

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **216806**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **390252**

(51) Int.Cl.
B22D 27/02 (2006.01)
C22F 3/02 (2006.01)
B22D 21/00 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **22.01.2010**

(54) **Sposób wytwarzania kompozytów gradientowych na osnowie metalowej
poprzez odlewanie w polu elektromagnetycznym**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
01.08.2011 BUP 16/11

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.05.2014 WUP 05/14

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
SŁAWOMIR GOLAK, Katowice, PL
ROMAN PRZYŁUCKI, Chorzów, PL
JÓZEF ŚLEZIONA, Imielin, PL

(74) Pełnomocnik:
recz. pat. Urszula Ziółkowska

PL 216806 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania kompozytów gradientowych na osnowie metalowej poprzez odlewanie w polu elektromagnetycznym.

Kompozyty gradientowe pozwalają wytwarzać wyroby lub półprodukty charakteryzujące się stopniową, przestrzenną zmianą takich właściwości, jak np.: przewodność cieplna, przewodność elektryczna, wytrzymałość i twardość. Dzięki możliwości ciągłej, jednorodnej zmiany ich struktury (i właściwości) unikamy niebezpieczeństwa powstawania lokalnych naprężeń w wypadku łączenia materiałów o znacząco różnych właściwościach.

W wypadku kompozytów gradientowych na osnowie metalowej dostępnymi technikami ich wytwarzania są metody metalurgii proszków, infiltracji ciśnieniowej oraz metody odlewnicze, poczynając od etapowego odlewania warstw kompozytowych, poprzez odlewanie grawitacyjne bazujące na sile wyporu, aż po zdobywające dużą popularność odlewanie odśrodkowe.

Rozwiązania te charakteryzują się jednak często dużą komplikacją procesu wytwarzania, złożonością jego oprzyrządowania, wymogiem stosowania materiałów zbrojenia i osnowy znacząco różniących się gęstością lub zapewniają jedynie jednokierunkowy gradient stężenia. Z tego powodu poszukuje się nowych sposobów wytwarzania tych materiałów. Jedną z dróg jest stosowanie pola magnetycznego do wymuszania migracji zbrojenia w metalu po zalaniu formy. Najprostszym rozwiązaniem jest wykorzystanie statycznego pola magnetycznego uzyskanego przy użyciu magnesu lub elektromagnesu do przyciągania w pożądanym kierunku cząstek zbrojenia w ciekłej osnowie. Wadą metody jest ograniczenie do zbrojenia z materiału zachowującego właściwości ferromagnetyczne w trakcie odlewania, co w zasadzie dyskwalifikuje metodę w wypadku kompozytów na osnowie metalowej z powodu przekroczenia temperatury Curie przez materiał zbrojenia.

Kolejnymi rozwiązaniami wytwarzania kompozytów opartym o zjawiska magnetyczne, tym razem wykorzystującymi działanie siły Lorentza, są odlewanie odśrodkowe w statycznym polu magnetycznym (prostopadłym do osi obrotu) i odlewanie grawitacyjne w wirującym polu elektromagnetycznym. W obu przypadkach uzyskana siła elektromagnetyczna, styczna do obwodu formy, intensyfikuje mieszanie ciekłego metalu i ujednorodnia stężenie zbrojenia, ale nie jest wykorzystywana do uzyskania jego segregacji.

Kolejny proces, który wykorzystuje działanie siły Lorentza do uzyskania gradientu stężenia zbrojenia, opiera się na różnicy pomiędzy rezystywnością elektryczną metalu osnowy i materiału zbrojenia. Siły elektromagnetyczne działające na metal wytwarzają w nim gradient ciśnienia o kierunku zgodnym z kierunkiem działania siły Lorentza, skutkujący przeciwnym kierunkiem działania siły wyporu elektromagnetycznego na cząstki zbrojenia. Jednocześnie w wypadku cząstek przewodzących siła elektromagnetyczna Lorentza działa bezpośrednio na zbrojenie. O kierunku ruchu cząstek zbrojenia decyduje, która z sił (wyporu lub elektromagnetyczna) przeważa, a to zależy od względnej rezystywności osnowy i zbrojenia. W wypadku cząstek o większej rezystywności od metalu osnowy dominuje siła wyporu i cząstki poruszają się w kierunku odwrotnym do działania siły elektromagnetycznej, dla rezystywności mniejszej kierunek ich ruchu jest zgodny. Wszystkie opisywane dotychczas w literaturze naukowej metody wytwarzania kompozytów gradientowych opartych o to zjawisko wykorzystywały stałe pole magnetyczne wytwarzane przez magnes (ewentualnie elektromagnes) oraz wymuszenie przepływu prądu stałego przez ciekły metal przy pomocy katody i anody. Rozwiązanie to ma dwie podstawowe wady: pozwala uzyskać jedynie liniowy gradient stężenia zbrojenia, ograniczając zakres możliwych zastosowań oraz wiąże się z problemem korozji anody i katody w nieprzyjnym środowisku stopionego metalu.

W sposobie według wynalazku wykorzystuje się działanie siły Lorentza i wyporu elektromagnetycznego na osnowę i zbrojenie o różnej rezystywności przy jednoczesnej eliminacji wad wcześniejszej metody.

Sposób według wynalazku polega na tym, że do ciekłego metalu wprowadza się materiał zbrojenia o określonej granulacji. Następnie metal poddaje się mieszanemu w celu ujednorodnienia stężenia zbrojenia. Tak przygotowaną zawiesinę kompozytową zalewa się grawitacyjnie lub ciśnieniowo formę odlewniczą z materiału nieprzewodzącego odtwarzającą kształt gotowego wyrobu lub półproduktu. Metal w formie poddaje się działaniu wytwarzanego przez wzbudnik zmiennego pola elektromagnetycznego indukującego w metalu prądy wirowe. Interakcja prądów wirowych w metalu oraz indukcji magnetycznej wytwarzanej przez wzbudnik powoduje powstanie siły Lorentza działającej (w kierunku prostopadłym do kierunku indukcji i kierunku prądu) na ciekły metal i cząstki zbrojenia (jeżeli są z ma-

teriału przewodzącego). Mechanizm ruchu cząstek zbrojenia opiera się na wzajemnym stosunku przeciwstawnych sił wyporu elektromagnetycznego i sił elektromagnetycznych bezpośrednio działających na cząstki.

Podstawą działania sposobu według wynalazku jest uzyskanie takiego rozkładu pola elektromagnetycznego w odlewie, aby uzyskać wypór elektromagnetyczny działający na cząstki nieprzewodzące lub siłę elektromagnetyczną działającą na cząstki przewodzące, w kierunku pożądanej migracji zbrojenia przy jednoczesnym uniknięciu mieszania metalu dążącego do ponownego ujednorodnienia stężenia zbrojenia. Można to uzyskać poprzez jednoczesne lub samodzielne (w zależności od geometrii odlewu) wykorzystanie:

- rdzeni magnetycznych;
- uzupełnienia formy ceramicznej elementami z metalu o tej samej rezystywności, co metal osnowy, ale wyższej temperaturze topienia;
- uzupełnienia formy ceramicznej o układ traconych nadlewów wyrównujących rozkład pola elektromagnetycznego;
- zastosowanie dedykowanej geometrii wzbudnika.

Po uzyskaniu zakładanego rozkładu zbrojenia, początkowa wysoka wartość natężenia prądu zasilania wzbudnika pozwalająca uzyskać pożądaną szybkość migracji zbrojenia jest zredukowana do wartości zapewniającej utrzymanie segregacji zbrojenia, przy jednoczesnym zmniejszeniu wydzielania ciepła Joule'a w odlewie poniżej ilości ciepła oddawanej poprzez ściany formy, co umożliwi zastygnięcie metalu.

Sposób wytwarzania kompozytów gradientowych charakteryzuje się następującymi zaletami: pozwala uzyskiwać linowy lub radialny (dla odlewów o symetrii osiowej) gradient stężenia zbrojenia; nie wymaga wprowadzenia formy odlewniczej w ruch; pozwala zastosować zalewanie grawitacyjne i ciśnieniowe; jest metodą bezkontaktową, prąd w metalu jest wymuszany indukcyjnie, nie występuje problem korozji katody i anody; pozwala uzyskać gradient stężenia w wypadku zbliżonych gęstości materiałów osnowy i zbrojenia; pozwala uzyskać gradient stężenia dla cząstek zbrojenia zarówno o wyższej, jak i niższej rezystywności niż metal osnowy; poprzez dobór czasu działania, natężenia oraz częstotliwości (a tym samym głębokości wnikania) pola elektromagnetycznego, pozwala na znacznie większą swobodę sterowania stężeniem zbrojenia w kierunku jego gradientu w stosunku do odlewania odśrodkowego i grawitacyjnego.

Sposób według wynalazku objaśniono w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat układu odlewania tulei kompozytowej uzupełnionej o dwa tracone elementy, fig. 2 układ odlewania tulei w formie uzupełnionej o dwa elementy przewodzące, a fig. 3 układ odlewania tulei o specjalizowanej geometrii wzbudnika.

W celu wytworzenia tulei kompozytowej **1** ze stopu aluminium zbrojonego proszkiem ceramicznym Al_2O_3 o zlokalizowanym przy zewnętrznej powierzchni tulei należy zastosować jeden z w/w układów. Ponieważ Al_2O_3 charakteryzuje się znacznie większą rezystywnością niż stop aluminium, głównym mechanizmem migracji zbrojenia będzie wypór elektromagnetyczny. Po zalaniu wygrzanej formy **2** wcześniej przygotowaną zawiesziną kompozytową wzbudnik **3** zostaje zasilony prądem zmiennym o częstotliwości zasilania na tyle niskiej, aby zapewnić wniknięcie pola elektromagnetycznego przez całą grubość tulei i natężeniu zapewniającym szybkie przemieszczenie cząstek zbrojenia. W celu uzyskania jednorodnego rozkładu pola elektromagnetycznego w odlewie, a tym samym uniknięciu w jego obrębie mieszania ciekłego metalu można zastosować jedno z następujących rozwiązań:

Fig. 1 - uzupełnienie odlewu o dwa tracone nadlewy **5** odcinane po zakrzepnięciu tulei **1** wsparte przez zastosowanie rdzenia magnetycznego **4**,

Fig. 2 - uzupełnienie formy **2** o dwa elementy przewodzące **6** z materiału o rezystywności zbliżonej do rezystywności osnowy (np. miedzioniklu CuNi5 dla stopu aluminium) wsparte przez zastosowanie rdzenia magnetycznego **4**,

Fig. 3 - zastosowanie specjalizowanej geometrii wzbudnika **3** zapewniającej wyrównanie pola elektromagnetycznego przy górnej i dolnej krawędzi tulei **1**.

Po uzyskaniu pożądanej segregacji zbrojenia (kilka sekund) początkowe, duże natężenie prądu jest zredukowane do wartości zapewniającej utrzymanie zbrojenia przy zewnętrznej ścianie tulei, przy jednoczesnej redukcji ilości ciepła Joule'a wydzielanego we wsadzie poniżej ilości ciepła oddawanego przez odlew do otoczenia, co umożliwia jego zastygnięcie.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania kompozytu gradientowego na osnowie metalowej, **znamienny tym**, że do ciekłego metalu wprowadza się materiał zbrojenia o innej rezystywności niż osnowa i poddaje się mieszaniu w celu ujednorodnienia, tak przygotowaną zawiesziną kompozytową zalewa się grawitacyjnie lub ciśnieniowo formę odlewniczą z materiału nieprzewodzącego, a następnie zawieszinę poddaje się działaniu zmiennego pola elektromagnetycznego powodującego powstanie sił Lorenza i wyporu elektromagnetycznego, których łączne działanie powoduje migrację cząstek zbrojenia w pożądanym kierunku, po czym w obecności tego pola następuje zakrzepnięcie odlewu.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jednorodny rozkład sił elektromagnetycznych zapobiegający mieszaniu metalu uzyskuje się poprzez stosowanie dodatkowych elementów formy z materiału o zbliżonej rezystywności do ciekłego metalu osnowy i wyższej temperaturze topienia.

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jednorodny rozkład sił elektromagnetycznych zapobiegający mieszaniu uzyskuje się przez stosowanie dodatkowych traconych nadlewów.

4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jednorodny rozkład sił elektromagnetycznych zapobiegający mieszaniu uzyskuje się przez stosowanie specjalizowanej geometrii wzbudnika.

5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że po uzyskaniu pożądanej migracji cząstek zbrojenia redukuje się początkowe, duże natężenie pola elektromagnetycznego do wartości pozwalającej utrzymać gradient stężenia przy jednoczesnej redukcji ilości ciepła Joule'a wytwarzanego w odlewie, ułatwiając jego zakrzepnięcie.

Rysunki

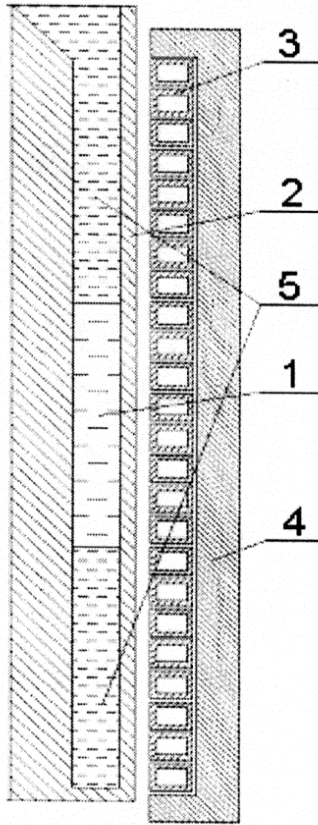


Fig.1

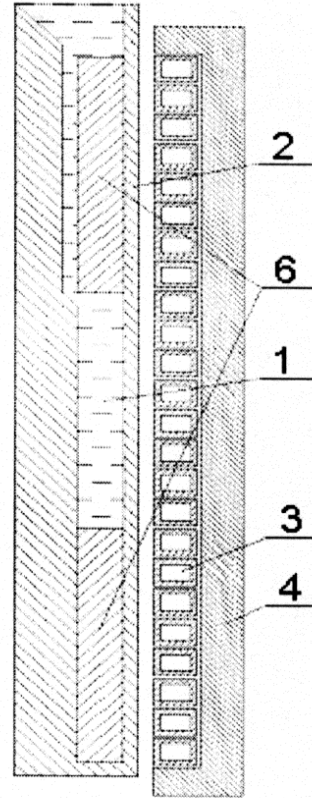


Fig.2

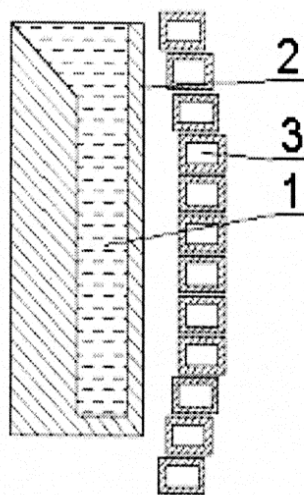


Fig.3

