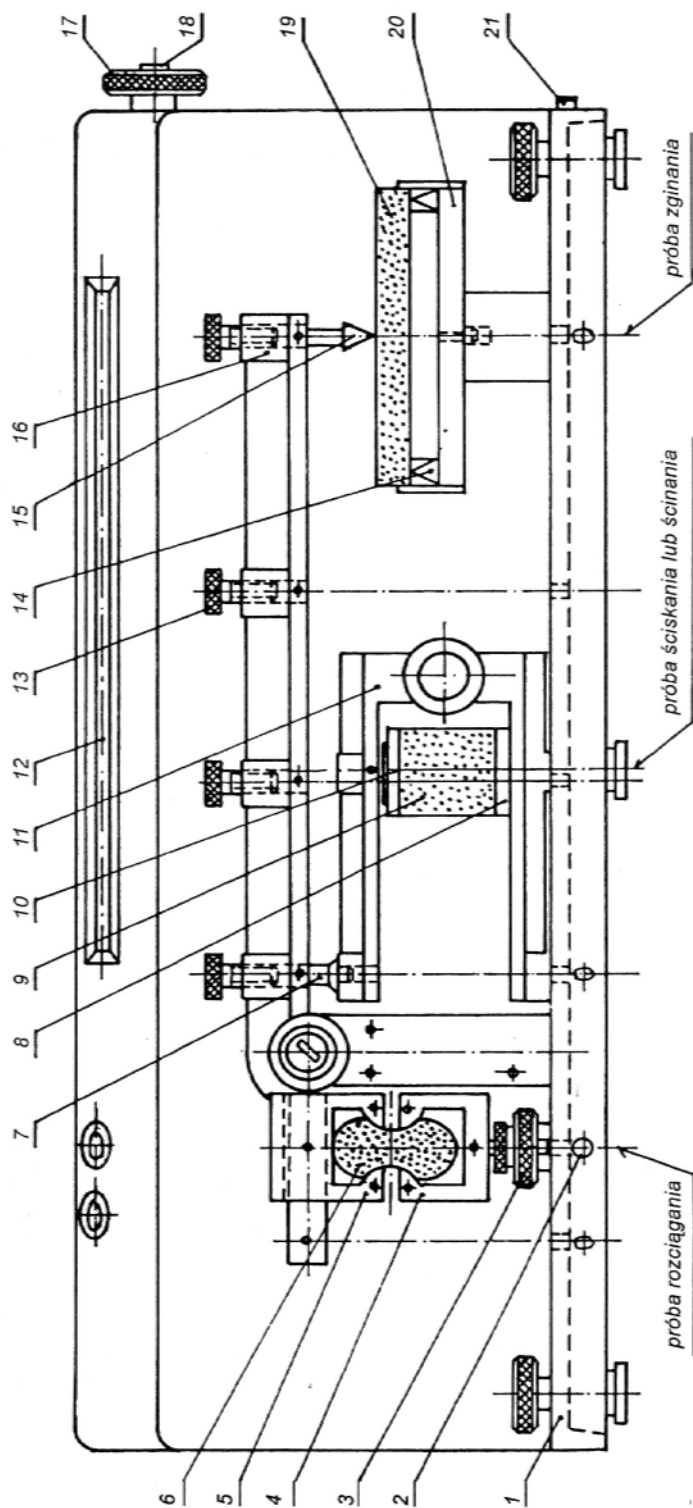
3.3. Oznaczanie wytrzymałości masy

Wytrzymałość masy charakteryzuje jej odporność na wywierane obciążenia zewnętrzne, przy których następuje trwałe odkształcenie badanej próbki.

Wyróżnia się cztery rodzaje wytrzymałości mas formierskich: wytrzymałość na ściskanie R_c , wytrzymałość na ścinanie R_t , wytrzymałość na rozciąganie R_m i wytrzymałość na zginanie R_g .

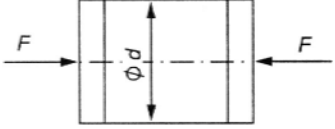
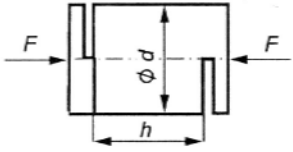
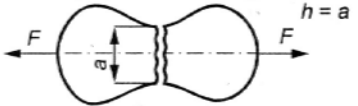
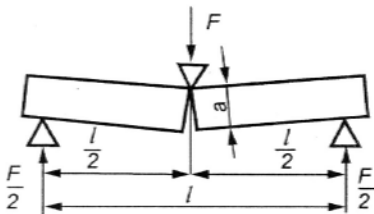
Przez wytrzymałość masy R_c , R_t , lub R_m należy rozumieć naprężenie równe stosunkowi siły niszczącej F_c , F_t lub F_m do powierzchni początkowego przekroju poprzecznego f lub f_m lub wzdłużnego f_t . Zaś przez wytrzymałość masy R_g – naprężenie równe stosunkowi momentu zginającego M_g przy złamaniu próbki do wskaźnika wytrzymałości przekroju W_z .

Zasada pomiaru wytrzymałości masy (zob. tabl. 1.1) polega na wywieraniu na próbkę obciążenia zewnętrznego aż do jej zniszczenia, a następnie odczytaniu lub obliczeniu wartości wytrzymałości w MPa. Dla mas syntetycznych z bentonitem w stanie wilgotnym praktycznie wytrzymałość oznacza się przez



Rys. 1.6. Schemat aparatu LRu-1 do badania wytrzymałości: 1 – podstawa aparatu, 2 – klin, 3 – nakrętka regulacyjna, 4 – dolny uchwyt na rozciąganie, 5 – górny uchwyt na rozciąganie, 6 – kształtka ósemkowa, 7 – trzpień, 8 – szczeka stała na ścinanie lub ścinanie, 9 – kształtka walcowa, 10 – szczeka przegubowa na ścinanie lub ścinanie, 11 – ramię dodatkowe, 12 – podziatka, 13 – śruba dociskowa, 14 – pryzmy, 15 – szczeka na zginanie, 16 – ramię do mocowania szerek, 17 – pokrętko skali, 18 – przycisk do przesuwania wskaźówki w położenie zerowe 19 – kształtka podłużna, 20 – podstawa na zginanie, 21 – przycisk do włączania aparatu

Tablica 1.1

<p>Wytrzymałość na ściskanie</p>  $R_c = \frac{F_c}{f_c} \text{ w MPa}$ <p>F_c – siła niszcząca w MN $f_c = \frac{\pi d^2}{4}$ – przekroj próbki w m^2</p>	<p>Próbkę walcową umieszcza się pomiędzy płaskimi szczękami i wywiera nacisk do chwili zniszczenia próbki. Wytrzymałość R_c odczytuje się na podziale aparatu.</p> <p>Zastosowanie: głównie do mas formierskich do formowania na wilgotno.</p>
<p>Wytrzymałość na ścinanie</p>  $R_t = \frac{F_t}{f_t} \text{ w MPa}$ <p>F_t – siła niszcząca w MN $f_t = h^2 = d^2$ – przekroj próbki w m^2</p>	<p>Próbkę walcową umieszcza się pomiędzy szczękami o występach półkolistych i wywiera nacisk do chwili zniszczenia próbki. Wytrzymałość R_t odczytuje się na podziale aparatu.</p> <p>Zastosowanie: głównie do mas formierskich do formowania na wilgotno.</p>
<p>Wytrzymałość na rozciąganie</p>  $R_m = \frac{F_m}{f_m} \text{ w MPa}$ <p>F_m – siła niszcząca w MN $f_m = a^2$ – przekroj w najwęższym miejscu w m^2</p>	<p>Utwardzoną próbkę ósemkową zakłada się w specjalne uchwyty aparatu i poddaje działaniu siły rozciągającej aż do zniszczenia próbki. Wartość wytrzymałości R_m odczytuje się na podziale aparatu.</p> <p>Zastosowanie: masy termo- i samoutwardzalne, chemicznie utwardzane oraz przez suszenie.</p>
<p>Wytrzymałość na zginanie</p>  $R_g = \frac{F_g l}{4 W_z} \text{ w MPa}$ <p>F_g – siła niszcząca w MN $W_z = \frac{a^3}{6}$ – wskaźnik przekroju w m^2</p>	<p>Utwardzoną próbkę podłużną ustawia się na podporach aparatu i poddaje działaniu siły zginającej aż do złamania próbki. Wartość wytrzymałości R_g odczytuje się na podziale aparatu.</p> <p>Zastosowanie: masy termo- i samoutwardzalne, chemicznie utwardzane oraz przez suszenie.</p>

R_c i R_t . Natomiast dla mas żywicznych samoutwardzalnych, termoutwardzalnych lub innych o dużej wytrzymałości (szczególnie mas rdzeniowych) oznacza się ją przez R_m i R_g .

Do pomiaru wytrzymałości mas stosowany jest aparat LRu-1. Schemat aparatu przedstawiono na rys. 1.6.

Wykonanie pomiaru polega na tym, że próbkę o odpowiednim kształcie, zależnym od rodzaju badanej wytrzymałości, umieszcza się w określonej szczelce aparatu. Następnie uruchamia się aparat, obciążając próbkę aż do jej zniszczenia. Wartość mierzonej wytrzymałości w MPa należy odczytać na odpowiedniej podziałce aparatu.

Dopuszczalna różnica między wynikiem maksymalnym i minimalnym nie powinna przekroczyć 10% wyniku średniego. Za wynik końcowy należy przyjąć średnią arytmetyczną trzech pomiarów.

W tabl. 1.1 przedstawiono schematy badań wytrzymałości mas oraz podano zakresy ich zastosowań.

3.4. Oznaczanie przepuszczalności masy

Pod pojęciem przepuszczalności rozumie się zdolność zagęszczonej masy formierskiej do odprowadzania (przepuszczania) gazów powstających w czasie zalewania formy ciekłym stopem.

W zapełnionej formie odlewniczej pod działaniem ciekłego stopu zachodzą następujące procesy, powodujące powstawanie gazów:

- a) parowanie wody zawartej w masie,
- b) wypalanie i zgazowanie niektórych składników masy, takich jak: spoiw, pyłu węglowego i innych dodatków,
- c) rozkład różnych domieszek występujących w lepiszczu i piasku kwarcowym, m.in.: węglanów, tlenków itp.

Powstające gazy powinny być możliwie szybko odprowadzone na zewnątrz formy, aby nie powodowały wad odlewów w postaci zagazowania, niedolewów itp.

Zagęszczona masa formierska jest ośrodkiem porowatym - ma ziarnistą strukturę z dużą ilością porów.

Podstawy teoretyczne laminarnego przepływu płynów nieściśliwych przez ośrodek porowaty wykorzystano do określenia przepuszczalności masy. Zdolność masy do przepuszczania gazów oparto na dwóch następujących założeniach:

- a) przy niewielkich różnicach ciśnień przepływ gazów niewiele odbiega od przepływu cieczy nieściśliwych,
- b) przepływ powietrza przez ośrodek porowaty jest równomierny.

Przepuszczalność masy P określona jest wzorem:

$$P = \frac{Vh}{Sp\tau},$$

gdzie:

P – przepuszczalność [$\text{m}^2/(\text{Pa}\cdot\text{s})$],

V – objętość powietrza przepływającego przez próbkę walcową [m^3],

h – wysokość próbki [m],

S – powierzchnia przekroju poprzecznego próbki walcowej [m^2],

p – ciśnienie powietrza pod próbką [Pa],

τ – czas przepływu $V \text{ m}^3$ powietrza przez próbkę [s].

Przyjmując za stałe (pomiar przepuszczalności metodą normalną – w aparacie kloszowym):

$$V = 2\,000 \text{ cm}^3 = 0,002 \text{ m}^3,$$

$$h = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m},$$

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = 19,6 \text{ cm}^2 = 0,00196 \text{ m}^2,$$

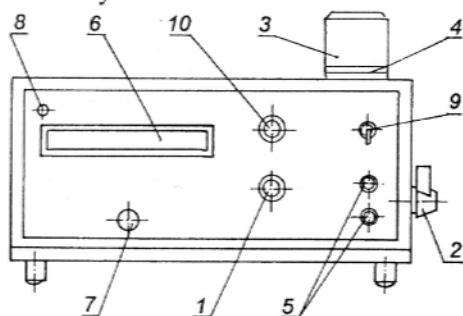
otrzymamy:

$$P = \frac{866,2}{p \tau} \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/(\text{Pa}\cdot\text{s}).$$

Oznaczenie przepuszczalności sprowadza się do pomiaru czasu przepływu i ciśnienia pod badaną próbką masy.

Do pomiaru przepuszczalności stosuje się:

- aparat wodny (kloszowy), w którym ciśnienie powietrza przepływającego przez próbkę jest wytwarzane przez klosz, opadający w pojemniku z wodą,
- aparat z manometrem, w którym ciśnienie powietrza jest wytwarzane przez wentylator.



Rys. 1.7. Schemat aparatu do oznaczania przepuszczalności: 1 – pokrętło do regulacji ciśnienia, 2 – pokrętło zaciskowe, 3 – pokrywa lub tulejka z kształtką, 4 – głowica z dyszami o średnicy 0,5 i 1,5 mm, 5 – bezpieczniki, 6 – skala pomiarowa, 7 – pokrętło, 8 – pokrętło, 9 – pokrętło, 10 – wziernik

W praktyce jest powszechnie stosowana metoda tzw. pośpiesznego pomiaru przepuszczalności za pomocą aparatu z manometrem, w którym ciśnienie powietrza jest wytwarzane przez wentylator.

Przy stosowaniu tej pośpiesznej metody mierzy się tylko ciśnienie powietrza pod próbką, wskazywane przez manometr. Natomiast nie potrzeba mierzyć czasu przepływu powietrza przez próbkę, bowiem przy ruchu ustalonym objętości powietrza przepływającego przez próbkę są w przybliżeniu stałe.

Oznaczenie przepuszczalności masy metodą pośpieszną prowadzi się przy użyciu aparatu LPiR przedstawionego na rys. 1.7.

Próbkę walcową w tulejce umieszcza się w oprawce aparatu. Za pomocą dmuchawy napędzanej silnikiem elektrycznym spręża się powietrze do wartości 980 Pa (100 mm H₂O) i doprowadza przez dyszę o średnicy 0,5 mm (zakres pomiarowy $(2-80) \cdot 10^{-8} \text{m}^2/(\text{Pa} \cdot \text{s})$) lub o średnicy 1,5 mm (zakres pomiarowy $(70-4000) \cdot 10^{-8} \text{m}^2/(\text{Pa} \cdot \text{s})$) do zamkniętej przestrzeni pod badaną próbką. W przestrzeni pod tą próbką znajduje się również króciec manometru do pomiaru ciśnienia. Ruch obrotowy pierścienia wagi manometru jest przenoszony na wskazówkę, która na podziałce wyskalowanej w wartościach przepuszczalności pozwala na odczytanie wyników oraz na pisak, który na taśmie wykreśla przebieg zmiany ciśnienia, a więc przepuszczalności. Dopuszczalna różnica między wynikami (maksymalnym i minimalnym) nie może być większa niż 10% wyniku średniego. Za wynik należy przyjąć średnią arytmetyczną trzech oznaczeń.

3.5. Oznaczanie płynności masy

Ogólnie płynność masy określa jej przydatność do formowania. Dotychczas nie zostało jednoznacznie zdefiniowane ani samo pojęcie płynności, ani nie opracowano jednej, pewnej metody pomiaru płynności.

Na ogół przez płynność rozumie się zdolność masy do równomiernego zagęszczania się przy minimalnym nakładzie pracy. Płynność masy jest związana z poślizgiem ziarn piasku, od którego zależy siła konieczna do pokonania oporu tarcia ziarn podczas ich przemieszczania. Do najbardziej rozpowszechnionych metod oznaczania płynności, stosowanych w zależności od rodzaju masy i jej przeznaczenia należą:

- a) metoda Dieterta-Valtieria,
- b) metoda stosunku gęstości Lewandowskiego,
- c) metoda zrzucania (shatter test),
- d) metoda płynności swobodnej Gittusa,
- e) metoda Orłowa.

Wyniki pomiaru płynności masy poszczególnymi metodami są zupełnie rozbieżne, stąd można porównywać tylko wyniki jednej, określonej metody.

3.5.1. Oznaczanie płynności masy metodą H.W. Dieterta i F. Valtiera

Płynność masy jest określona za pomocą wskaźnika charakteryzującego zdolność ziarn masy do przemieszczania się zgodnego z działaniem sił zagęszczających. Istota metody polega na pomiarze za pomocą czujnika wartości odkształcenia wysokości znormalizowanej próbki walcowej między czwartym, a piątym uderzeniem ciężarka standardowego ubijaka. Ta wartość odkształcenia jest podstawą do obliczenia płynności. Im mniejsze jest odkształcenie próbki, tym lepszą płynność ma masa. Przyjęto, że płynność masy równa się 0%, gdy

ubytek wysokości próbki wynosi 5%, tzn. $50 \cdot 0,05 = 2,5$ mm. Zaś płynność masy równa się 100 %, gdy ubytek wysokości próbki jest równy zero.

Płynność oblicza się ze wzoru:

$$P_D = \frac{2,5 - x}{2,5} \cdot 100 \% = 100 - 40x [\%],$$

gdzie: x jest ubytkiem wysokości próbki między czwartym a piątym uderzeniem ciężarka [mm].

Masy syntetyczne z bentonitem powinny mieć płynność powyżej 80%.

3.5.2. Oznaczenie płynności masy metodą Lewandowskiego

Metoda pomiaru polega na wyznaczeniu stosunku objętości próbki zagęszczonej przez trzykrotne uderzenie ciężarka ubijaka do objętości próbki w stanie spulchnionym. Stosunek ten nazywa się wskaźnikiem płynności W_p i wynosi:

$$W_p = \frac{V_z}{V_s},$$

gdzie:

V_z – objętość próbki standardowo zagęszczonej,

V_s – objętość próbki w stanie spulchnionym.

Wskaźnik płynności jest liczbą bezwymiarową.

Próbkę przeprowadza się w następujący sposób: ilość masy potrzebnej do wykonania próbki walcowej ($\varnothing 50 \times 50$) przesiewa się przez sito o prześwicie oczka 4×4 mm do menzurki o pojemności 500 cm^3 . Odczytuje się objętość V_s masy w menzurce z dokładnością do 5 cm^3 .

Następnie wykonuje się znormalizowaną próbkę (przez trzykrotne uderzenie ciężarka), mierzy się wysokość próbki (z dokładnością 0,1 mm) i oblicza się objętość V_z . Im większa jest wartość W_p , tym lepszą płynność ma masa.

3.5.3. Oznaczanie płynności masy metodą zrzucania (shatter test)

Metoda polega na zrzuceniu znormalizowanej i zważonej próbki walcowej z wysokości 6 stóp (1,829 m) na poziomą płytę metalową (rys. 1.8). Po rozbiściu próbki pewna część masy przesypie się przez oczka sita o prześwicie $1/2" \times 1/2"$ ($12,7 \times 12,7$ mm), zaś część pozostanie na sicie. Pozostałe na sicie bryły masy waży się z dokładnością do 0,1 g.

Płynność zrzucania P_z oblicza się ze wzoru:

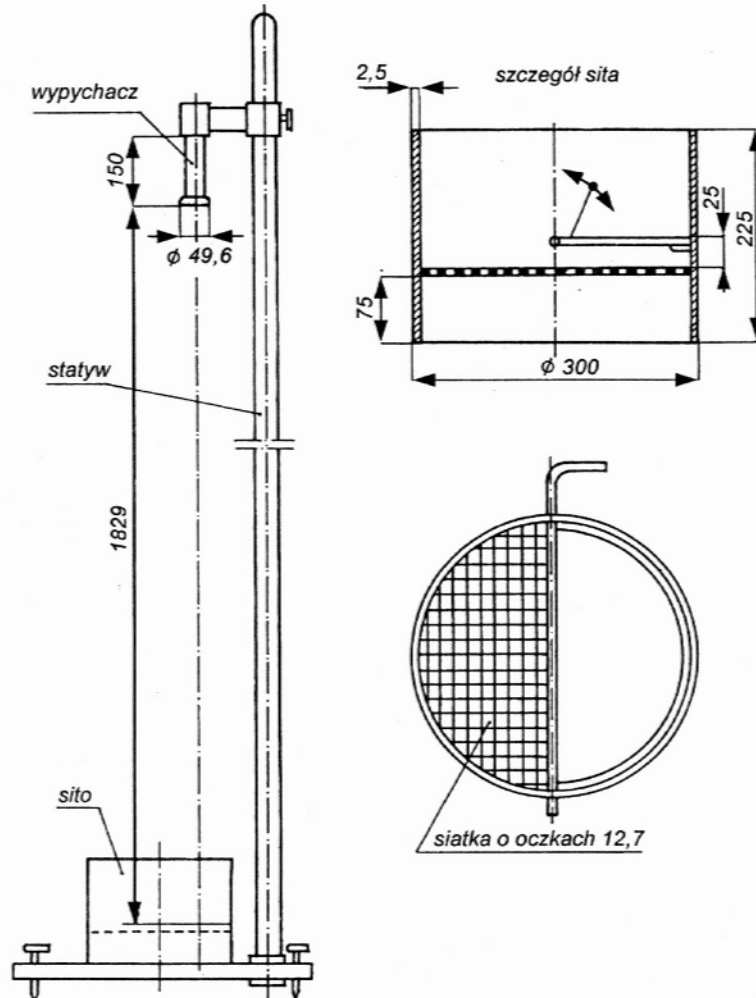
$$P_z = \frac{Q_c - Q_z}{Q_c} \cdot 100 \%,$$

gdzie:

Q_c – całkowita masa próbki walcowej [g],

Q_z – masa części próbki (brył) pozostała na sicie [g].

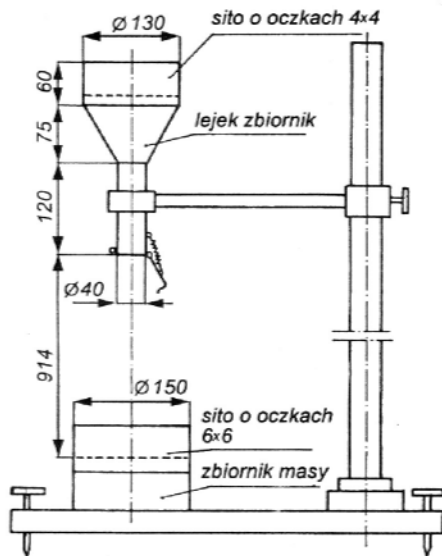
Im większa jest wartość P_z , tym lepszą płynność ma badana masa.



Rys. 1.8. Schemat przyrządu do oznaczania płynności metodą zrzucania

3.5.4. Oznaczanie płynności masy metodą Gittusa

W tej próbie stosuje się stałą ilość masy (150 g), niezależnie od jej wilgotności i zawartości lepiszcza. Porcję masy przesiewa się przez sito o wymiarach oczek 4×4 mm do zbiornika walcowego z otwieranym dnem (rys 1.9). Po zwolnieniu zaczepu cała porcja masy spada z wysokości 3 stóp (0,914 m) na sito o wymiarach oczek 6×6 mm.



Rys. 1.9. Schemat przyrządu do oznaczania płynności swobodnej

Miarą płynności swobodnej P_s jest ilość masy (wyrażona w gramach), jaka przesypane się przez sito. Masę waży się z dokładnością 0,1 g. Płynność jest tym lepsza, im więcej masy przesypane się przez sito.

Pomiary płynności masy należy przeprowadzić dla co najmniej 4-5 różnych wilgotności i minimum trzech próbek. Różnice wyników pomiaru nie mogą przekraczać 10% wartości średniej arytmetycznej.

W laboratorium do oznaczania płynności swobodnej i płynności metodą zrzucania stosowany jest tzw. aparat zespolony, gdzie na wspólnej podstawie i kolumnie zamontowano oba urządzenia.

4. URZĄDZENIA, PRZYRZĄDY, MATERIAŁY

1. Mieszarka krążnikowa laboratoryjna do przygotowania masy formierskiej.
2. Zbiornik na masę.
3. Aparat Speedy do pośpiesznego oznaczania zawartości wilgoci w masie formierskiej.
4. Ubijak standardowy do wykonywania walcowych próbek do badania wytrzymałości z kompletem tulejek pomiarowych.
5. Aparat do oznaczania przepuszczalności.
6. Aparat uniwersalny do oznaczania wytrzymałości masy.
7. Waga laboratoryjna z kompletem odważników.
8. Różne drobne przyrządy do pobierania masy.
9. Piasek kwarcowy określonego rodzaju i gatunku, na przykład: piasek kwarcowy „Bukowno” 1K-0,32/0,40/0,63-80-1350°C.
10. Bentonit, na przykład: bentonit „Milowice” gatunek I lub II.
11. Pył węgla kamiennego.

5. PRZEBIEG ĆWICZENIA

W zakres ćwiczenia wchodzi następujące czynności i zabiegi:

1. Przygotowanie dwóch mas formierskich w mieszarce laboratoryjnej (według instrukcji). Masy wykonane z tego samego piasku kwarcowego różnią

się zawartością bentonitu (lepiszcza), a więc i wody. Składy ciężarowe mas są następujące:

Symbol masy	Piasek kwarcowy	Bentonit	Pył węglowy	Woda
Mf 1	4 kg	0,2 kg	0,15 kg	0,085 kg
Mf 2	4 kg	0,4 kg	0,15 kg	0,145 kg

2. Wykonanie oznaczenia zawartości wilgoci dla dwóch mas za pomocą metody pośpiesznej aparatem Speedy.

3. Wykonanie po 5 próbek walcowych na ubijaku standardowym z każdej z mas.

4. Wykonanie oznaczenia przepuszczalności. Oznaczenie wykonać na trzech próbkach (z każdej z mas) i za wynik przyjąć średnią arytmetyczną z tych trzech oznaczeń. Dopuszczalna różnica między skrajnymi wynikami nie może przekroczyć 10% wyniku średniego. W przypadku większej różnicy próbę należy powtórzyć.

5. Wykonanie oznaczenia wytrzymałości na ściskanie R_c i na ścinanie R_t . Oznaczenie wykonać na trzech próbkach z każdej z mas dla obu właściwości (R_c i R_t), a za wynik ostateczny przyjąć średnią arytmetyczną, jak w przypadku oznaczania przepuszczalności.

6. Zapisać wyniki oznaczeń i uporządkować miejsce pracy.

6. SPRAWOZDANIE

W sprawozdaniu należy zamieścić wyniki pomiarów oraz krótko omówić wpływ zawartości lepiszcza na właściwości mas.

Literatura

1. Lewandowski L.: Masy formierskie i rdzeniowe. PWN, Warszawa 1991.
2. Sakwa W., Wachelko T.: Materiały na formy i rdzenie odlewnicze. Wyd. Śląsk (wyd. II), Katowice 1981.
3. Lewandowski L., Pawłowski Z., Wilczyński P.: Materiały formierskie. Laboratorium. Wyd. AGH (wyd. II). Kraków 1978.
4. Grabowska-Olszewska B. (red.): Metody badań gruntów spoistych. Wyd. Geologiczne, Warszawa 1975.