

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 246436 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **435348**

(22) Data zgłoszenia: **2020.09.18**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.03.21 BUP 12/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.01.27 WUP 04/2025**

(51) MKP:

**B22C 1/20** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:  
**POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:  
**DANIEL NOWAK, Wysoka, PL**  
**BEATA GAL, Święta Katarzyna, PL**  
**BARTŁOMIEJ SAMOCIUK, Wrocław, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**rzecz. pat. Anna Meissner, Wrocław, PL**

(54) Tytuł:

**Masa formierska ze spoiwem organicznym i sposób jej wytwarzania**

**PL 246436 B1**

## Opis wynalazku

Niniejszy wynalazek dotyczy masy formierskiej ze spoiwem organicznym znajdującej zastosowanie do produkcji form i rdzeni odlewniczych, stosowanych w celu wytwarzania odlewów ze stopów metali żelaznych i nieżelaznych.

Wynalazek dotyczy również sposobu wytwarzania masy formierskiej ze spoiwem organicznym.

Masy formierskie i rdzeniowe ze spoiwami stanowią surowiec. Typowy skład masy formierskiej stanowi: osnowa (piasek formierski), spoiwo (w postaci stałej, ciekłej lub sypkiej) wiążące ziarna osnowy oraz opcjonalnie woda i dodatki polepszające wybrane właściwości mas formierskich. Spoiwa mas formierskich i rdzeniowych ze względu na charakter chemiczny dzielą się na organiczne i nieorganiczne. Wśród odlewniczych spoiw organicznych wyróżnia się żywice syntetyczne (fenolowo-formaldehadowe, mocznikowo-formaldehadowe, furfurylowe), biopolimery, skrobie, oleje. Do grupy spoiw nieorganicznych zaliczane są bentonity, gliny, cementy, uwodnione krzemiany, sole. Dobór spoiwa do danego zastosowania wynika z konieczności spełniania wymagań stawianych zarówno przez odbiorców odlewów jak i przepisy z zakresu ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa i higieny pracy. W efekcie wyznaczonych wymagań i kryteriów, masy ze spoiwami powinny charakteryzować się między innymi odpowiednimi właściwościami mechanicznymi w stanie zagęszczonym, dobrą przepuszczalnością, dobrą wybijalnością, dużą podatnością do regeneracji oraz brakiem negatywnego wpływu na środowisko na wszystkich etapach przetwarzania.

Idea zrównoważonego rozwoju w dziedzinie mas formierskich ma na celu ograniczenie: zużycia surowców nieodnawialnych, zmniejszenie zużycia szkodliwych i toksycznych materiałów, emisji szkodliwych gazów, hałasu i drgań w środowisku pracy oraz odzysk odpadów poprodukcyjnych. W celu zapewnienia tych warunków, organiczne i nieorganiczne spoiwa mas formierskich i rdzeniowych, zastępuje się materiałami odnawialnymi pochodzenia roślinnego. Do organicznych materiałów pochodzenia roślinnego, stosowanych w technologii mas formierskich i rdzeniowych zaliczyć można: kalafonię, melasy, oleje, ług posiarczynowy, dekstryny, skrobie, celulozę, lateks naturalny. Materiały te mogą stanowić samodzielne spoiwo, kształtujące właściwości mas formierskich i rdzeniowych lub dodatek specjalny, wpływający na wybrane właściwości.

Cykl wytwarzania form i rdzeni odlewniczych ze spoiwami organicznymi obejmuje takie operacje jak: mieszanie składników mas formierskich, formowanie, utwardzanie, zalewanie ciekłym stopem odlewniczym, wybijanie, regeneracja oraz zagospodarowanie odpadów. Wybijanie odlewów z form oraz wybijanie rdzeni z odlewów zaliczane jest do ciężkich i niebezpiecznych czynności produkcyjnych ze względu na obecność dużych ilości pyłu, gazów i ciepła. W zmechanizowanych odlewniach w procesie wybijania powszechnie stosuje się: kraty wibracyjne, wieloczynnościowe układy bębnowe, pneumatyczne stanowiska impulsowe, oczyszczarki wodne z silnym strumieniem wody oraz urządzenia elektrohydrauliczne. Wymienione urządzenia i układy powodują duży hałas oraz wibracje, szczególnie szkodliwe dla zatrudnionych pracowników, z tego względu zachodzi konieczność ich hermetyzacji oraz wygłuszenia.

Słód jęczmienny jest wysuszonym, podkietkowanym do określonego stadium ziarnem jęczmienia, powstającym w procesie słodowania. Słodowa mąka jęczmienna powstaje w wyniku silnego rozdrobnienia słodu jęczmiennego. Ekstrakt słodu jęczmiennego jest wysuszonym produktem procesu zacieraania rozdrobionego słodu jęczmiennego (rozłożenia skrobi zawartej w ziarnach słodu na cukry). Mieszanina mąki słodowej jęczmiennej (70÷80%) oraz ekstraktu słodu jęczmiennego (20÷30%) produkowana jest na skalę przemysłową na potrzeby branży piekarniczej oraz browarniczej. Mieszanina w składzie zawiera następujące składniki: węglowodany (skrobia, cukry, dekstryny), związki białkowe (enzymy amylolityczne, proteolityczne i cytolityczne), związki tłuszczowe. W skład chemiczny mieszaniny wchodzi pierwiastki takie jak: węgiel, tlen, wodór, azot, fosfor, potas, aluminium, siarka.

W literaturze naukowej oraz publikacjach zgłoszeń patentowych zostały opisane przykłady zastosowania wodno-rozpuszczalnych materiałów wiążących pochodzenia roślinnego w technologii mas formierskich i rdzeniowych.

Wodorozcieńczalne spoiwo skrobiowe (WSMB, ang. Water-soluble Modified Starch Binder) zaprezentowane w publikacji *"Preparation and experiments for a novel kind of foundry core binder made from modified potato starch"* (Wenbin Y., Hong H., Nanpu C., Bingtai G., Xuelian L., Materials and Design 30, (2009) str. 210–213), składa się ze skrobi ziemniaczanej (28÷30%), formaldehydu (1%), kwasu fosforowego (0,1%), alkoholu poliwinylowego (2%), mocznika (1%) oraz wody (0–1%). Sporządzenie

mas formierskich na osnowie piasku kwarcowego ze spoiwem skrobiowym w ilości 4÷7% oraz bentonitem wapniowym w ilości 2÷3% powoduje uzyskanie mas utwardzanych w warunkach otoczenia o wytrzymałości na rozciąganie w zakresie 0,7÷2,5 MPa.

W artykule "Synthesis and Application of Modified Starch as a Shell-Core Main Adhesive in a Foundry" (Zhou X., Yang J., Qian F., Qu G., Journal of Applied Polymer Science, 116(5), (2010) str. 2893–2900) opisano proces wytwarzania masy rdzeniowej na rdzenie skorupowe z zastosowaniem spoiwa na bazie modyfikowanej skrobi kukurydzianej. Masa składa się z piasku kwarcowego (100%), modyfikowanej skrobi (4%), bentonitu (0,5%), proszku grafitowego (0,3%), fosforanów (0,01%), środka powierzchniowo czynnego (0,03%) oraz wody (14÷20%). Masy formierskie utwardzono początkowo w technologii hot-box w temperaturze 130°C przez 3–5 min, a następnie dogrzewano mikrofalami przez 2 godziny. W zależności od zawartości wody w sporządzonej masie określono wytrzymałość na ściskanie w zakresie 41÷102 kg/cm<sup>2</sup> oraz przepuszczalność w zakresie 210÷295.

W publikacji „Optimizing the Moulding Properties of Recycled Ilaro Silica Sand” (Aramide F. O., Aribi S., Folorunso D. O., Leonardo Journal of Sciences 19, (2011) str. 93–102) zastosowano dekstrynę oraz bentonit jako spoiwo mas formierskich. Badane masy formierskie składały się ze zregenerowanego w procesie recyklingu piasku kwarcowego (200 g), bentonitu (4÷24 g), dekstryny (4÷24 g) oraz wody (4÷24 cm<sup>3</sup>). Optymalną wytrzymałość na ściskanie (92 kN/m<sup>2</sup>) oraz przepuszczalność (65 l/min) otrzymano dla wilgotnej masy formierskiej składającej się z 200 g piasku kwarcowego, 12 g bentonitu, 8 g dekstryny oraz 12 cm<sup>3</sup> wody.

Spoiwo skrobiowe z pochryznu zaprezentowano w ramach publikacji „The Use of Yam Flour (Starch) as Binder for Sand Mould Production in Nigeria” (Shehu T., Bhatti R.S., World Applied Sciences Journal 16(6), (2012) str. 858–862). Masy formierskie stanowiły mieszaninę piasku kwarcowego, spoiwa skrobiowego (5÷30%), wody destylowanej (2÷7%). Dla wilgotnych mas formierskich otrzymano wytrzymałość na ściskanie w zakresie 10÷54 kN/m<sup>2</sup> oraz przepuszczalność w zakresie 92÷135. Suszone w warunkach otoczenia masy formierskie charakteryzowały się wytrzymałością na ściskanie w zakresie 119÷309 kN/m<sup>2</sup>.

W artykule naukowym "Effect of Bentonite and Cassava Starch on the Moulding Properties of Silica Sand" (Atanda P. O., Olorunniwo O. E., Alonge K., Oluwole O. O., International Journal of Materials and Chemistry 2(4), (2012) str. 132–136) opisano technologię wytwarzania mas formierskich ze spoiwem w postaci skrobi z manioku. W skład mas formierskich wchodzi: piasek kwarcowy (100%), spoiwo (3÷21%) oraz woda (4%). Masa formierska w stanie wilgotnym charakteryzuje się wytrzymałością na ściskanie w zakresie 0÷7 kN/m<sup>2</sup> i wytrzymałością na ścinanie w zakresie 0÷0,8 kN/m<sup>2</sup>. Dla utwardzonej masy formierskiej ze spoiwem ze skrobi manioku wyznaczono wytrzymałość na ściskanie w zakresie 0,1÷0,8 kN/m<sup>2</sup> i wytrzymałość na ścinanie w zakresie 3÷9 kN/m<sup>2</sup>.

W publikacji "Hybrid Effect of Selected Local Binders on the Moulding Properties of River Niger Silica Sand for Industrial Application" (Joshua T. O., Fayomi O. S. I., Olatuja F. H., Journal of Nanoscience with Advanced Technology 1(4), (2016) str. 19–23) opisano spoiwa w postaci zarówno skrobi z manioku jak i skrobi z pochryznu. Masy formierskie sporządzano z zastosowaniem piasku kwarcowego (74÷89%), spoiwa skrobiowego pozyskanego z manioku lub pochryznu (5÷20%) oraz wody (6%). Wilgotne masy formierskie ze spoiwem skrobiowym z manioku charakteryzowały się wytrzymałością na ściskanie w zakresie 35÷53 kN/m<sup>2</sup> i przepuszczalnością w zakresie 111÷132. Dla wilgotnych mas formierskich ze spoiwem skrobiowym z pochryznu oznaczono wytrzymałość na ściskanie w zakresie 32÷48 kN/m<sup>2</sup> oraz przepuszczalność w zakresie 116÷137. Dla mas suszonych w temperaturze 105°C maksymalna wytrzymałość na ściskanie wynosiła 270 kN/m<sup>2</sup> w przypadku masy formierskiej ze skrobi z manioku.

W publikacji "Synergistic effects of starch and rubber-latex as core binders for foundry sand cores production" (Oyetunji A., Seidu S.O., Acta Technica Corvininensis – Bulletin of Engineering 5(4), (2012) str. 103–106) do sporządzenia mas formierskich na osnowie piasku kwarcowego (90,79÷94,45%) zastosowano spoiwo w postaci mieszaniny skrobi z tapioki i lateksu kauczuku naturalnego, (w stosunku 1:2) w ilości 2,04÷8,70% oraz wody (0,51÷4,10%). Masę utwardzono na drodze suszenia się w warunkach otoczenia przez 3 dni. Wytrzymałość na ściskanie masy w stanie wilgotnym i utwardzonym wynosi odpowiednio 72 N i 102 N.

W artykule naukowym "In-situ Behaviour of Selected Local Sand Binders on Microstructure and Mechanical Properties of Grey Cast Iron" (Seidu S. O., Joshua T. O., Fayomi O. S. I., Journal of Materials and Environmental Science 7(4), (2016) str. 1135–1144) jako spoiwo mas formierskich zastosowano dwa materiały pochodzenia roślinnego: skrobia z manioku oraz lateks kauczuku naturalnego.

Masy sporządzono z zastosowaniem piasku kwarcowego (82÷88%), spoiwa ze skrobi manioku i lateksu kauczuku naturalnego (5÷11%) oraz wody (5%). Wykonano prostopadłościenną formę odlewniczą o wymiarach 25 cm x 20 cm x 4 cm a następnie suszono w warunkach otoczenia przez 24 h. Stwierdzono, że masa formierska ze spoiwem skrobiowym była odpowiednia dla odlewania żeliwa szarego.

W publikacji "Studies on the Effect of some Cereal Binders on the Hardness Values of Cast Aluminium Alloys" (Ukwenya J., Idoko F. A., Ameh J. E., Taraba Journal of Engineering and Technology 1(2), (2019) str. 1–3) przedstawiono spoiwa pozyskane z ziaren kukurydzy zwyczajnej, sorgo oraz ryżu. Wykonano formy odlewnicze z masy formierskiej zawierającej poszczególne spoiwa w ilości 1÷5%. W pracy określano wpływ wybranych spoiw na twardość Vickresa (HV) odlewów wykonanych ze stopu AlSi12. Stwierdzono, iż spoiwo skrobiowe z sorgo jest odpowiednie do produkcji odlewów ze stopu AlSi12.

W artykule naukowym "Performance of Sugar Syrup and Corn Starch Binders on Properties of Thin Wall Ductile Iron" (Ocholor E. F., Obidiegwu E. O., Adedugbe A. A., ABUAD Journal of Engineering Research and Development 2(2), (2019) str. 57–67) opisano wpływ spoiwa w postaci skrobi kukurydzianej oraz syropu cukrowego (wodny roztwór cukru) na właściwości cienkościennych odlewów z żeliwa sferoidalnego. Sporządzano masy formierskie na osnowie piasku kwarcowego z wybranymi spoiwami w ilości 6÷12% oraz wodą w ilości 4%. Badaniom właściwości poddano masy formierskie utwardzone w temperaturze 150°C przez 10 minut. Masa wiązana skrobią kukurydzianą wykazuje następujące właściwości: wytrzymałość na ściskanie w zakresie 210÷470 kN/m<sup>2</sup>, przepuszczalność w zakresie 96÷128. Zastosowanie syropu cukrowego jako spoiwa pozwoliło na uzyskanie masy formierskiej o wytrzymałości na ściskanie 250÷650 kN/m<sup>2</sup> oraz przepuszczalności 110–128.

W publikacjach zgłoszeń patentowych opisano możliwe zastosowania materiałów pochodzenia roślinnego w technologii mas formierskich.

W patencie KR20190087847A opisano zastosowanie spoiwa mas formierskich i rdzeniowych w postaci wytraconej w roztworze kwasu siarkowego skrobi z tapioki. Zaproponowano metodę produkcji spoiwa z tapioki i jego zastosowanie w celu poprawy zdolności do formowania masy formierskiej poprzez zastosowanie wyłącznie tego spoiwa bez dodatków.

W patencie PL233870B1 opisano masę formierską ze spoiwem postaci modyfikowanego biopolimeru (skrobi ziemniaczanej). Masa formierska zawiera piasek kwarcowy, spoiwo (w ilości od 0,2 do 2,5 części wagowych na 100 części wagowych osnowy) oraz wodę. Udowodniono, iż modyfikowana skrobia ziemniaczana może pełnić w masie formierskiej jednocześnie funkcję spoiwa oraz dodatku, zapewniającego zmniejszenie osypliwości masy z bentonitem.

W patencie WO2020070819A1 zaprezentowano spoiwo mas formierskich zawierające żywicę furanową, wodę i skrobię hydrolizowaną, w której stosunek masy żywicy furanowej i skrobi hydrolizowanej (masa żywicy furanowej/masa skrobi hydrolizowanej) wynosi 20–95.

W patencie JP2009012066A scharakteryzowano wodnorozpuszczalne rdzenie odlewnicze przewidziane do odlewania ciśnieniowego, wykonane z masy rdzeniowej o następującym składzie: piasek kwarcowy, marokańska glina Ghassoul, mąka pszenna oraz woda.

Z wymienionych powyżej publikacji i opisów patentowych wynika, iż stosowane są w masach formierskich materiały wiążące pochodzenia roślinnego, co wynika z potrzeby spełnienia wszystkich wymagań związanych zarówno z właściwościami technologicznymi i użytkowymi mas formierskich oraz ochrony środowiska i bezpieczeństwa i higieny pracy. W wielu znanych z literatury przypadkach, materiały pochodzenia roślinnego aby pełnić funkcję spoiwa w masie formierskiej czy rdzeniowej łączone są z wieloma innymi składnikami, tworząc w efekcie wieloskładnikowe materiały wiążące. Ponadto w przedstawionych powyżej przykładach w celu uzyskania wymaganych właściwości technologicznych masy formierskiej, spoiwa dodawane są w ilości powyżej 5% wagowych całej masy. Wpływa to negatywnie na możliwość wykorzystania cennych właściwości osnowy piaskowej takich jak duża odporność na działanie wysokiej temperatury oraz mała rozszerzalność cieplna.

Zasadne byłoby odkrycie spoiwa o następujących cechach: ogólnodostępnego, wodno-rozpuszczalnego, o nieskomplikowanym składzie, podatnego na recykling oraz zapewniającego, przy jego możliwie małej zawartości w składzie masy, uzyskanie zarówno korzystnych właściwości technologicznych masy formierskiej i rdzeniowej jak i korzystnych warunków wybijania odlewu.

Istotą wynalazku jest masa formierska zawierająca osnowę, wodno-rozpuszczalne spoiwo oraz wodę, charakteryzująca się tym, że zawiera: osnowę mineralną w ilości 95÷98% wagowych, spoiwo w ilości od 2 do 5% wagowych w postaci mieszaniny słodowej mąki jęczmiennej w ilości

70–80% i ekstraktu słodu jęczmiennego w ilości 20–30% o stosunku wodno-spoiwowym w zakresie 0,5 do 2,0.

Istotą wynalazku jest ponadto sposób wytwarzania masy formierskiej ze spoiwem organicznym, charakteryzujący się tym, że ma w składzie osnowę mineralną w ilości 95–98% wagowych, spoiwo w ilości od 2 do 5% wagowych w postaci mieszaniny słodowej mąki jęczmiennej w ilości 70–80% i ekstraktu słodu jęczmiennego w ilości 20–30% o stosunku wodno-spoiwowym w zakresie od 0,5 do 2,0.

W celu wykonania masy formierskiej według wynalazku, spoiwo w postaci sypkiej razem z osnową, miesza się przez 1 minutę w mieszarce krążnikowej lub łopatkowej. Po wymieszaniu sypkich składników do mieszarki wprowadza się wodę i miesza się składniki do uzyskania konsystencji masy. Korzystnie, czas mieszania składników sypkich z wodą wynosi od 1 do 3 minut, a bardziej korzystnie czas mieszania składników sypkich z wodą wynosi 3 minuty. Dodatek rozpuszczalnika zapewnia zwilżenie ziaren osnowy umożliwiając odpowiednią adhezję w układzie spoiwo-osnowa.

Przeprowadzone badania właściwości mas formierskich z różną zawartością spoiwa (2÷5%) oraz stosunkiem wodno-spoiwowym (0,5÷2,0) wykazały, iż mieszanina słodowej mąki jęczmiennej i ekstraktu słodu jęczmiennego wykazuje zdolność do trwałego wiązania ziaren osnowy – a zatem pełni funkcję spoiwa. Badania wykazały, iż istnieje możliwość stosowania tej substancji jako jedyne go materiału wiążącego ziarna osnowy masy formierskiej – bez konieczności wprowadzania dodatkowych, pomocniczych substancji wiążących czy spoiwa o skomplikowanym składzie.

Na właściwości wiążące spoiwa ma wpływ stosunek wodno-spoiwowy WS (stosunek masy wody do masy spoiwa), przy czym najlepsze własności wiążące osiąga się przy stosunku WS w zakresie od 0,5 do 2,0, a korzystnie 1,0. Jest to spowodowane wpływem stosunku wodno-spoiwowego na rozpuszczalność spoiwa w wodzie.

Jedną z zalet masy formierskiej według wynalazku jest jej nieskomplikowany skład (masa może składać się wyłącznie z trzech składników: osnowy piaskowej, spoiwa oraz wody), wynikający z bardzo dobrych właściwości wiążących spoiwa.

Zdolność do sterowania własnościami masy formierskiej takimi jak zawartość spoiwa oraz stosunek wodno-spoiwowy, dodatkowo stwarza możliwość wytwarzania w zależności od potrzeb, mas formierskich i rdzeniowych różniących się niektórymi właściwościami takimi jak: wytrzymałość na zginanie, wytrzymałość na rozciąganie, przepuszczalność oraz ścieralność a także rozpuszczalność w wodzie.

Ponadto masa formierska według wynalazku nie wpływa negatywnie na środowisko. Zastosowane spoiwo pochodzenia roślinnego jest zakwalifikowane do materiałów odnawialnych.

#### **Przykład I**

Sporządzanie i utwardzanie masy:

Do komory mieszarki krążnikowej wprowadzono 4750 gramów wzorcowego piasku kwarcowego o frakcji głównej 0,20/0,16/0,315 oraz 250 gramów mieszaniny mąki słodowej jęczmiennej (70÷80%) i ekstraktu słodu jęczmiennego (20÷30%). Suche składniki mieszano 1 minutę, po czym do mieszarki wprowadzono 250 gramów wody destylowanej i mieszano kolejne 3 minuty. Masę sporządzano w warunkach otoczenia w temperaturze 21°C i wilgotności powietrza 40%. Po procesie mieszania masa była przetrzymywana przez godzinę w szczelnie zamkniętym pojemniku.

Z otrzymanej masy formierskiej wykonano osiemnaście próbek cylindrycznych, każda o masie 165 gramów, sześć próbek podłużnych, każda o masie 165 gramów oraz sześć próbek ósemkowych, każda o masie 75 gramów.

Kształtki utwardzono konwencjonalnie w temperaturze 150°C przez 1 godzinę w suszarce laboratoryjnej z wymuszonym obiegiem powietrza.

Badania właściwości przeprowadzono bezpośrednio po ostudzeniu, po czasie składowania wynoszącym 1 godzinę od zakończenia procesu suszenia oraz po czasie składowania w komorze klimatycznej w temperaturze 20°C i wilgotności 50% wynoszącym 24 godzinny.

Otrzymano masę formierską o następujących właściwościach (podano wartość średnią z trzech pomiarów oraz błąd standardowy):

- Płynność Dieterta w stanie wilgotnym  $P_D$ : 88,27 ( $\pm 0,46$ ) %
- Wytrzymałość na ściskanie w stanie wysuszonym  $R_c^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : powyżej 5,00 MPa
  - 24 h : powyżej 5,00 MPa

- Wytrzymałość na rozciąganie w stanie wysuszonym  $R_m^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 0,92 ( $\pm$  0,02) MPa
  - 24 h : 0,79 ( $\pm$  0,02) MPa
- Wytrzymałość na zginanie w stanie wysuszonym  $R_g^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 1,69 ( $\pm$  0,05) MPa
  - 24 h : 1,30 ( $\pm$  0,04) MPa
- Przepuszczalność w stanie wysuszonym  $P^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 240 ( $\pm$  5) · 10<sup>-8</sup>m<sup>2</sup>/Pa·s
  - 24 h : 243 ( $\pm$  3) · 10<sup>-8</sup>m<sup>2</sup>/Pa·s
- Ścieralność w stanie wysuszonym  $S^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 0,20 ( $\pm$  0,05) %
  - 24 h : 0,13 ( $\pm$  0,01) %

### Przykład II

Sporządzanie i utwardzanie masy:

Do komory mieszarki krążnikowej wprowadzono 4900 gramów wzorcowego piasku kwarcowego o frakcji głównej 0,20/0,16/0,315 oraz 100 gramów mieszaniny mąki słodowej jęczmiennej (70÷80%) i ekstraktu siodu jęczmiennego (20÷30%). Suche składniki mieszano 1 minutę, po czym do mieszarki wprowadzono 200 gramów wody i mieszano kolejne 3 minuty. Masę sporządzano w warunkach otoczenia w temperaturze 21°C i wilgotności powietrza 40%. Po procesie mieszania masa była przetrzymywana przez godzinę w szczelnie zamkniętym pojemniku.

Z otrzymanej masy formierskiej wykonano osiemnaście próbek cylindrycznych, każda o masie 165 gramów, sześć próbek podłużnych, każda o masie 165 gramów oraz sześć próbek ósemkowych, każda o masie 75 gramów.

Kształtki utwardzono poprzez suszenie w temperaturze 150°C przez 1 godzinę w suszarce laboratoryjnej z wymuszonym obiegiem powietrza.

Badania właściwości przeprowadzono bezpośrednio po ostudzeniu, po czasie składowania wynoszącym 1 godzinę od zakończenia procesu suszenia oraz po czasie składowania w komorze klimatycznej w temperaturze 20°C i wilgotności 50% wynoszącym 24 godzinny.

Otrzymano masę formierską o następujących właściwościach (podano wartość średnią z trzech pomiarów oraz błąd standardowy):

- Płynność Dieterta w stanie wilgotnym  $P_D$  : 89,33 ( $\pm$  2,75) %
- Wytrzymałość na ściskanie w stanie wysuszonym  $R_c^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : powyżej 5,00 MPa
  - 24 h : powyżej 5,00 MPa
- Wytrzymałość na rozciąganie w stanie wysuszonym  $R_m^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 0,59 ( $\pm$  0,01) MPa
  - 24 h : 0,54 ( $\pm$  0,01) MPa
- Wytrzymałość na zginanie w stanie wysuszonym  $R_g^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 1,56 ( $\pm$  0,05) MPa
  - 24 h : 1,25 ( $\pm$  0,06) MPa
- Przepuszczalność w stanie wysuszonym  $P^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 327 ( $\pm$  3) · 10<sup>-8</sup>m<sup>2</sup>/Pa·s
  - 24 h : 313 ( $\pm$  7) · 10<sup>-8</sup>m<sup>2</sup>/Pa·s
- Ścieralność w stanie wysuszonym  $S^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 0,68 ( $\pm$  0,18) %
  - 24 h : 0,37 ( $\pm$  0,01) %

### Przykład III

Sporządzanie i utwardzanie masy:

Do komory mieszarki krążnikowej wprowadzono 4750 gramów wzorcowego piasku chromitowego o frakcji głównej 0,20/0,32/0,40 oraz 250 gramów mieszaniny mąki słodowej jęczmiennej (70÷80%) i ekstraktu siodu jęczmiennego (20÷30%). Suche składniki mieszano 1 minutę, po czym do mieszarki wprowadzono 250 gramów wody i mieszano kolejne 3 minuty. Masę sporządzano w warunkach otoczenia w temperaturze 21°C i wilgotności powietrza 40%. Po procesie mieszania masa była przetrzymywana przez godzinę w szczelnie zamkniętym pojemniku.

Z otrzymanej masy formierskiej wykonano osiemnaście próbek cylindrycznych, każda o masie 270 gramów, sześć próbek podłużnych, każda o masie 270 gramów oraz sześć próbek ósemkowych, każda o masie 135 gramów.

Kształtki utwardzono poprzez suszenie w temperaturze 150°C przez 1 godzinę w suszarce laboratoryjnej z wymuszonym obiegiem powietrza.

Badania właściwości przeprowadzono bezpośrednio po ostudzeniu, po czasie składowania wynoszącym 1 godzinę od zakończenia procesu suszenia oraz po czasie składowania w komorze klimatycznej w temperaturze 20°C i wilgotności 50% wynoszącym 24 godziny.

Otrzymano masę formierską o następujących właściwościach (podano wartość średnią z trzech pomiarów oraz błąd standardowy):

- Płynność Dieterta w stanie wilgotnym  $P_D$ : 81,47 ( $\pm 0,93$ ) %
- Wytrzymałość na ściskanie w stanie wysuszonym  $R_c^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : powyżej 5,00 MPa
  - 24 h : powyżej 5,00 MPa
- Wytrzymałość na rozciąganie w stanie wysuszonym  $R_m^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 2,16 ( $\pm 0,10$ ) MPa
  - 24 h : 1,81 ( $\pm 0,07$ ) MPa
- Wytrzymałość na zginanie w stanie wysuszonym  $R_g^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 2,71 ( $\pm 0,10$ ) MPa
  - 24 h : 2,74 ( $\pm 0,03$ ) MPa
- Przepuszczalność w stanie wysuszonym  $P^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 208 ( $\pm 6$ )  $\cdot 10^{-8} \text{m}^2/\text{Pa}\cdot\text{s}$
  - 24 h : 170 ( $\pm 4$ )  $\cdot 10^{-8} \text{m}^2/\text{Pa}\cdot\text{s}$
- Ścieralność w stanie wysuszonym  $S^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 0,09 ( $\pm 0,02$ ) %
  - 24 h : 0,05 ( $\pm 0,01$ ) %

#### Przykład IV

Sporządzanie i utwardzanie masy:

Do komory mieszarki krążnikowej wprowadzono 4750 gramów wzorcowego piasku oliwinowego o frakcji głównej 0,20/0,32/0,40 oraz 250 gramów mieszanki mąki słodowej jęczmiennej (70÷80%) i ekstraktu siodu jęczmiennego (20÷30%). Suche składniki mieszano 1 minutę, po czym do mieszarki wprowadzono 250 gramów wody i mieszano kolejne 3 minuty. Masę sporządzano w warunkach otoczenia w temperaturze 21°C i wilgotności powietrza 40%. Po procesie mieszania masa była przetrzymywana przez godzinę w szczelnie zamkniętym pojemniku.

Z otrzymanej masy formierskiej wykonano osiemnaście próbek cylindrycznych, każda o masie 180 gramów, sześć próbek podłużnych, każda o masie 180 gramów oraz sześć próbek ósemkowych, każda o masie 95 gramów.

Kształtki utwardzono poprzez suszenie w temperaturze 150°C przez 1 godzinę w suszarce laboratoryjnej z wymuszonym obiegiem powietrza.

Badania właściwości przeprowadzono bezpośrednio po ostudzeniu, po czasie składowania wynoszącym 1 godzinę od zakończenia procesu suszenia oraz po czasie składowania w komorze klimatycznej w temperaturze 20°C i wilgotności 50% wynoszącym 24 godziny.

Otrzymano masę formierską o następujących właściwościach (podano wartość średnią z trzech pomiarów oraz błąd standardowy):

- Płynność Dieterta w stanie wilgotnym  $P_D$ : 83,73 ( $\pm 1,47$ ) %
- Wytrzymałość na ściskanie w stanie wysuszonym  $R_c^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : powyżej 5,00 MPa
  - 24 h : powyżej 5,00 MPa
- Wytrzymałość na rozciąganie w stanie wysuszonym  $R_m^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 1,55 ( $\pm 0,09$ ) MPa
  - 24 h : 1,29 ( $\pm 0,11$ ) MPa
- Wytrzymałość na zginanie w stanie wysuszonym  $R_g^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 2,15 ( $\pm 0,04$ ) MPa
  - 24 h : 1,70 ( $\pm 0,07$ ) MPa

- Przepuszczalność w stanie wysuszonym  $P^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h :  $333 (\pm 11) \cdot 10^{-8} \text{m}^2/\text{Pa}\cdot\text{s}$
  - 24 h :  $337 (\pm 3) \cdot 10^{-8} \text{m}^2/\text{Pa}\cdot\text{s}$
- Ścieralność w stanie wysuszonym  $S^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h :  $0,23 (\pm 0,01) \%$
  - 24 h :  $0,21 (\pm 0,03) \%$

#### Przykład V

Sporządzanie i utwardzanie masy:

Do komory mieszarki łopatkowej wprowadzono 4750 gramów wzorcowego piasku kwarcowego o frakcji głównej 0,20/0,16/0,315 oraz 250 gramów mieszaniny mąki słodowej jęczmiennej (70÷80%) i ekstraktu siodu jęczmiennego (20÷30%). Suche składniki mieszano 1 minutę, po czym do mieszarki wprowadzono 125 gramów wody i mieszano kolejne 3 minuty. Masę sporządzano w warunkach otoczenia w temperaturze 21°C i wilgotności powietrza 40%. Po procesie mieszania masa była przetrzymywana przez godzinę w szczelnie zamkniętym pojemniku.

Z otrzymanej masy formierskiej wykonano osiemnaście próbek cylindrycznych, każda o masie 165 gramów, sześć próbek podłużnych, każda o masie 165 gramów oraz sześć próbek ósemkowych, każda o masie 75 gramów.

Kształtki utwardzono poprzez suszenie w temperaturze 150°C przez 1 godzinę w suszarce laboratoryjnej z wymuszonym obiegiem powietrza.

Badania właściwości przeprowadzono bezpośrednio po ostudzeniu, po czasie składowania wynoszącym 1 godzinę od zakończenia procesu suszenia oraz po czasie składowania w komorze klimatycznej w temperaturze 20°C i wilgotności 50% wynoszącym 24 godzinny.

Otrzymano masę formierską o następujących właściwościach (podano wartość średnią z trzech pomiarów oraz błąd standardowy):

- Płynność Dieterta w stanie wilgotnym  $P_D$  :  $86,40 (\pm 1,92) \%$
- Wytrzymałość na ściskanie w stanie wysuszonym  $R_c^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : powyżej 5,00 MPa
  - 24 h : powyżej 5,00 MPa
- Wytrzymałość na rozciąganie w stanie wysuszonym  $R_m^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h :  $0,42 (\pm 0,01) \text{MPa}$
  - 24 h :  $0,32 (\pm 0,02) \text{MPa}$
- Wytrzymałość na zginanie w stanie wysuszonym  $R_g^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h :  $0,89 (\pm 0,03) \text{MPa}$
  - 24 h :  $0,66 (\pm 0,03) \text{MPa}$
- Przepuszczalność w stanie wysuszonym  $P^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h :  $300 (\pm 6) \cdot 10^{-8} \text{m}^2/\text{Pa}\cdot\text{s}$
  - 24 h :  $370 (\pm 5) \cdot 10^{-8} \text{m}^2/\text{Pa}\cdot\text{s}$
- Ścieralność w stanie wysuszonym  $S^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h :  $0,89 (\pm 0,08) \%$
  - 24 h :  $7,40 (\pm 0,67) \%$

#### Przykład VI

Sporządzanie i utwardzanie masy:

Do komory mieszarki krążnikowej wprowadzono 4750 gramów wzorcowego piasku kwarcowego o frakcji głównej 0,20/0,16/0,315 oraz 250 gramów mieszaniny mąki słodowej jęczmiennej (70÷80%) i ekstraktu siodu jęczmiennego (20÷30%). Suche składniki mieszano 1 minutę, po czym do mieszarki wprowadzono 500 gramów wody i mieszano kolejne 3 minuty. Masę sporządzano w warunkach otoczenia w temperaturze 21°C i wilgotności powietrza 40%. Po procesie mieszania masa była przetrzymywana przez godzinę w szczelnie zamkniętym pojemniku.

Z otrzymanej masy formierskiej wykonano osiemnaście próbek cylindrycznych, każda o masie 165 gramów, sześć próbek podłużnych, każda o masie 165 gramów oraz sześć próbek ósemkowych, każda o masie 75 gramów.

Kształtki utwardzono poprzez suszenie w temperaturze 210°C przez 1 godzinę w suszarce laboratoryjnej z wymuszonym obiegiem powietrza.

Badania właściwości przeprowadzono bezpośrednio po ostudzeniu, po czasie składowania wynoszącym 1 godzinę od zakończenia procesu suszenia oraz po czasie składowania w komorze klimatycznej w temperaturze 20°C i wilgotności 50% wynoszącym 24 godzinny.

Otrzymano masę formierską o następujących właściwościach (podano wartość średnią z trzech pomiarów oraz błąd standardowy):

- Płynność Dieterta w stanie wilgotnym  $P_D$ : 90,67 ( $\pm 1,89$ ) %
- Wytrzymałość na ściskanie w stanie wysuszonym  $R_c^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : powyżej 5,00 MPa
  - 24 h : powyżej 5,00 MPa
- Wytrzymałość na rozciąganie w stanie wysuszonym  $R_m^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 1,81 ( $\pm 0,03$ ) MPa
  - 24 h : 1,80 ( $\pm 0,04$ ) MPa
- Wytrzymałość na zginanie w stanie wysuszonym  $R_g^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 3,55 ( $\pm 0,18$ ) MPa
  - 24 h : 3,81 ( $\pm 0,09$ ) MPa
- Przepuszczalność w stanie wysuszonym  $P^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 162 ( $\pm 3$ )  $\cdot 10^{-8} \text{m}^2/\text{Pa}\cdot\text{s}$
  - 24 h : 147 ( $\pm 4$ )  $\cdot 10^{-8} \text{m}^2/\text{Pa}\cdot\text{s}$
- Ścieralność w stanie wysuszonym  $S^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 0,04 ( $\pm 0,02$ ) %
  - 24 h : 0,06 ( $\pm 0,01$ ) %

#### Przykład VII

Sporządzanie i utwardzanie masy:

Do komory mieszarki łopatkowej wprowadzono 4750 gramów wzorcowego piasku kwarcowego o frakcji głównej 0,20/0,16/0,315 oraz 250 gramów mieszaniny mąki słodowej jęczmiennej (70÷80%) i ekstraktu siodu jęczmiennego (20÷30%). Suche składniki mieszano 1 minutę, po czym do mieszarki wprowadzono 125 gramów wody i mieszano kolejne 3 minuty. Masę sporządzano w warunkach otoczenia w temperaturze 21°C i wilgotności powietrza 40%. Po procesie mieszania masa była przetrzymywana przez godzinę w szczelnie zamkniętym pojemniku.

Z otrzymanej masy formierskiej wykonano osiemnaście próbek cylindrycznych, każda o masie 165 gramów, sześć próbek podłużnych, każda o masie 165 gramów oraz sześć próbek ósemkowych, każda o masie 75 gramów.

Kształtki utwardzono poprzez suszenie w temperaturze 130°C przez 2 godziny w suszarce laboratoryjnej z wymuszonym obiegiem powietrza.

Badania właściwości przeprowadzono bezpośrednio po ostudzeniu, po czasie składowania wynoszącym 1 godzinę od zakończenia procesu suszenia oraz po czasie składowania w komorze klimatycznej w temperaturze 20°C i wilgotności 50% wynoszącym 24 godzinny.

Otrzymano masę formierską o następujących właściwościach (podano wartość średnią z trzech pomiarów oraz błąd standardowy):

- Płynność Dieterta w stanie wilgotnym  $P_D$ : 90,67 ( $\pm 1,89$ ) %
- Wytrzymałość na ściskanie w stanie wysuszonym  $R_c^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : powyżej 5,00 MPa
  - 24 h : 4,39 ( $\pm 0,03$ ) MPa
- Wytrzymałość na rozciąganie w stanie wysuszonym  $R_m^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 1,13 ( $\pm 0,01$ ) MPa
  - 24 h : 0,64 ( $\pm 0,03$ ) MPa
- Wytrzymałość na zginanie w stanie wysuszonym  $R_g^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 1,70 ( $\pm 0,02$ ) MPa
  - 24 h : 1,55 ( $\pm 0,33$ ) MPa
- Przepuszczalność w stanie wysuszonym  $P^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 173 ( $\pm 7$ )  $\cdot 10^{-8} \text{m}^2/\text{Pa}\cdot\text{s}$
  - 24 h : 158 ( $\pm 1$ )  $\cdot 10^{-8} \text{m}^2/\text{Pa}\cdot\text{s}$
- Ścieralność w stanie wysuszonym  $S^s$ , po czasie składowania:
  - 1 h : 0,05 ( $\pm 0,02$ ) %
  - 24 h : 0,03 ( $\pm 0,01$ ) %

### Zastrzeżenia patentowe

1. Masa formierska ze spoiwem organicznym zawierająca osnowę, wodno-rozpuszczalne spoiwo oraz wodę, **znamienna tym**, że zawiera: osnowę mineralną w ilości 95-98% wagowych, spoiwo w ilości od 2 do 5% wagowych w postaci mieszaniny słodowej mąki jęczmiennej w ilości 70-80% i ekstraktu siodu jęczmiennego w ilości 20-30% o stosunku wodno-spoiwowym w zakresie od 0,5 do 2,0.
2. Sposób wytwarzania masy formierskiej ze spoiwem organicznym **znamienny tym**, że ma w składzie osnowę mineralną w ilości 95-98% wagowych, spoiwo w ilości od 2 do 5% wagowych w postaci mieszaniny słodowej mąki jęczmiennej w ilości 70-80% i ekstraktu siodu jęczmiennego w ilości 20-30% o stosunku wodno-spoiwowym w zakresie od 0,5 do 2,0, przy czym spoiwo w postaci sypkiej razem z osnową miesza się 1 minutę w mieszarce krężnikowej lub łopatkowej, po czym po wymieszaniu sypkich składników, do mieszarki wprowadza się wodę i miesza się składniki do uzyskania konsystencji masy przez czas od 1 do 3 minut.
3. Sposób według zastrz. 2 **znamienny tym**, że wodę odparowuje się poprzez konwekcyjne ogrzewanie powietrzem w temperaturze od 100 do 200°C i w czasie od 30 do 180 minut.