

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **235731**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **404355**

(22) Data zgłoszenia: **17.06.2013**

(51) Int.Cl.

B22C 7/02 (2006.01)

B22C 9/04 (2006.01)

B22C 1/00 (2006.01)

B22C 3/00 (2006.01)

C04B 35/18 (2006.01)

C04B 35/195 (2006.01)

C04B 35/20 (2006.01)

(54) **Kompozycja warstwy ceramicznej do wytwarzania formy odlewniczej i innych wyrobów**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

22.12.2014 BUP 26/14

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

19.10.2020 WUP 16/20

(73) Uprawniony z patentu:

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – INSTYTUT
ODLEWNICTWA, Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ZBIGNIEW STEFAŃSKI, Kraków, PL
ALEKSANDER KARWIŃSKI, Kraków, PL
IRENA IZDEBSKA-SZANDA, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Marta Bartula-Toch

PL 235731 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest kompozycja warstwy ceramicznej do wytwarzania formy odlewniczej i innych wyrobów, zwłaszcza przeznaczona do wykonywania odlewów metodą wytapianych modeli.

Jednym z głównych warunków otrzymania odlewów o wysokich właściwościach technologicznych jest spowodowanie tak zwanego kierunkowego oraz szybkiego ich krzepnięcia i stygnięcia w formie odlewniczej, a nie powolnego, czyli niekorzystnego objętościowego. Kierunkowe krzepnięcie umożliwia otrzymanie zwartej i drobnoziarnistej struktury odlewów, bez wad odlewniczych typu jamy skurczowe, rzadziny, a w wyniku tego, wysokich właściwości technologicznych. Jest to szczególnie istotne dla odlewów skomplikowanych konstrukcyjnie, o zróżnicowanej grubości ścianki, o wysokich wymaganiach technologicznych. Efektem tego jest również zmniejszenie ilości wadliwych wyrobów. Jednym ze sposobów uzyskania kierunkowego krzepnięcia odlewu jest zalewanie ciekłym metalem zimnych form odlewniczych, jest to utrudnione w przypadku wykonywania odlewów metodą wytapianych modeli.

W znanej technologii wykonywania odlewów metodą wytapianych modeli w formach samonośnych, jedną z podstawowych operacji jest wypalanie wykonanych form ceramicznych w wysokiej temperaturze, 900–1200°C, ma to na celu zarówno uzyskanie wymaganej wysokiej wytrzymałości ceramiki wykonanej formy w wyniku jej spieczenia, a także wypalenie pozostałości organicznych. Praktycznie w technologii tej wypalone i gorące formy są zalewane bezpośrednio ciekłym metalem. W technice tej najczęściej stosowanym materiałem ceramicznym jest niedrogi kwarc, ale ze względu na jego właściwości fizyczne, formy muszą być zalewane ciekłym metalem zaraz po wypaleniu, gdy posiadają temperaturę 900–1200°C. Z powodu wysokiej temperatury zalewanej formy odlewniczej, krzepnięcie i stygnięcie metalu ma niekorzystny charakter objętościowy, odlewy posiadają niższe właściwości technologiczne. Obniżenie temperatury form przed zalaniem w celu wywołania kierunkowego krzepnięcia, spowodowałoby ich spękanie oraz zniszczenie w czasie zalewania, jest to związane ze znacznymi zmianami wymiarowymi ceramiki kwarcowej zachodzącymi w wyniku zmian temperatury, a także przemianami w sieci krystalograficznej osnowy kwarcowej zachodzącymi podczas obniżania temperatury. Z tego powodu w przypadku wykonywania odlewów odpowiedzialnych, o zróżnicowanej grubości ścianek, skomplikowanych konstrukcyjnie, o wymaganych wysokich właściwościach, formy odlewnicze w tej technologii wykonywane są z wielokrotnie droższego materiału ceramicznego od kwarcu, takiego jak cyrkon, elektrokorund, formy ceramiczne po wypaleniu są studzone do wymaganej technologią temperatury, najczęściej do około 300°C i nie ulegają uszkodzeniu.

Formy odlewnicze samonośne wykonane z kompozycji zawierającej kwarcową osnowę ceramiczną szczególnie nie są korzystne do wykonywania odlewów ze stopów aluminium ze względów technologicznych wynikających z objętościowego charakteru krzepnięcia. Nie można ich stosować do wykonywania odlewów ze stopów magnezu ze względu na duże powinowactwo magnezu do tlenu zawartego w krzemionce. W czasie zalewania form ciekłym stopem magnezu, utlenianie stopu może spowodować jego zapalenie, a ponadto w czasie zachodzących reakcji, krzem przechodzi do stopu magnezu jako pierwiastek szkodliwy.

Znane kompozycje warstwy ceramicznej do wytwarzania formy odlewniczej i innych wyrobów składają się z ciekłej masy ceramicznej oraz z materiału ceramicznego o odpowiednim uziarnieniu, zgodnym z wymaganiami technologicznymi. Materiałem ceramicznym posypuje się ciekłą masę ceramiczną naniesioną na model, po wyschnięciu stanowią one warstwę wykonywanej formy ceramicznej. Formy wykonuje się z najczęściej z kilku do kilkunastu warstw. Kolejne operacje technologiczne, to usuwanie modelu w wyniku ich wytapiania, suszenie form, a następnie wypalanie ich w wysokich temperaturach, najczęściej 900–1200°C.

Znana z opisu PL145903 kompozycja na powłoki samonośnej formy ceramicznej wykonywanej metodą wytapianych modeli składa się z materiału ceramicznego w postaci mulitu i spoiwa, którym jest wodny roztwór fosforanu chromowo-glinowego.

Kompozycja warstwy ceramicznej do wytwarzania formy odlewniczej i innych wyrobów, zwłaszcza przeznaczona do wykonywania odlewów metodą wytapianych modeli, zawierająca ciekłą masę ceramiczną i materiał ceramiczny do posypywania, według wynalazku charakteryzuje się tym, że zawiera ciekłą masę ceramiczną składającą się w ilościach wyrażonych w % masowych z 50–75% materiału ceramicznego, którym jest mieszanina o uziarnieniu zawierającym min 90% ziaren

o wielkości cząstki poniżej 0,04 mm, o następującym składzie fazowym: 30–90% forsterytu Mg_2SiO_4 , 5–15% fajalitu Fe_2SiO_4 i 5–65% mieszaniny składników fazowych takich jak chryzolit $2(Mg_{0,88}Fe_{0,12})SiO_2$, enstatyt $MgSiO_3$, tremolit $Ca_2Mg_6Si_8O_{22}(OH)_2$, ringwoodyt $(Mg,Fe)_2SiO_4$, diopsyd $Ca(Mg,Al)(Si,Al)_2O_6$, i z 25–50% spoiwa zawierającego wodny lub wodno-organiczny koloidalny roztwór tlenku metalu i modyfikatory oraz materiał ceramiczny do posypywania, którym jest mieszanina o następującym składzie fazowym w ilościach wyrażonych w % masowych: 30–90% forsterytu Mg_2SiO_4 , 5–15%, fajalitu Fe_2SiO_4 i 5–65% mieszaniny składników fazowych takich jak chryzolit $2(Mg_{0,88}Fe_{0,12})SiO_2$, enstatyt $MgSiO_3$, tremolit $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$, ringwoodyt $(Mg,Fe)_2SiO_4$, diopsyd $Ca(Mg,Al)(Si,Al)_2O_8$.

Kompozycja warstwy ceramicznej do wytwarzania formy odlewniczej i innych wyrobów, zwłaszcza przeznaczona do wykonywania odlewów metodą wytapianych modeli, według wynalazku charakteryzuje się tym, że w materiale ceramicznym zawartość SiO_2 w przeliczeniu na pierwiastek Si wynosi maksymalnie 25% masowych.

Wyroby ceramiczne, zwłaszcza formy odlewnicze i inne wyroby wykonywane są z kilku do kilkunastu warstw, optymalnie z dwóch do ośmiu. Formy wytworzone z kompozycji według wynalazku stosuje się do wykonywania odlewów ze stopów mosiądzu, brązu, żeliwa, staliwa, a zwłaszcza stopów aluminium i magnezu.

Formy i inne wyroby wykonane z kompozycji warstwy ceramicznej do wytwarzania formy odlewniczej i innych wyrobów, według wynalazku, po wypaleniu jej w temperaturze od 800–1250°C, są studzone do temperatury otoczenia lub do temperatury poniżej 300°C wymaganej technologią, a następnie są zalewane ciekłym metalem bez obawy o ich uszkodzenie. Formy odlewnicze wykonane z kompozycji według wynalazku zapewniają kierunkowe krzepnięcie i stygnięcie odlewów, a więc korzystne dla ich jakości. Zapewnienie kierunkowego krzepnięcia w tych formach pozwala na wykorzystanie ich do odlewania odlewów cienkościennych oraz o skomplikowanych kształtach. Dzięki niskiej zawartości w osnowie ceramicznej SiO_2 , w przeliczeniu na pierwiastek Si maksymalnie 25%, kompozycja według wynalazku znajduje zastosowanie do wykonywania form odlewniczych zwłaszcza do odlewania stopów magnezu.

Przykłady kompozycji warstwy ceramicznej do wytwarzania formy odlewniczej według wynalazku.

P r z y k ł a d 1

Kompozycja warstwy ceramicznej do wytworzenia formy odlewniczej przeznaczonej do wykonywania odlewów ze stopów z mosiądzu, brązu, żeliwa, staliwa.

Kompozycja I warstwy ceramicznej (% masowe):

- ciekła masa ceramiczna I : 28% spoiwa – roztwór wodny krzemionki koloidalnej o zawartości 30% SiO_2 + modyfikatory i 72% materiału ceramicznego zawierającego 90% ziaren o średnicy poniżej 0,04 mm, o następującym składzie fazowym: 62% forsterytu Mg_2SiO_4 , 14% fajalitu Fe_2SiO_4 i 24% pozostałych składników,
- materiał ceramiczny do posypywania: o uziarnieniu 0,1–0,3 mm, o następującym składzie fazowym: 62% forsterytu Mg_2SiO_4 , 14% fajalitu Fe_2SiO_4 , 24% pozostałe składniki fazowe.

Kompozycja II warstwy ceramicznej (% masowe):

- ciekła masa ceramiczna II: 30% spoiwa – zhydrolizowany krzemian etylu 40 (roztwór wodno-alkoholowy krzemionki koloidalnej o zawartości 16% SiO_2) i 70% materiału ceramicznego zawierającego 90% ziaren o średnicy poniżej 0,04 mm, i następującym składzie fazowym: 62% forsterytu Mg_2SiO_4 , 14% fajalitu Fe_2SiO_4 , 24% pozostałych składników fazowych.
- materiał ceramiczny do posypywania: o uziarnieniu 0,1–0,3 mm, o składzie fazowym: 62% forsterytu Mg_2SiO_4 , 14% fajalitu Fe_2SiO_4 i 24% pozostałych składników fazowych.

Kompozycja III i kolejnych warstw ceramicznych (% masowe):

- ciekła masa ceramiczna – o składzie jak dla I lub II warstwy,
- materiał ceramiczny do posypywania: o uziarnieniu 0,4–1,0 mm i o składzie fazowym: 62% forsterytu Mg_2SiO_4 , 14% fajalitu Fe_2SiO_4 , 24% pozostałe składniki fazowe.

Sposób wykonania formy odlewniczej:

Sposób wykonania I warstwy formy: Składniki ciekłej masy ceramicznej miesza się w mieszarce przez 24 godziny. W powstałej zawieszynie stanowiącej ciekłą masę ceramiczną o lepkości pozornej 300 cP (pomiar kubkiem Forda $\phi = 5$ mm) zanurza się modele woskowe, następnie po ich wyjęciu i obcieknięciu

nadmiaru ciekłej masy ceramicznej, na kolejnym stanowisku obsypuje się materiałem ceramicznym. I warstwę formy ceramicznej suszy się w warunkach naturalnej konwekcji w czasie 8 godzin.

Sposób wykonania II warstwy formy: Składniki ciekłej masy ceramicznej miesza się w mieszarce przez 24 godziny. W powstałej zawieszynie stanowiącej ciekłą masę ceramiczną o lepkości pozornej 250 cP (pomiar kubkiem Forda $\phi = 5$ mm) zanurza się modele woskowe, następnie po ich wyjęciu i obcieknięciu nadmiaru ciekłej masy ceramicznej, na kolejnym stanowisku dokładnie obsypuje się materiałem ceramicznym. II warstwę formy ceramicznej suszy się w warunkach naturalnej konwekcji w czasie 8 godzin.

Sposób wykonania kolejnych warstw formy odlewniczej od III do X: wykonuje się naprzemiennie z ciekłej masy ceramicznej I i II. Po zanurzeniu modeli na których znajdują się dwie warstwy ceramiczne w zawieszynie i obcieknięciu jej nadmiaru, na kolejnym stanowisku należy je dokładnie obsypać materiałem ceramicznym o uziarnieniu 0,4 do 1,0 mm. Po naniesieniu każdej warstwy należy ją wysuszyć w warunkach konwekcji naturalnej w czasie minimum 8 godzin. Ostatnią warstwę formy wykonuje się z ciekłej masy ceramicznej I o lepkości 250 cP bez obsypywania materiałem ceramicznym. Po naniesieniu wszystkich warstw, formę suszy się przez 24 godziny, a następnie model woskowy usuwa się w autoklawie wysokociśnieniowym. Tak wykonana forma po ponownym wysuszeniu oraz wypaleniu w temperaturze 900°C dla miedzi lub brązu oraz 1100°C dla żeliwa lub staliwa, zalewana jest ciekłym metalem.

Przykład 2

Kompozycja warstwy ceramicznej do wytworzenia formy odlewniczej przeznaczonej do wykonywania odlewów ze stopów aluminium.

Kompozycja I warstwy ceramicznej (% masowe):

- ciekła masa ceramiczna I: – 30% spoiwa – roztwór wodny koloidalnego tlenku cyrkonowego o zawartości 18% ZrO_2 + modyfikatory i 70% materiału ceramicznego zawierającego 90% ziaren o średnicy poniżej 0,04 mm, o następującym składzie fazowym: 48% forsterytu Mg_2SiO_4 , 10% fajalitu Fe_2SiO_4 , 42% pozostałych składników.
- materiał ceramiczny do posypywania: o uziarnieniu 0,1–0,3 mm i o składzie fazowym: 62% forsterytu Mg_2SiO_4 , 10% fajalitu Fe_2SiO_4 , 28% pozostałych składników.

Kompozycja II warstwy ceramicznej (% masowe):

- ciekła masa ceramiczna II: – 32% spoiwa – roztwór wodny koloidalnego tlenku cyrkonowego o zawartości 18% ZrO_2 + modyfikatory, i 68% materiału ceramicznego zawierającego 90% ziaren o średnicy poniżej 0,04 mm, o następującym składzie fazowym: 65% forsterytu Mg_2SiO_4 , 10% fajalitu Fe_2SiO_4 , 25% pozostałych składników.
- materiał ceramiczny do posypywania: o uziarnieniu 0,1–0,3 mm i o składzie fazowym: 65% forsterytu Mg_2SiO_4 , 10% fajalitu Fe_2SiO_4 , 25% pozostałych składników.

Kompozycja III i kolejnych warstw ceramicznych (% masowe):

- ciekła masa ceramiczna: skład jak dla I lub II warstwy,
- materiał ceramiczny do posypywania o uziarnieniu 0,4–1,0 mm i o składzie fazowym taki jak do posypywania dla I i II warstwy

Sposób wykonania:

Sposób wykonania I warstwy formy: Składniki ciekłej masy ceramicznej miesza się w mieszarce przez 24 godziny. W powstałej zawieszynie stanowiącej ciekłą masę ceramiczną o lepkości pozornej 300 cP (pomiar kubkiem Forda $\phi = 5$ mm) zanurza się model woskowy, następnie po wyjęciu z zawieszyny i obcieknięciu nadmiaru ciekłej masy ceramicznej, na kolejnym stanowisku dokładnie obsypuje się go materiałem ceramicznym. Pierwszą warstwę formy ceramicznej suszy się w warunkach naturalnej konwekcji w czasie około 8 godzin.

Sposób wykonania II warstwy formy: Składniki ciekłej masy ceramicznej II miesza się w mieszarce przez 24 godziny. W otrzymanej zawieszynie o lepkości pozornej 200 cP (pomiar kubkiem Forda $\phi = 5$ mm) zanurza się model woskowy, a następnie po wyjęciu i obcieknięciu nadmiaru ciekłej masy, na kolejnym stanowisku obsypuje się materiałem ceramicznym o uziarnieniu 0,1 do 0,3 mm. Jest to druga warstwa formy ceramicznej, którą suszy się w warunkach naturalnej konwekcji w czasie około 8 godzin.

Sposób wykonania kolejnych warstw formy ceramicznej (III do X):

Wykonuje się naprzemiennie z ciekłej masy ceramicznej I i II. Po zanurzeniu w zawieszynie ciekłej masy ceramicznej modelu, na którym znajdują się dwie warstwy ceramiczne, wyjęciu obcieknięciu nadmiaru ciekłej masy, na kolejnym stanowisku obsypuje się go materiałem ceramicznym o uziarnieniu 0,4 do 1,0 mm. Każdą warstwę suszy się w warunkach konwekcji naturalnej w czasie minimum 8 godzin. Ostatnią warstwę formy wykonuje się z ciekłej masy ceramicznej I o lepkości 300 cP bez obsypywania materiałem ceramicznym. Po naniesieniu wszystkich warstw, formę suszy się przez 24 godziny, a następnie model woskowy usuwa się w autoklawie wysokociśnieniowym. Tak wykonana forma, po ponownym wysuszeniu oraz wypaleniu w temperaturze około 800°C, jest schładzana do temperatury 250°C, a następnie zalewana ciekłym stopem aluminium.

Obniżenie temperatury formy umożliwi szybkie oraz kierunkowe krzepnięcie i stygnięcie odlewów oraz uzyskanie korzystnej drobnoziarnistej struktury odlewu o wysokiej wytrzymałości.

P r z y k ł a d 3

Kompozycja warstwy ceramicznej do wytworzenia formy odlewniczej przeznaczonej do wykonywania odlewów ze stopów magnezu.

Kompozycja I warstwy ceramicznej (% masowe):

- ciekła masa ceramiczna: – 30% spoiwa – roztwór wodny koloidalnego tlenku cyrkonowego o zawartości 18% ZrO_2 + modyfikatory i 70% materiału ceramicznego zawierającego 90% ziaren o średnicy poniżej 0,04 mm, o następującym składzie fazowym: 75% forsterytu Mg_2SiO_4 , 10% fajalitu Fe_2SiO_4 , 15% pozostałych składników.
- materiał ceramiczny do posypywania: o uziarnieniu 0,1–0,3 mm i o składzie fazowym: 62% forsterytu Mg_2SiO_4 , 12% fajalitu Fe_2SiO_4 , 26% pozostałe składniki fazowe.

Kompozycja II warstwy ceramicznej (% masowe):

- ciekła masa ceramiczna II: – 32% spoiwa – roztwór wodny koloidalnego tlenku cyrkonowego o zawartości 18% ZrO_2 + modyfikatory, i 68% materiału ceramicznego zawierającego 90% ziaren o średnicy poniżej 0,04 mm, o następującym składzie fazowym: 62% forsterytu Mg_2SiO_4 , 12% fajalitu Fe_2SiO_4 , 26% pozostałych składników.

Kompozycja III i kolejnych warstw ceramicznych:

- ciekła masa ceramiczna – skład jak dla I lub II warstwy,
- materiał ceramiczny do posypywania: o uziarnieniu 0,4–1,0 mm i składzie fazowym takim, jak do posypywania dla I i II warstwy.

Sposób wykonania formy odlewniczej:

Sposób wykonania I warstwy formy: Składniki ciekłej masy ceramicznej I miesza się w mieszarce przez 24 godziny. W otrzymanej zawieszynie ciekłej masy ceramicznej o lepkości pozornej 300 cP (pomiar kubkiem Forda $\phi = 5$ mm) zanurza się model woskowy, następnie po wyjęciu i obcieknięciu nadmiaru ciekłej masy, na kolejnym stanowisku obsypuje się materiałem ceramicznym o uziarnieniu 0,1 do 0,3 mm. Jest to pierwsza warstwa formy ceramicznej, którą suszy się w warunkach naturalnej konwekcji w czasie około 8 godzin.

Sposób wykonania II warstwy formy: Składniki ciekłej masy ceramicznej II miesza się w mieszarce przez 24 godziny. W otrzymanej zawieszynie o lepkości pozornej 250 cP (pomiar kubkiem Forda $\phi = 5$ mm) zanurza się model woskowy, następnie po wyjęciu i obcieknięciu nadmiaru ciekłej masy ceramicznej, na kolejnym stanowisku obsypuje się materiałem ceramicznym o uziarnieniu 0,1 do 0,3 mm. Jest to druga warstwa formy ceramicznej, którą suszy się w warunkach naturalnej konwekcji w czasie około 8 godzin.

Sposób wykonania kolejnych warstw formy odlewniczej (III do X):

Kolejne warstwy wykonuje się naprzemiennie z ciekłej masy ceramicznej I i II. Po zanurzeniu w zawieszynie ciekłej masy ceramicznej modelu, na którym znajdują się dwie warstwy ceramiczne i obcieknięciu jej nadmiaru, na kolejnym stanowisku obsypuje się go materiałem ceramicznym o uziarnieniu 0,4 do 1,0 mm. Każdą warstwę suszy się w warunkach konwekcji naturalnej w czasie minimum 8 godzin. Ostatnią warstwę formy wykonuje się z ciekłej masy ceramicznej I o lepkości 300 cP bez obsypywania materiałem ceramicznym. Po naniesieniu wszystkich warstw, formę suszy się przez 24 godziny, a następnie model woskowy usuwa się w autoklawie wysokociśnieniowym. Tak wykonaną formę po ponownym wysuszeniu oraz wypaleniu w temperaturze około 900°C schładza się do temperatury otoczenia, a następnie odstawia do magazynu. W zależności od potrzeb formy wyjmuje się z magazynu, podgrzewa do temperatury 250–300°C, a następnie zalewa ciekłym

stopem magnezu. Niska temperatura formy umożliwia szybkie oraz kierunkowe krzepnięcie i stygnięcie odlewów oraz uzyskanie korzystnej drobnoziarnistej struktury odlewu o wysokiej wytrzymałości.

Przykład 4

Kompozycja warstwy ceramicznej do wytworzenia innych wyrobów — tygla ceramicznego

Kompozycja I warstwy ceramicznej (% masowe):

- ciekła masa ceramiczna I: – 25% spoiwa – spoiwo krzemianowe o zawartości 21% SiO_2 + modyfikatory i 75% materiału ceramicznego zawierającego 90% ziaren o średnicy poniżej 0,04 mm, o następującym składzie fazowym: 87% forsterytu Mg_2SiO_4 , 7% fajalitu Fe_2SiO_4 , 6% pozostałych składników.
- materiał ceramiczny do posypywania: o uziarnieniu 0,1–0,3 mm i o składzie fazowym: 87% forsterytu Mg_2SiO_4 , 7% fajalitu Fe_2SiO_4 , 6% pozostałe składniki fazowe.

Kompozycja II warstwy ceramicznej (% masowe):

- ciekła masa ceramiczna II: – 28% spoiwa – spoiwo krzemianowe o zawartości 21% SiO_2 + modyfikatory i 72% materiału ceramicznego zawierającego 90% ziaren o średnicy poniżej 0,04 mm, o następującym składzie fazowym: 87% forsterytu Mg_2SiO_4 , 7% fajalitu Fe_2SiO_4 , 6% pozostałych składników.
- materiał ceramiczny do posypywania: o uziarnieniu 0,1–0,3 mm i o składzie fazowym: 87% forsterytu Mg_2SiO_4 , 7% fajalitu Fe_2SiO_4 , 6% pozostałe składniki fazowe.

Kompozycja III i kolejne warstwy ceramicznej (III do X) (% masowe):

- ciekła masa ceramiczna – 35% spoiwa – spoiwo krzemianowe o zawartości 21% SiO_2 + modyfikatory i 65% materiału ceramicznego zawierającego 90% ziaren o średnicy poniżej 0,04 mm, o następującym składzie fazowym: 87% forsterytu Mg_2SiO_4 , 7% fajalitu Fe_2SiO_4 , 6% pozostałych składników.
- materiał ceramiczny do posypywania na kolejne warstwy: o uziarnieniu 0,4–1,0 mm i o składzie fazowym jak dla I i II warstwy.

Sposób wykonania tygla ceramicznego:

Sposób wykonania I warstwy tygla: Składniki ciekłej masy ceramicznej I miesza się w mieszarce przez 24 godziny. W otrzymanej zawieszynie ciekłej masy ceramicznej o lepkości pozornej 350 cP (pomiar kubkiem Forda $\phi = 5$ mm) zanurza się model woskowy tygla, a następnie po wyjęciu i obcieknięciu nadmiaru ciekłej masy, na kolejnym stanowisku obsypuje się materiałem ceramicznym o uziarnieniu 0,1 do 0,3 mm. Jest to pierwsza warstwa tygla ceramicznego, którą suszy się w warunkach naturalnej konwekcji w czasie około 8 godzin.

Sposób wykonania II warstwy tygla: Składniki ciekłej masy ceramicznej II miesza się w mieszarce przez 24 godziny. W otrzymanej zawieszynie ciekłej masy ceramicznej o lepkości pozornej 300 cP (pomiar kubkiem Forda $\phi = 5$ mm) zanurza się model woskowy tygla, a następnie po wyjęciu i obcieknięciu nadmiaru ciekłej masy, na kolejnym stanowisku obsypuje się materiałem ceramicznym o uziarnieniu 0,1 do 0,3 mm. Jest to druga warstwa tygla ceramicznego, którą suszy się w warunkach naturalnej konwekcji w czasie około 8 godzin.

Sposób wykonania kolejnych warstw tygla ceramicznego (III do X):

Kolejne warstwy ceramiczne wykonuje się z ciekłej masy ceramicznej III o lepkości pozornej zawieszyny (ciekłej masy ceramicznej) 200 cP. Ostatnią warstwę wykonuje się z ciekłej masy ceramicznej II o lepkości 300 cP bez obsypywania materiałem ceramicznym. Po naniesieniu wszystkich warstw, tygiel suszy się przez 24 godziny, a następnie model woskowy kształtujący tygiel usuwa się w autoklawie wysokociśnieniowym. Tak wykonany surowy tygiel po ponownym wysuszeniu oraz wypaleniu w temperaturze 1250°C schładza się do temperatury otoczenia, a następnie odstawia do magazynu.

W zależności od istniejących potrzeb, wyroby wydaje się z magazynu oraz stosuje do pracy w warunkach wysokiej temperatury do około 1250°C , na przykład do topienia metalu, zalewania form odlewniczych, lub do wyprażania materiałów ceramicznych.

Przez termin „pozostałe składniki fazowe” rozumie się mieszaninę złożoną z chryzolit $2(\text{Mg}_{0,88}\text{Fe}_{0,12})\text{SiO}_2$, enstatytu MgSiO_3 , tremolitu $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, ringwoodytu $(\text{Mg},\text{Fe})_2\text{SiO}_4$ i diopsydu $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Al})(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_6$.

Zastrzeżenia patentowe

1. Kompozycja warstwy ceramicznej do wytwarzania formy odlewniczej i innych wyrobów, zwłaszcza przeznaczona do wykonywania odlewów metodą wytapianych modeli, zawierająca ciekłą masę ceramiczną i materiał ceramiczny do posypywania, **znamienna tym**, że zawiera ciekłą masę ceramiczną składającą się w ilościach wyrażonych w % masowych z 50–75% materiału ceramicznego, którym jest mieszanina o uziarnieniu zawierającym min 90% ziaren o wielkości cząstki poniżej 0,04 mm, o następującym składzie fazowym: 30–90% forsterytu Mg_2SiO_4 , 5–15% fajalitu Fe_2SiO_4 i 5–65% mieszaniny składników fazowych takich jak chryzolit $2(Mg_{0,88}Fe_{0,12})SiO_2$, enstatyt $MgSiO_3$ tremolit $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$, ringwoodyt $(Mg,Fe)_2SiO_4$, diopsyd $Ca(Mg,Al)(Si,Al)_2O_6$, i z 25–50% spoiwa zawierającego wodny lub wodno-organiczny koloidalny roztwór tlenku metalu i modyfikatory oraz materiał ceramiczny do posypywania, którym jest mieszanina o następującym składzie fazowym w ilościach wyrażonych w % masowych: 30–90% forsterytu Mg_2SiO_4 , 5–15%, fajalitu Fe_2SiO_4 i 5–65% mieszaniny składników fazowych takich jak chryzolit $2(Mg_{0,88}Fe_{0,12})SiO_2$, enstatyt $MgSiO_3$, emolit $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$, ringwoodyt $(Mg,Fe)_2SiO_4$, diopsyd $Ca(Mg,Al)(Si,Al)_2O_6$.
2. Kompozycja warstwy ceramicznej do wytwarzania formy odlewniczej i innych wyrobów, według zastrz. 1, **znamienna tym**, że w materiale ceramicznym zawartość SiO_2 w przeliczeniu na pierwiastek Si wynosi maksymalnie 25% masowych.