

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 245692 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **440541**

(22) Data zgłoszenia: **2022.03.03**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.10.17 BUP 42/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.09.23 WUP 39/2024**

(51) MKP:

B22C 3/00 (2006.01)

B22C 9/04 (2006.01)

B22C 7/02 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ
- KRAKOWSKI INSTYTUT TECHNOLOGICZNY,
Kraków, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**MAREK WAWRYŁAK, Kraków, PL
KRZYSZTOF WAŃCZYK, Kraków, PL
SEBASTIAN DZIEDZIC, Mietniów, PL
PIOTR WIELICZKO, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Marta Bartula-Toch, Kraków, PL

(54) Tytuł:

**Sposób wytwarzania tygla ceramicznego, zwłaszcza do indukcyjnego topienia stopów
żelaza, kobaltu i niklu**

PL 245692 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania tygla ceramicznego, zwłaszcza do topienia stopów żelaza, kobaltu i niklu.

Z opisu patentowego US8007712B2 znane są tygły ogniotrwałe, służące do topienia stopów tytanu. Tygły według opisu posiadają powłokę zewnętrzną zawierającą co najmniej jedną warstwę zewnętrzną, bazę zawierającą co najmniej jedną warstwę bazową i co najmniej jeden element wzmacniający nałożony na co najmniej jedną ze wspomnianych warstw. Element wzmacniający zawiera co najmniej jedną kompozycję wybraną spośród kompozycji ceramicznych, kompozycji metalicznych lub ich kombinacji.

Z opisu patentowego CN1126933C znana jest technologia wytwarzania tygla ceramicznego obejmująca wykonanie formy, przygotowanie tynku o określonej lepkości, nałożenie tynku na zewnętrzną powierzchnię formy i obsypanie jej suchym piaskiem, a następnie powtarzanie kolejnych kroków dla kolejnych warstw do momentu aż tygiel osiągnie zadaną grubość ścian. Tygiel uzyskany tym sposobem cechuje się tym, że pomiędzy drobkami piasku na jego ścianie znajdują się szczeliny zwiększające odporność na nagłe temperatury i zmienność warunków oraz zapobiegające pękaniu.

Istota rozwiązania według wynalazku polega na tym, że na model o kształcie odpowiadającym wnętrzu tygla w cyklu pierwszym zanurza się ciekłej masy ceramicznej o gęstości płynności wynoszącej od 28 s do 33 s, zawierającej roztwór krzemionki koloidalnej o wielkości cząstek od 5 nm do 20 nm i stężeniu od 25 do 35%, mączkę tlenku glinu Al_2O_3 kalcynowanego lub tabularnego o czystości min. 98% i uziarnieniu od 5 μm do 40 μm oraz środek powierzchniowo czynny, a następnie posypuje się piaskiem kalcynowanego lub tabularnego tlenku glinu Al_2O_3 o czystości min. 98% i uziarnieniu od 0,1 mm do 0,5 mm i pozostawia do wyschnięcia. Cykl pierwszy powtarza się jeszcze raz, tym razem zanurzając w ciekłej masie ceramicznej o gęstości płynności od 20 do 23 s. W cyklu drugim model z dwiema warstwami ceramicznymi zanurza się w ciekłej masie ceramicznej zawierającej roztwór krzemionki koloidalnej o wielkości cząstek od 5 nm do 20 nm i stężeniu od 25% do 35% oraz mączkę ceramiczną o składzie: dwutlenek krzemu SiO_2 w ilości od 60% do 70% i tlenek glinu Al_2O_3 w ilości od 30% do 40% o uziarnieniu od 10 μm do 40 μm w takiej ilości względem krzemionki, że gęstość płynności masy ceramicznej wynosi od 20 s do 28 s. Następnie model posypuje się piaskiem ceramicznym o wielkości ziaren od 0,9 mm do 1,5 mm o składzie: dwutlenek krzemu SiO_2 w ilości od 60% do 70%, tlenek glinu Al_2O_3 w ilości od 30% do 40% i pozostawia do wyschnięcia, po czym cykl drugi powtarza się do uzyskania pożądanej grubości ścianek tygla. Następnie tygiel umieszcza się w piecu komorowym rozgrzanym do temperatury od 170°C do 190°C i po czasie od 25 min do 30 min wyjmuje i mechanicznie usuwa model, po czym umieszcza ponownie w piecu i wypala w temperaturze od 1000°C do 1100°C przez okres od 30 min do 120 min. Korzystnie model wykonuje się z polistyrenu ekstrudowanego o wytrzymałości na ściskanie nie mniejszej niż 300 kPa i gęstości od 0,03 g/cm³ do 0,04 g/cm³. Korzystnie model wygładza się emulsją akrylową o stężeniu od 40% do 60%. Korzystnie wygładzanie emulsją akrylową wykonuje się dwukrotnie. Korzystnie mączka ceramiczna składa się z dwutlenku krzemu SiO_2 w ilości od 60% do 70% i tlenku glinu Al_2O_3 w ilości od 30% do 40%. Korzystnie piasek ceramiczny składa się z dwutlenku krzemu SiO_2 w ilości od 60% do 70% i tlenku glinu Al_2O_3 w ilości od 30% do 40%. Korzystnie ciekłe masy ceramiczne miesza się w czasie nie krótszym niż 24 h. ciekłe masy ceramiczne miesza się w czasie nie krótszym niż 24 h.

Zaletą opracowanego rozwiązania według wynalazku jest zastosowanie polistyrenu ekstrudowanego jako materiału modelowego, który w odróżnieniu od materiałów alternatywnych, takich jak воск, przy ogrzewaniu kurczy się, co zapobiega pękaniu ceramiki. Zastosowanie środka wygładzającego model skutkuje otrzymaniem tygla charakteryzującego się niewielką chropowatością wewnętrznej powierzchni. Krzemionka koloidalna spajająca ziarna ceramiczne umożliwia otrzymanie materiału charakteryzującego się po wygrzaniu dużą wytrzymałością mechaniczną, w tym wartość wytrzymałości na zginanie na poziomie 10 MPa. Natomiast zastosowanie tlenku glinu jako zasadniczego materiału stanowiącego wewnętrzną warstwę tygla skutkuje otrzymaniem zwartej ceramiki, co minimalizuje występowanie fizycznej i chemicznej erozji w kontakcie z ciekłym metalem. Przedstawione rozwiązanie umożliwia wytwarzanie tygli o różnych wielkościach i geometriach, a otrzymane tygły mogą służyć do topienia stopów zarówno w powietrzu lub gazie ochronnym, jak i pod próżnią.

Rozwiązanie według wynalazku przedstawiono poniżej w przykładach wykonania.

Przykład I

Przygotowany uprzednio model wykonany z polistyrenu ekstrudowanego o wytrzymałości na ściskanie min. 300 kPa i gęstości 0,035 g/cm³, odpowiadający wnętrzu docelowego tygla nakłada się poprzez zanurzenie warstwę emulsji akrylowej o stężeniu 30% i pozostawia do wyschnięcia. Następnie

czynność się powtarza. Wygładzony w ten sposób model zanurza się w ciekłej masie ceramicznej o następującym składzie:

- roztwór krzemionki koloidalnej (spoiwo) o wielkości cząstek w zakresie 5–15 nm i stężeniu 30%;
- mączka tlenku glinu kalcynowanego o czystości 99% i uziarnieniu w zakresie 5–40 μm w takiej ilości względem roztworu krzemionki, aby gęstość masy mierzona kubkiem Forda $\varnothing 6$ mm i pojemności 100 cm^3 wynosiła 30 s,
- środek powierzchniowo czynny w postaci niejonowego surfaktantu fluorowanego stanowiący 0,05% obj. względem roztworu krzemionki koloidalnej.

Po pokryciu ciekłą masą ceramiczną model szybko posypuje się piaskiem kalcynowanego tlenku glinu o czystości 99% i wielkości ziarna w zakresie 0,1–0,5 mm i pozostawia do wyschnięcia.

Powyższy cykl powtarza się jeden raz, przy czym gęstość masy wynosi 21 s.

Następnie model z nałożonymi dwiema warstwami ceramiki zanurza się w ciekłej masie ceramicznej o następującym składzie:

- roztwór krzemionki koloidalnej o wielkości cząstek w zakresie, 5–15 nm i stężeniu 30%;
- mączka ceramiczna o składzie: 60% SiO_2 , 40% Al_2O_3 i uziarnieniu w zakresie 10–40 μm w takiej ilości względem roztworu krzemionki, aby gęstość masy mierzona kubkiem Forda $\varnothing 6$ mm i pojemności 100 cm^3 wynosiła 24 s.

Po pokryciu ciekłą masą ceramiczną model szybko posypuje się piaskiem ceramicznym o składzie: 60% SiO_2 , 40% Al_2O_3 i wielkości ziarna w zakresie 0,9–1,5 mm i pozostawia do wyschnięcia.

Powyższy cykl powtarza się do uzyskania ścianek tygla o grubości 10 mm. Następnie model usuwa się poprzez umieszczenie w piecu komorowym z odciągami i ogrzewa do temperatury 185°C, przetrzymując w tej temperaturze przez 30 minut. Po tym czasie usuwa się mechanicznie model z tygla. Następnie tygiel ogrzewa się do temperatury 1050°C, stosując szybkość grzania 8°C/min i w tej temperaturze przetrzymuje 2 h, po czym studzi się z piecem do temperatury umożliwiającej jego bezpieczne wyjęcie z pieca.

Przykład II

Przygotowany uprzednio model wykonany z polistyrenu ekstrudowanego o wytrzymałości na ściskanie min. 300 kPa i gęstości 0,04 g/ cm^3 , odpowiadający wnętrzu docelowego tygla nakłada się poprzez zanurzenie warstwy emulsji akrylowej o stężeniu 30% i pozostawia do wyschnięcia. Następnie czynność się powtarza. Wygładzony w ten sposób model zanurza się w ciekłej masie ceramicznej o następującym składzie:

- roztwór krzemionki koloidalnej (spoiwo) o wielkości cząstek 5–15 nm i stężeniu 30%;
- mączka tlenku glinu tabularnego o czystości 98% i uziarnieniu w zakresie 10–40 μm w takiej ilości względem roztworu krzemionki, aby gęstość masy mierzona kubkiem Forda $\varnothing 6$ mm i pojemności 100 cm^3 wynosiła 32 s,
- środek, powierzchniowo czynny w postaci niejonowego surfaktantu fluorowanego stanowiący 0,1% obj. względem roztworu krzemionki koloidalnej.

Po pokryciu ciekłą masą ceramiczną model szybko posypuje się piaskiem tabularnego tlenku glinu o czystości 98% i wielkości ziarna w zakresie 0,3–0,5 mm i pozostawia do wyschnięcia.

Powyższy cykl powtarza się jeden raz, przy czym gęstość masy wynosi 20 s.

Następnie model z nałożonymi dwiema warstwami ceramiki zanurza się w ciekłej masie ceramicznej o następującym składzie:

- roztwór krzemionki koloidalnej o wielkości cząstek w zakresie 5–15 nm i stężeniu 30%;
- mączka ceramiczna o składzie: 65% SiO_2 , 35% Al_2O_3 i uziarnieniu w zakresie 10–40 μm w takiej ilości względem roztworu krzemionki, aby gęstość masy mierzona kubkiem Forda $\varnothing 6$ mm i pojemności 100 cm^3 wynosiła 22 s.

Po pokryciu ciekłą masą ceramiczną model szybko posypuje się piaskiem ceramicznym o składzie: 65% SiO_2 , 35% Al_2O_3 i wielkości ziarna w zakresie 1–1,5 mm i pozostawia do wyschnięcia.

Powyższy cykl powtarza się do uzyskania ścianek tygla o grubości 9 mm. Następnie model usuwa się poprzez umieszczenie w piecu komorowym z odciągami i ogrzewa do temperatury 180°C, przetrzymując w tej temperaturze przez 30 minut. Po tym czasie usuwa się mechanicznie model z tygla. Następnie tygiel ogrzewa się do temperatury 1100°C, stosując szybkość grzania 10°C/min i w tej temperaturze przetrzymuje 1,5 h, po czym studzi się z piecem do temperatury umożliwiającej jego bezpieczne wyjęcie z pieca.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania tygla ceramicznego, zwłaszcza do indukcyjnego topienia stopów żelaza, kobaltu i niklu polegający na tym, że na model o kształcie odpowiadającym wnętrzu tygla nanosi się kilka warstw materiału ceramicznego, **znamienny tym**, że w cyklu pierwszym model zanurza się w ciekłej masie ceramicznej o gęstości płynności wynoszącej od 28 s do 33 s, zawierającej roztwór krzemionki koloidalnej o wielkości cząstek od 5 nm do 20 nm i stężeniu od 25 do 35%, mączkę tlenku glinu Al_2O_3 kalcynowanego lub tabularnego o czystości min. 98% i uziarnieniu od 5 μm do 40 μm oraz środek powierzchniowo czynny, a następnie posypuje się piaskiem kalcynowanego lub tabularnego tlenku glinu Al_2O_3 o czystości min. 98% i uziarnieniu od 0,1 mm do 0,5 mm i pozostawia do wyschnięcia, po czym powtarza się cykl pierwszy jeszcze raz, tym razem zanurzając w ciekłej masie ceramicznej o gęstości płynności od 20 do 23 s, następnie w cyklu drugim model z dwiema warstwami ceramicznymi zanurza się w ciekłej masie ceramicznej zawierającej roztwór krzemionki koloidalnej o wielkości cząstek od 5 nm do 20 nm i stężeniu od 25% do 35% oraz mączkę ceramiczną o uziarnieniu od 10 μm do 40 μm w takiej ilości względem krzemionki, że gęstość masy ceramicznej wynosi od 20 s do 28 s, następnie model posypuje się piaskiem ceramicznym o wielkości ziaren od 0,9 mm do 1,5 mm i pozostawia do wyschnięcia, po czym cykl drugi powtarza się do uzyskania pożądanej grubości ścianek tygla, następnie tygiel umieszcza się w piecu komorowym rozgrzanym do temperatury od 170°C do 190°C i po czasie od 25 min do 30 min wyjmuje i mechanicznie usuwa model, po czym umieszcza ponownie w piecu i wypala w temperaturze od 1000°C do 1100°C przez okres od 30 min do 120 min.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że model wykonuje się z polistyrenu ekstrudowanego o wytrzymałości na ściskanie nie mniejszej niż 300 kPa i gęstości od 0,03 g/cm³ do 0,04 g/cm³.
3. Sposób według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że model wygładza się emulsją akrylową o stężeniu od 40% do 60%.
4. Sposób według zastrz. 3, **znamienny tym**, że wygładzanie emulsją akrylową wykonuje się dwukrotnie.
5. Sposób według zastrz. 1 lub 2 lub 3, **znamienny tym**, że mączka ceramiczna składa się z dwutlenku krzemu SiO_2 w ilości od 60% do 70% i tlenku glinu Al_2O_3 w ilości od 30% do 40%.
6. Sposób według zastrz. 1 lub 2 lub 3 lub 5, **znamienny tym**, że piasek ceramiczny składa się z dwutlenku krzemu SiO_2 w ilości od 60% do 70% i tlenku glinu Al_2O_3 w ilości od 30% do 40%.
7. Sposób według zastrz. 1 lub 2 lub 3, **znamienny tym**, że ciekłe masy ceramiczne miesza się w czasie nie krótszym niż 24 h.