

Ćwiczenie nr 2

Badanie właściwości syntetycznych mas formierskich

Wprowadzenie

Syntetyczne klasyczne masy formierskie to mieszaniny piasków i glin formierskich, pyłu węglowego (odlewy żeliwne) oraz innych dodatków (np. dekstryna, mączka drzewna) i wody, dobrane w odpowiednich proporcjach i przerobione, w celu uzyskania właściwości, niezbędnych do wykonania w warunkach produkcyjnych, określonych form i odlewów.

Piaski formierskie to osnowa – główny składnik objętościowy mas formierskich, *glina* – spoiwo osnowy, *woda* - umożliwiająca uzyskanie przez glinę wymaganych właściwości technologicznych, *pył węglowy* przeciwdziałający przypaleniom masy na odlewach (żeliwnych). *Dekstrynę* lub inne dodatki organiczne, wprowadza się do mas, w celu zmniejszenia osypliwości i przeciwdziałania powstawaniu wad odlewniczych.

Orientacyjny skład i podstawowe właściwości technologiczne syntetycznych klasycznych mas formierskich na odlewy żeliwne

Rodzaj odlewów	Sposób zalewania	Ziarnistość (przykł.)	Lepiszczce [%]		Włoda [%]	pył węglowy [%]	Przepuszczalność [m ² /Pa•s]	R _c [MPa]	
			bentonit	kaolin				wilgotne	suche
cienkościenne	na wilgotno	0,10/0,071/0,16 0,10/0,16/0,071	7÷10	8÷14	÷ 3,5 5,5	5÷6	30	÷ 0,030 0,070	-
Lekkie do 20 kg	na wilgotno	0,10/0,071/0,16 0,10/0,16/0,071	7÷10	8÷14	÷ 3,5 5,5	5	25	÷ 0,030 0,055	-
średn.do 200 kg	na wilgotno	0,20/0,16/0,10 0,16/0,10/0,20	6÷10	10÷15	÷ 4,0 5,5	5	50	÷ 0,040 0,070	-
ciężkie	na wilgotno	0,20/0,26/0,32 0,20/0,32/0,16	7÷10	10÷15	÷ 4,5 5,5	5÷6	70	÷ 0,050 0,070	-
ciężkie	na sucho	0,20/0,16/0,32 0,20/0,32/0,16	7÷10	11÷15	÷ 5,5 8,0	0÷3	80	÷ 0,030 0,060	0,45

Składniki mas formierskich

Piaski formierskie

Do przygotowania mas syntetycznych na odlewy żeliwne stosuje się piaski kwarcowe gatunku 1K ÷ 4K

Tab. 1. Klasyfikacja piasków formierskich wg PN-85/H-11001 w zależności od zawartości lepiszcza

Gatunek piasku	Zawartość lepiszcza	Zawartość			Temperatura spiekania	Wskaźnik jednorodności min
		SiO ₂ max	Fe ₂ O ₃ max	węglanów max		
	%			°C	%	
1K	max 0,2	98	0,5	0,3	1400	80
2K	max 0,5	96	1,0	0,5	1400	75
3K	max 1,0	96	1,0	0,5	1350	70
4K	max 2,0	-	1,5	1,0	1350	65
5K	2,01-8,0	-	-	1,0	-	60

Właściwości piasków były tematem ćwiczenia Nr.1.

Gliny formierskie

Gliny formierskie to odpowiednio przerobione materiały naturalne (kopaliny), zawierające ponad 50 % lepiszcza. Głównymi składnikami glin są minerały ilaste o wysokim stopniu rozdrobnienia, głównie uwodnione glinokrzemiany. W zależności od rodzaju minerałów wchodzących w skład lepiszcza gliny dzielimy na:

- **kaolinitowe**, zawierające minerał kaolinit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) o temperaturze topnienia $1770 \div 1990^\circ\text{C}$. Znajdują zastosowanie głównie do wyrobu materiałów ogniotrwałych. W odlewnictwie gliny ogniotrwałe (kaolinitowe) mielone, gatunku GM1 ÷ GM4 (wg BN-67/6762-07), mają zastosowanie jako główny składnik wiążący w masach suszonych na duże odlewy, lub jako dodatek (podwyższający ogniotrwałość), do mas syntetycznych bentonitowych.
- **montmorylonitowe** (bentonity), zawierające minerał montmorylonit ($2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) o temperaturze topnienia ok. 1580°C , mają najszersze zastosowanie, do wykonywania mas formierskich na drobne i średnie odlewy, szczególnie w odlewniach zmechanizowanych i zautomatyzowanych. Bentonity posiadają bardzo dużą zdolność wchłaniania wody i pęcznienia, wykazując najwyższe zdolności wiążące spośród wszystkich rodzajów glin,
- **illitowe**, zawierające minerał illit, stanowią główne składniki gleb i (ze względu na niską temperaturę topnienia) nie mają zastosowania w odlewnictwie przemysłowym.

Wymagania stawiane glinom określają normy: BN-67/6762-07 - dla glin formierskich ogniotrwałych (kaolinitowych) mielonych, oraz PN-85/H-11003 - dla bentonitów. Głównymi kryteriami oceny glin formierskich ogniotrwałych są: wytrzymałość na ściskanie na wilgotno (R_c^w) i na sucho (R_c^s), masy o składzie: 90% piasku wzorcowego, 10% gliny i 4,5% wody.

Do oceny przydatności bentonitów niezbędnym jest oznaczenie wskaźnika pęcznienia, zawartości montmorylonitu, ziarnistości oraz wytrzymałości na ściskanie na wilgotno (R_c^w) i osypliwości (S), masy złożonej z 93% piasku wzorcowego, 7% bentonitu i 3,5% wody.

Właściwości glin podano w tab.2.

Tab. 2. Właściwości wiążące glin mielonych ogniotrwałych (kaolinitowych) i bentonitów przeznaczonych do sporządzania mas formierskich

Rodzaj i gatunek gliny	R_c^w min	R_c^s min	Osypliwosc S max	Norma
	MPa	Mpa	%	
glina ogniotrwała mielona GM1	0,07	0,25	-	BN-67/6762-07
GM2	0,05	0,25	-	
Bentonit: I ¹⁾	0,07	-	5	PN-85/H-11003
II ²⁾	0,055	-	5	

¹⁾ Bentonit gat.I jest importowany. Zawartość montmorylonitu min 75%
²⁾ Gat. II i III uzyskiwany z bentonitów karbońskich krajowych. Zawartość montmorylonitu ok. 50%

W celu podwyższenia właściwości bentonitów poddaje się je aktywacji (NaOH).

Pył węglowy

Pył węglowy jest podstawowym dodatkiem do mas na odlewy żeliwne, zapobiegającym przypaleniu masy do odlewów i polepszającym gładkość powierzchni odlewów. Takie działanie posiada tylko pył z węgla kamiennego, z którego w warunkach zalewania form (przy podwyższonej temperaturze) wydziela się węgiel błyszczący.

Tab. 3. Pył węglowy wg PN-91/H-11008 dla mas formierskich na żeliwo:

wody	C błyszczący	części lotne	popiół	ziarn < 0,1 mm
≤ 4,0 %	9,0 %	30 ÷ 40 %	≤ 4,0 %	100%

Inne dodatki

W celu zmniejszenia skłonności mas syntetycznych do osypywania się oraz do tworzenia takich wad odlewniczych, jak strupy, blizny, żyłki, dodaje się (w ilości poniżej 1,0 %) dekstrynę (krochmal), ew. inne substancje organiczne.

Poprawę takich właściwości, jak podatność, wybijalność i przepuszczalność, mas suszonych na duże odlewy, dają trociny, mączka drzewna, albo torf.

Współczynnika akumulacji ciepłej mas, zwiększa dodatek mielonego złomu elektrod grafitowych.

Właściwości technologiczne mas i metody ich oznaczania

Zespół cech charakteryzujących masę pod względem przydatności do sporządzania form (lub rdzeni) nazywa się właściwościami technologicznymi. Do oceny jakości i porównywania mas służą odpowiednie wskaźniki tych właściwości.

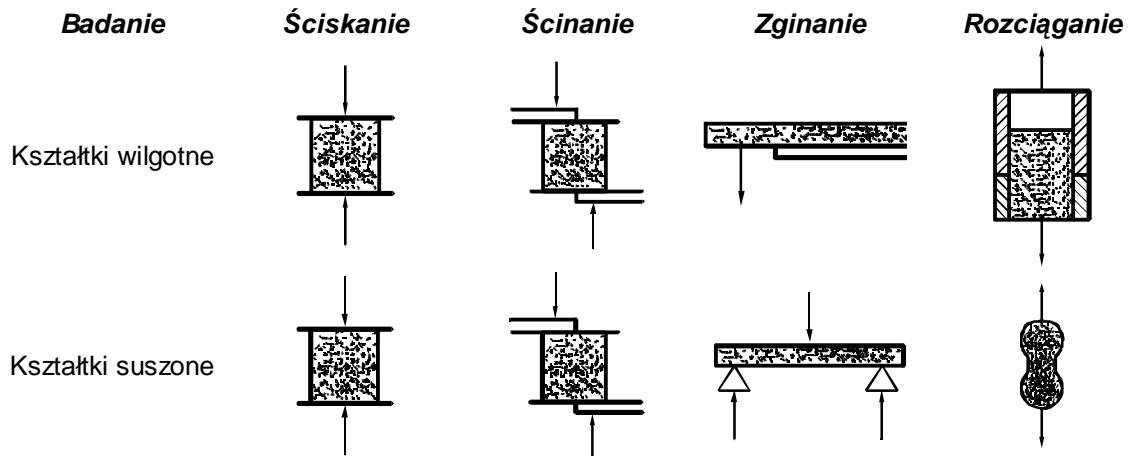
Do podstawowych właściwości technologicznych mas formierskich zalicza się:

- wytrzymałość, – przepuszczalność, – osypliwość, – wilgotność,
- zagęszczalność, – wybijalność, – podatność, – trwałość,
- ogniotrwałość, – płynność, – gazotwórczość, – żywotność.
- właściwości termofizyczne (ciepło właściwe, współczynnik przewodzenia ciepła, współczynnik wyrównywania temperatury, współczynnik akumulacji ciepła),

Spośród wymienionych właściwości największe znaczenie posiadają w praktyce wytrzymałość, przepuszczalność, osypliwość oraz wilgotność, która jest dodatkowo dla wcześniej wymienionych, zmienną niezależną. Z tego względu zostaną one omówione dokładniej z podaniem metod oznaczania ich wskaźników.

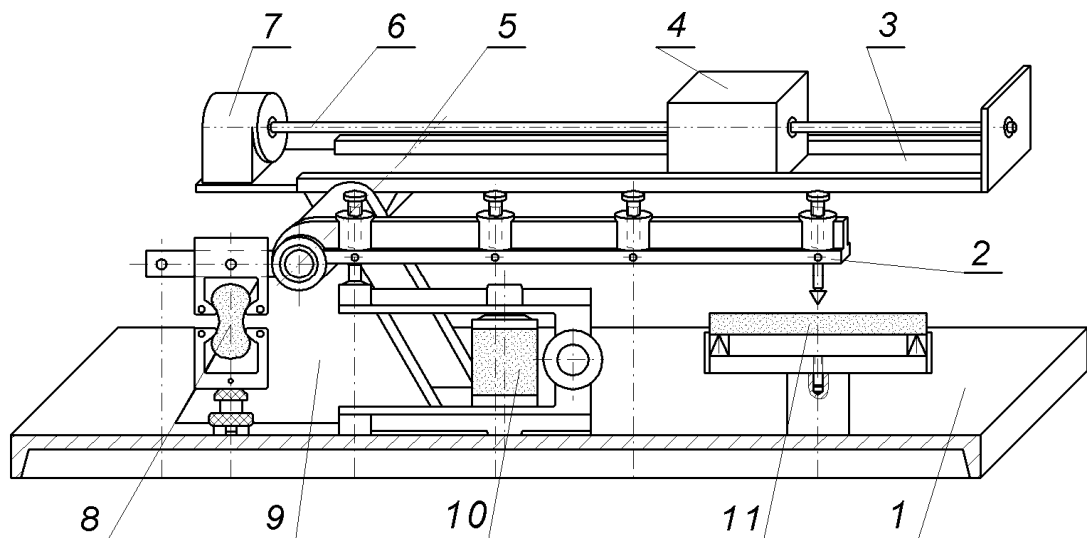
Wytrzymałość

W ocenie syntetycznej wilgotnej masy formierskiej pod względem wytrzymałości, stosuje się następujące wskaźniki: wytrzymałość na ściskanie na wilgotno R_c^w , wytrzymałość na ścinanie R_t^w , wytrzymałość na rozciąganie R_m^w i wytrzymałość na zginanie R_g^w . Przy ocenie mas syntetycznych suszonych (na średnie i duże odlewy) wyznacza się odpowiednio R_c^s , R_t^s , R_m^s , R_g^s . Oznaczenia wykonuje się na znormalizowanych próbkach walcowych, ósemkowych i podłużnych o przekroju kwadratowym. Schemat oznaczania wskaźników wytrzymałościowych mas formierskich przedstawia rys.1. Sposób oznaczania określa PN-83/H- 11073.



Rys. 1: Sposoby wyznaczania wskaźników wytrzymałościowych mas formierskich

Większość oznaczeń wskaźników wytrzymałościowych wykonuje się na uniwersalnym aparacie do badania wytrzymałości LRu (rys.2). Aparat jest zbudowany z dwóch dźwigni na wspólnej poziomej osi (5). Po jednej dźwigni (3) porusza się napędzany śrubą pociągową (6) – obciążnik (4), a do drugiej (2) – przymocowane są uchwyty próbek wytrzymałościowych. Po prawej stronie względem osi dźwigni wykonuje się oznaczenia $R_c^{w,s}$, $R_t^{w,s}$, R_g^s , natomiast po lewej



Rys. 2: Schemat uniwersalnego aparatu LRu do badania wytrzymałości mas formierskich i rdzeniowych: 1 – podstawa, 2 – dźwignia uchwytów, 3 – dźwignia-sanki obciążnika, 4 - obciążnik, 5 – oś układu dźwigniowego, 6 – śruba pociągowa, 7 – silnik, 8 – próbka R_m , 9 – wspornik osi (5), 10 – próbka R_c , R_t^s , 11 – próbka R_g

stronie oznacza się R_m^s . Przy ocenie właściwości wytrzymałościowych mas wilgotnych oznacza się głównie wskaźnik R_c^w .

Na wytrzymałość mas syntetycznych bentonitowych wpływają: ilość i jakość lepiszcza (gliny), kształt ziaren osnowy piasku, stopień zagęszczenia masy oraz zawartość wilgoci. Wzrost zawartości lepiszcza powoduje zwiększenie wytrzymałości masy. W miarę zmniejszania się wartości wskaźnika kształtu W_k (kulistości) zia-

ren osnowy wytrzymałość maleje. Wzrost stopnia zagęszczenia powoduje wyższą wytrzymałość masy.

Przepuszczalność

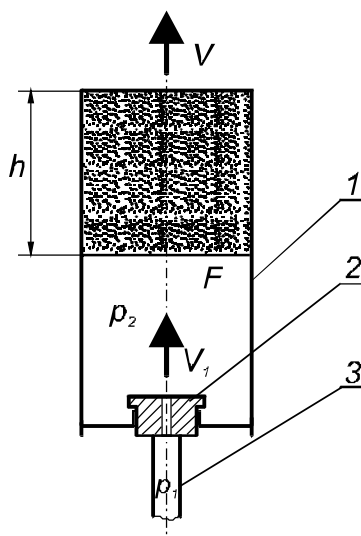
Przepuszczalność jest to zdolność masy do przepuszczania pary wodnej i innych gazów tworzących się podczas zalewania formy ciekłym metalem. Niska przepuszczalność powoduje powstanie w odlewach w pęcherzy gazowych. Ilościowo jest to objętość powietrza, która przepływa przez jednostkę powierzchni próbki ($\phi 50 \times 50$ mm), w ciągu jednostki czasu przy określonym nadciśnieniu.

$$P = \frac{V \cdot h}{F \cdot \tau \cdot p} \left[\frac{m^2}{Pa \cdot s} \cdot 10^{-8} \right] \quad (1)$$

gdzie: P - przepuszczalność,;
 V - objętość powietrza przepływającego przez kształtkę, [m³]
 h - wysokość kształtki [m]
 τ - czas przepływu objętości V powietrza przez kształtkę, [s]
 p - nadciśnienie powietrza [Pa].

Pomiar przepuszczalności metodą normalną (zaniechaną) polega na przepuszczeniu przez próbkę 2 l powietrza pod nadciśnieniem (~ 10 KPa) i pomiarze czasu jego przepływu τ . Po wstawieniu wartości τ i p do wyżej podanych wzorów i obliczeniu wyników, uzyskuje się wartość przepuszczalności P .

W praktyce wartość P oznacza się metodą pospieszną, mierząc tylko ciśnienie p pod próbką. W badaniach metodą pospieszną stosuje się dysze $\phi 0,5$ mm dla małych wartości przepuszczalności $P \leq 81 \cdot 10^{-8} m^2/Pa \cdot s$ i $\phi 1,5$ mm dla przepuszczalności $P \geq 60,1 \cdot 10^{-8} m^2/Pa \cdot s$



Rys. 4: Oznaczanie przepuszczalności metodą pospieszną: 1 – tulejka z próbką, 2 – dysza, 3 – powietrze $p=981$ Pa

Wzór na przepuszczalność w tej metodzie upraszcza się do postaci:

$$P = C \cdot \frac{\sqrt{p_1 - p_2}}{p_1} \quad (2)$$

gdzie: C - stała dla danego otworu

p_1 – oznacza ciśnienie powietrza wytworzone przez klosz w przewodzie przed dyszą,

p_2 – ciśnienie powietrza pod kształtką.

Pomiar przepuszczalności metodą pospieszną na aparacie elektrycznym LPiR polega na przepuszczeniu przez układ dysza - próbka powietrza pod ciśnieniem 981 Pa (wytwarzanym przez dmuchawę) i odczycie przepuszczalności P dla danej dyszy bezpośrednio na odpowiednich skali aparatu

W praktyce najczęściej oznacza się przepuszczalność mas w stanie wilgotnym P^w oraz rzadziej przepuszczalność P^s mas w stanie wysuszonym.

Przepuszczalność P^s oznacza się na tej samej zasadzie jak P^w , stosując specjalną tulejkę gumową z dętką uszczelniającą, do której przed pomiarem pompuje się powietrze.

Przepuszczalność mas formierskich wzrasta wraz ze zwiększaniem wielkości ziaren piasku i wzrostem jego jednorodności, natomiast maleje w miarę wzrostu zawartości lepiszcza oraz wzrostu stopnia zagęszczenia masy.

Osypliwość

Osypliwość jest to skłonność zagęszczonej masy formierskiej do wykruszania się ziaren w zewnętrznej warstwie formy lub rdzenia, w wyniku utraty spoiwości i jest ściśle związana z odpornością masy na ścieranie. Duża osypliwość form suszonych (i rdzeni) wynika najczęściej z przepalenia gliny lub spoiwa wskutek wysokiej temperatury suszenia.

W praktyce stosowane są metody polegające na określaniu ubytku masy próbki walcowej ($\phi 50 \times 50$), poddanej ścieraniu w określonych warunkach. Oznaczanie osypliwości wg BN-77/4024-02 na aparacie LS, polega na wyznaczeniu względnego ubytku wagowego próbki, po przetoczeniu jej po parze stalowych rolek $\phi 50$ wykonujących 750 obrotów w czasie 5 min, przy równoczesnym nagrzewaniu próbki lampą promiennikową.

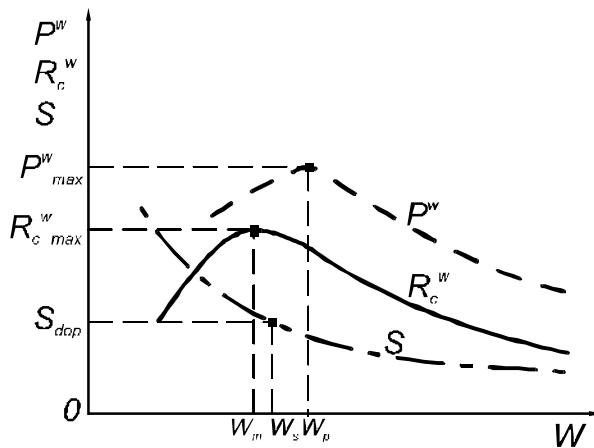
Oznaczenie wskaźnika ścieralności mas suszonych S^s na aparacie LS przeprowadza się bez włączania lampy promiennikowej przy zachowaniu czasu trwania próby 2 min.

Wartość wskaźnika ścieralności dla mas bentonitowych wilgotnych jak i suszonych z gliną kaolinitową zależy głównie od wilgotności masy.

Wilgotność

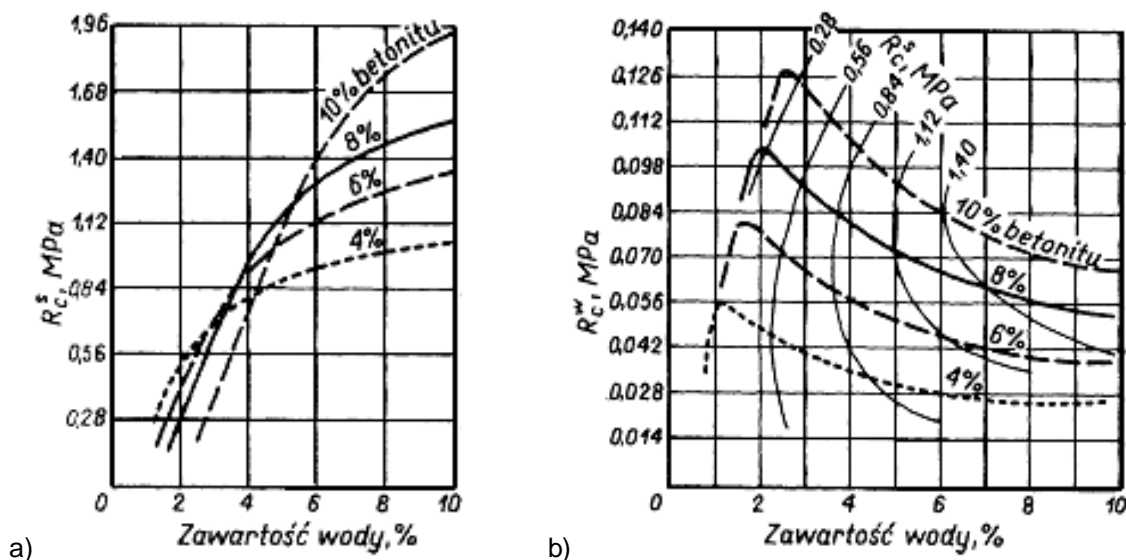
Wilgotność jest to procentowa zawartość wody fizycznie związanej w stosunku do masy pozostałych składników. Jest to woda adsorpcyjna, która może być usunię-

ta przez wyparowanie, po wygrzaniu próbki w temperaturze powyżej 100°C. Wilgotność wpływa na podstawowe wskaźniki technologiczne masy, jak wytrzymałość, przepuszczalność, osypliwość oraz inne wskaźniki, jak płynność, zagęszczalność, plastyczność. Ogólny przebieg zmian wartości P^w , R_c^w i S w masach syntetycznych bentonitowych w zależności od zawartości wody przedstawia (rys.5). Funkcje $P^w(w)$ i $R_c^w(w)$ posiadają maksimum, natomiast w miarę wzrostu zawartości wilgoci występuje ciągły spadek osypliwości. Wzrost zawartości gliny wpływa na podniesienie wartości R_c^w i przesunięcie maksimum w prawo ku wyższej zawartości wilgoci. Odwrotnie, ze wzrostem zawartości lepiszcza kształtują się krzywe zmian P^w .



Rys. 5. Ogólny przebieg krzywych przepuszczalności (P^w), wytrzymałości (R_c^w) i ścieralności (S) mas klasycznych w zależności od zawartości wody

Przebieg zmian wartości R_c^s suszonych mas syntetycznych bentonitowych w miarę wzrostu zawartości wody przedstawia (rys. 6).



Rys.6. Przebieg krzywych wytrzymałości masy klasycznej w stanie wysuszonym przy zmienionych zawartościach bentonitu i wody; a) – krzywa R_c^s , b) – krzywa stałej wytrzymałości R_c^s

Zawartość wody (wilgotność) w masach formierskich określa się głównie metodami bezpośrednimi (grawimetrycznie) na podstawie różnicy masy próbki wilgotnej i wysuszonej w temperaturze powyżej 105°C.

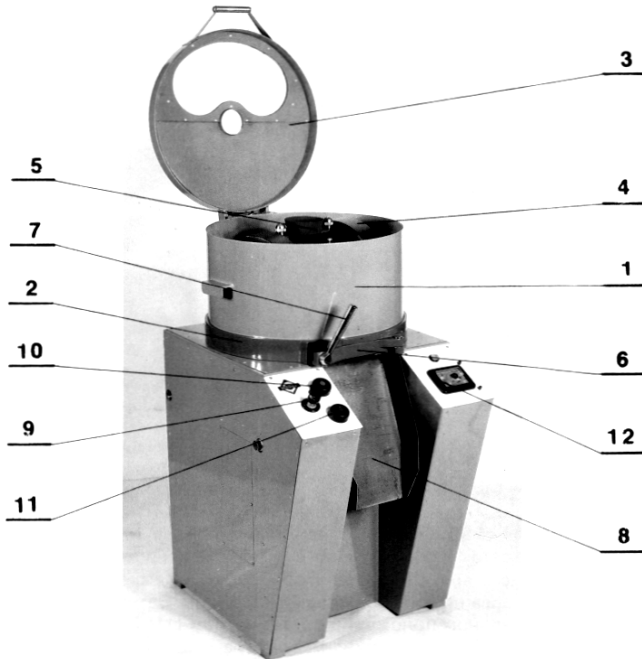
Wykonanie ćwiczenia

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie metod badania właściwości technologicznych syntetycznych bentonitowych mas formierskich przeznaczonych do wykonania form na odlewy żeliwne.

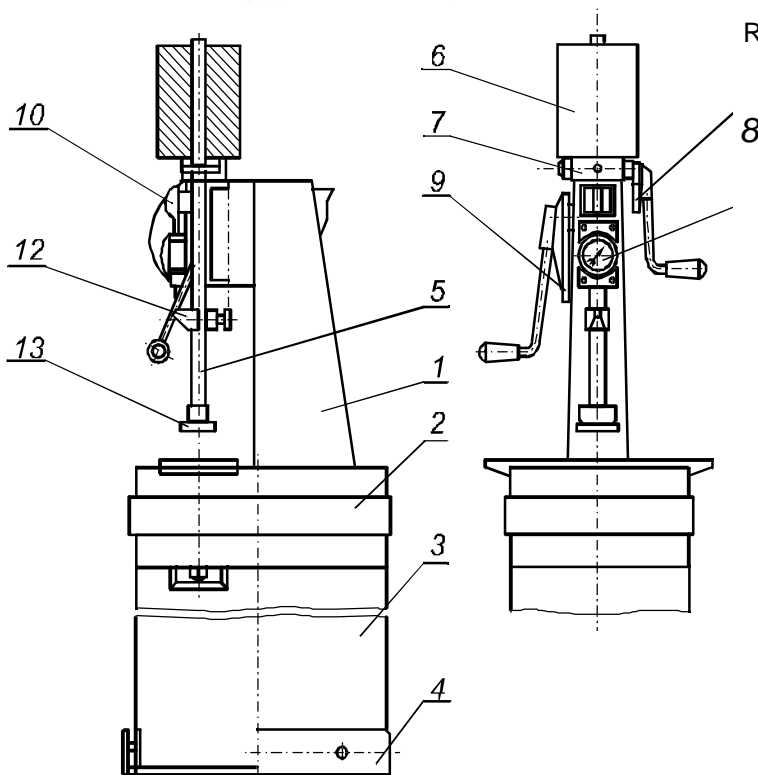
Wyposażenie stanowiska

Urządzenia i aparatura



Rys. 7: Mieszarka laboratoryjna krążnikowa LM:

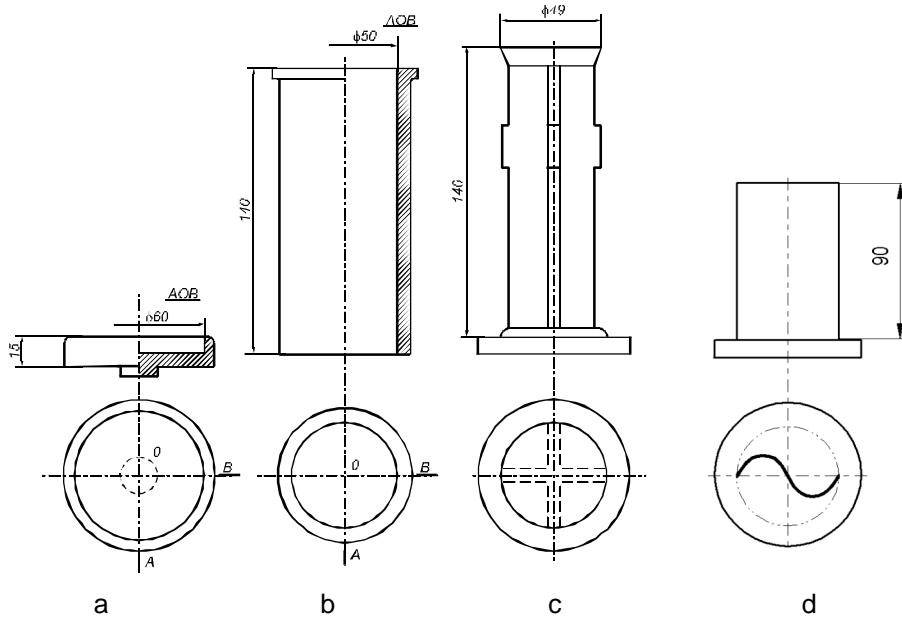
- 1 – pobocznicza,
- 2 – misa,
- 3 – pokrywa,
- 4 – krążniki,
- 5 – lej,
- 6 – zasuwa,
- 7 – dźwignia zasuwy,
- 8 – rynna,
- 9 – przełącznik sterowania,
- 10 – przycisk włączający,
- 11 – przycisk wyłączający,
- 12 – wyłącznik czasowy



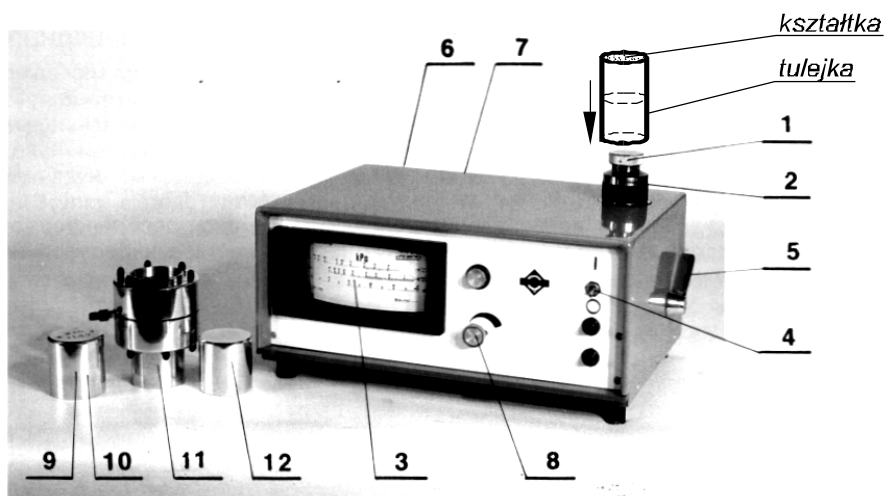
Rys. 8: Ubijak laboratoryjny LU:

- 1 – korpus,
- 2 – płyta żeliwna,
- 3 – szabota,
- 4 – ramka stalowa,
- 5 – stempel,
- 6 – obciążnik,
- 7 – jarzmo,
- 8 – krzywka ubijania,
- 9 – krzywka podnoszenia,
- 10 – soczewka wziernika,
- 11 – czujnik zegarowy,
- 12 – uchwyt stopki,
- 13 – stopka ubijająca

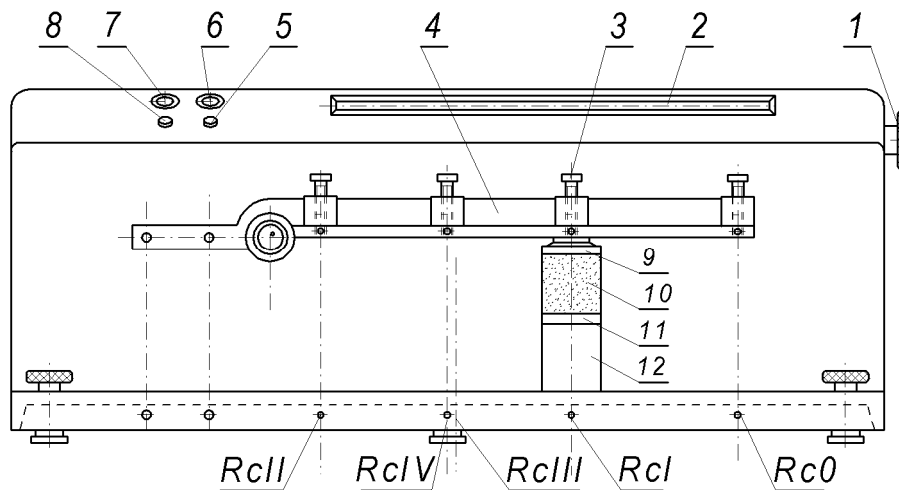
- waga do 1 kg,
- waga laboratoryjna elektroniczna WPE 600,



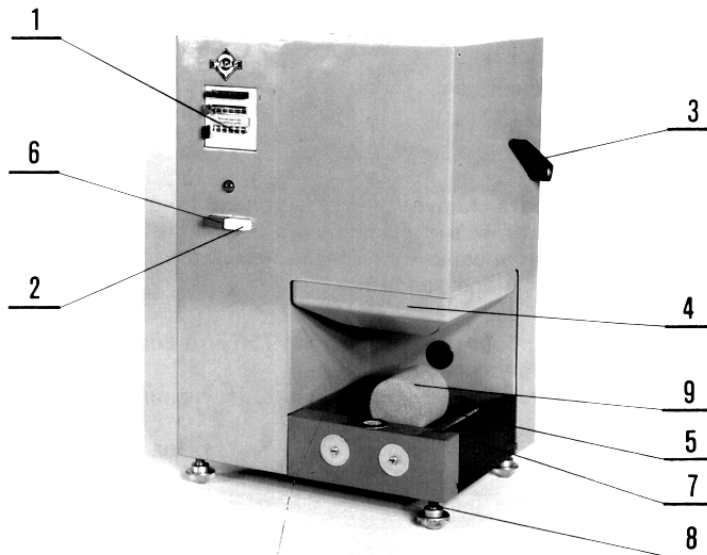
Rys. 9. Wyposażenie ubijaka do formowania kształtek walcowych: a) podstawka, b) tuleja + lejek metalowy (brak), c) wypychacz, d) frez.



Rys. 10: Aparat LPIR do oznaczania przepuszczalności mas formierskich: 1 – przełącznik dysz, 2 – głowica dysz, 3 – skala pomiarowa ciśnienia i przepuszczalności, 4 – przełącznik zasilania, 5 – zacisk tulei, 6 – wkręt do regulacji położenia zerowego wskazówki, 7 – areter układu pomiarowego, 8 – pokrętło regulacji ciśnienia, 9,10 – tulejka kontrolna dla dysz $\phi 0,5$ i $\phi 1,5$ mm, 11 – tulejka do pomiaru przepuszczalności na sucho, 12 - kołpak



Rys. 11. Aparat LRu do badania wytrzymałości podczas oznaczania R_c^w w zakresie $0 \div 0,134$ MPa: 1–pokrętło zmiany skali, 2–skala wytrzymałości, 3–regulacja poziomu dźwigni (4), 4–dźwignia uchwytów, 5–zerowanie wyniku, 6–wskaźnik pomiaru, 7–wskaźnik napięcia, 8 włącznik pomiaru, 9-szczęka górna, 10-badana próbka, 11-szczęka dolna, 12- podstawa dystansowa.



Rys. 12: Aparat LS do badania osypliwości mas formierskich: 1 – nastawnik impulsów, 2 – włącznik promiennika podczerwieni, 3 – dźwignia opuszczania promiennika, 4 – osłona promiennika, 5 – rolki, 6 – włącznik napędu rolek, 7 – zbiornik zużytej masy, 8 – nóżki nastawne, 9 – badana próbka

Pomoce

- termometr $0 \div 150^\circ\text{C}$,
- cylinder miarowy, poj. 250 cm^3 ,
- pojemnik 5 dm^3 ,
- naczynia ze szczelnym przykryciem 2 dm^3 ,
- sito o oczkach $4 \times 4 \text{ mm}$.

Materiały

- piasek formierski 2K-0,32/0,20/0,16
- bentonit,
- dekstryna, pył węglowy

Przebieg ćwiczenia

Ćwiczenie polega na przygotowaniu syntetycznej masy formierskiej na odlewy żeliwne złożonej z piasku kwarcowego, bentonitu i ew. pyłu węglowego i dekstryny, przy min. 3 stopniach nawilżenia, oznaczeniu wilgotności tych mas, a następnie po sporządzeniu kształtek laboratoryjnych walcowych, oznaczeniu przepuszczalności P^w , wytrzymałości na ściskanie R_c^w oraz osypliwości S .

Podczas ćwiczenia studenci pod nadzorem pracownika dydaktycznego wykonują masę i wszystkie oznaczenia wskaźników właściwości technologicznych.

Przygotowanie masy w mieszarce laboratoryjnej LM (rys. 7)

Z podanych w tablicy 3.4 składów mas formierskich przygotować w ilości 4 kg wskazaną przez prowadzącego ćwiczenie jedną masę, postępując w następujący sposób:

- otworzyć pokrywę (3) mieszarki LM i wsypać piasek równomiernie na misę;
- zakładając I stopień nawilżenia 2%, odmierzyć w cylindrze odpowiednią ilość wody (prowadzący zajęcia podaje wilgotność wstępną składników);
- zamknąć pokrywę, przestawić przełącznik (9) z położenia (0) na (A) (wyłącznik czasowy ustawić 5 min.);
- odważyć założoną ilość bentonitu oraz dodatków;
- podnieść pokrywę (mieszarka zostaje wyłączona) i wsypać równomiernie na piasek bentonit i dodatki;
- włączyć mieszarkę, dodać przez lej (5) wodę. Po 5 min. automat wyłączy mieszarkę;
- otworzyć zasuwę, pobrać do pojemnika ok. 1 kg masy (próbka I);
- przesiać masę przez sito 4×4 mm;
- wsypać masę do naczynia, zamknąć szczelnie i pozostawić masę na ok. 10 min w celu wyrównania wilgoci;
- włączyć mieszarkę, odmierzyć w cylindrze miarowym odpowiednią ilość wody na II stopień nawilżenia, *uwzględniając ubytek 1 kg masy*, dodać wodę do masy, mieszać 2 min;
- postępując jak poprzednio, pobrać następny 1 kg masy (próbka II);
- wprowadzić trzecią porcją wody (III stopień nawilżenia), mieszać 2 min;
- otworzyć zasuwę i wysypać całą masę do pojemnika;
- wyłączyć mieszarkę;
- pobrać z pojemnika ok. 1 kg masy (próbka III), przesiać ją przez sito i przesypać do słoja, zamknąć słoje, pozostałą masę przykryć pokrywą;
- oczyścić mieszarkę z resztek masy.

Tabl. 4: Skład syntetycznych mas formierskich przeznaczonych do badań właściwości technologicznych

Lp	Piasek kwarcowy 2K-0,32/0,20/0,16	Bentonit	Pył węglowy	dekstryna	Woda* [%]
1	85÷89		5	-	2÷5
2	86÷90	8	2÷6	-	2÷5
3	88÷94	6÷10	-	0÷2	2÷5

* - w stosunku do materiałów sypkich

Oznaczanie wilgotności

- odważyć w aluminiowych płaskich naczyniach po $50 \pm 0,01$ g masy (m_1);
- umieścić naczynia na płycie grzewczej i nagrzać masę do temp. 130°C ;
- przenieść naczynia na zimną, metalową płytę;
- po ostudzeniu masy do temperatury 50°C próbkę ponownie zważyć z dokładnością $\pm 0,01$ g;
- obliczyć procentową zawartość wilgoci wg wzoru:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (3)$$

gdzie: m_1 - masa próbki wilgotnej,
 m_2 - masa próbki wysuszonej.

Przygotowanie kształtek laboratoryjnych na ubijaku LU(rys.8)

Do badań przepuszczalności P^w , wytrzymałości R_c^w i osypliwości S stosuje się kształtki $\phi 50 \times 50$ mm w ilości 3 szt. do każdego oznaczania. Kształtki formowane są na ubijaku LU w tulejce cylindrycznej niedzielonej z podstawką (rys.9.a,b). Do usuwania kształtek z tulei (badanie R_c^w i S) stosuje się wypychacz (rys.9.c).

W celu wykonania kształtek należy:

- wstawić tulejkę niedzieloną $\phi 50$ (9b) w gniazdo podstawki (9a);
- pobrać masę ze słoja do pojemnika i odważyć 170 g próbkę;
- przesypać masę z pojemnika (przez mosiężny lejek) do tulei, wyrównać masę w tulei;
- w gniazdo płyty ubijaka LU włożyć podstawkę (9a) z tuleją (9b), pod stempel (5) z okrągłą stopką (13). W tym celu należy przy pomocy dźwigni krzywki (9 lewej) podnieść stopkę w graniczne górne położenie, a następnie po wstawieniu w gniazdo ubijaka, podstawki z tuleją, powoli opuścić stopkę, aby lekko oparła się o masę w tulei;
- ubić masę obciążnikiem (6) przez trzykrotne **powolne** przekręcenie dźwigni krzywki (8 prawej);

- sprawdzić przez wziernik (10) wysokość próbki, czy kreska nacięta na stemplu, znajduje się powyżej kreski tolerancyjnej¹
- podnieść stempel do góry, wyjąć podstawkę z tuleją z gniazda ubijaka i frezem (rys.9.d) usunąć nadmiar masy.
- Na próbce (w tulei), wykonujemy oznaczenie przepuszczalności

Oznaczanie przepuszczalności na wilgotno P^w na aparacie LPiR (rys.10)

Przygotowanie aparatu do prób:

- włączyć aparat do sieci 220V;
- sprawdzić na dolnej skali położenie wskazówki manometru, gdy wskazówka nie pokrywa się z (0) podziałki ciśnienia (kPa), należy za pomocą wkrętaka pokręcić wkręt wewnętrzny (na tylnej ścianie aparatu), ustawiając wskazówkę na (0);
- ustawić pokrętło przełącznika dysz (1) by kreska na tarczy przełącznika pokrywała się z kreską na głowicy dysz (2);
- włączyć aparat przełącznikiem (4) i wyregulować za pomocą pokrętła (8) ciśnienie powietrza, aby wskazówka manometru pokrywała się z działką 0,98 kPa;

Wykonanie oznaczenia:

- ustawić pokrętło przełącznika dysz (1) przez obrót w prawo, by mała plamka na przełączniku pokrywała się z kreską na głowicy dysz (otwarta dysza $\phi 0,5$ mm);
- na głowicę dyszy założyć tuleję z badaną kształtką i uszczelnić ją pokrętłem zaciskowym (5);
- po ustaleniu się strzałki na dolnej skali przepuszczalności dyszy $\phi 0,5$ mm odczytać wartość P^w , jeżeli wartość przepuszczalności przekracza $70 \cdot 10^{-8} m^2/Pa \cdot s$, należy zwolnić zacisk (5), zdjąć tuleję głowicy, przestawić przełącznik na dyszę $\phi 1,5$ mm (duża plamka na przełączniku pokrywa się z kreską na głowicy) i wykonać oznaczenie;
- odczytać wartość P^w na skali dla dyszy 1,5 mm, za wynik oznaczenia przyjmuje się średnią wartość z 3 oznaczeń, przy maksymalnej odchyłce od średniej 10%;
- zwolnić zacisk tulei (5), zdjąć tuleję z kształtką z głowicy aparatu, ustawić ją na wypychaczu i prowadząc tuleję pionowo w dół usunąć z niej kształtkę i przenieść ją do badań wytrzymałości;
- po zakończeniu serii pomiarów wyłączyć aparat wyłącznikiem (4)

¹ W normie dobiera się naważkę aby uzyskać wysokości próbki w granicach tolerancji. Frezowanie przyspiesza badania

Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie R_c^w na aparacie LRU (rys 11)

- ustawić przy pomocy pokrętki (1) zakres pomiarowy $0 \div 0,134 \text{ MPa}$ (skala R_cI);
- w osi R_cI ustawić w podstawie podstawkę (12) z płaską szczęką (11), a w górnym ramieniu (4) przegubową szczękę płaską (9);
- włączyć aparat do sieci 220V, a następnie przełącznikiem głównym, znajdującym się na tylnej ścianie aparatu, włączyć zasilanie jego elementów (zapala się lampka (7));
- nacisnąć przycisk (5) ustawiający wskazówkę skali wytrzymałości (2) w położenie (0);
- umieścić kształtkę walcową (10) między szczękami (11) i (9);
- szczękę przegubową (9) docisnąć do powierzchni kształtki przy pomocy śruby dociskowej (3) (ramię obciążające (4) powinno być w pozycji poziomej);
- włączyć przyciskiem (8) silnik aparatu (zapala się lampka (7)), zwiększa się obciążenie (wskazówka obciążenia przesuwa się w prawo), aż do zniszczenia próbki. *Jeśli próbka nie ulegnie zniszczeniu – umieścić nową próbkę w osi wyższego zakresu obciążenia i oznaczenie R_c wykonać ponownie;*
- po zniszczeniu próbki (wskazówka zatrzymuje się, obciążnik wraca do pozycji (0) i zapala się lampka (7)), odczytać na podziałce wynik R_c^w w MPa
- nacisnąć przycisk (5) cofania wskazówki w położenie (0);
- po wykonaniu serii badań wyłączyć aparat przełącznikiem głównym;
- za wynik oznaczenia przyjmuje się średnią wartość z 3 równoległych oznaczeń, przy maksymalnej odchyłce od średniej 10%.

Oznaczanie osypliwości S na aparacie LS (rys.12)

- wykonać kształtkę walcową $\phi 50 \times 50 \text{ mm}$, wyjąć ją z tulei przy pomocy wypychacza i zważyć na wadze laboratoryjnej z dokładnością $\pm 1 \text{ g}$;
- włączyć aparat do sieci 220V;
- ustawić licznik impulsów (1), na 750 obrotów;
- przełącznikiem (2) włączyć promiennik podczerwieni;
- w otwór korpusu włożyć termometr o zakresie do 150°C i ustawić go w środkowej części rolek (5);
- po ustaleniu się temperatury $100 \pm 5^\circ\text{C}$ wyjąć termometr i położyć próbkę (9) na częściach walcowych rolek tocznych;
- włączyć przyciskiem (6) napęd rolek tocznych;
- po wykonaniu 750 obrotów (układ napędowy wyłącza się automatycznie), wyłączyć i podnieść promiennik podczerwieni;
- wyjąć zbiornik (7) z masą osypaną z kształtki;
- zdjąć ostrożnie próbkę z rolek (*gorąca*) i zważyć ją z dokładnością $\pm 1 \text{ g}$;
- obliczyć osypliwość ze wzoru:

Literatura

1. Kowalski J. St.: Badanie właściwości wytrzymałościowych i technologicznych mas formierskich i rdzeniowych. Kraków 2006²
2. Lewandowski L.: Materiały formierskie. Badania. Cz. II. Wyd. AGH, Kraków 1992, skrypt nr 1223
3. Lewandowski L.: Masy formierskie i rdzeniowe. PWN, Warszawa 1991.
4. Katalog aparatury kontrolno - pomiarowej dla przemysłu odlewniczego. Wyd. WADAP - Instytut Odlewnictwa - Centrozap

² <http://iim.mech.pk.edu.pl/ktm/dydaktyka/odlewnictwo/Masy%20formierskie.pdf>