

## Sposób wytwarzania odlewów kompozytowych o osnowie metalowej zbrojonych strefowo cząstkami przy wewnętrznej ścianie

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania odlewów kompozytowych o osnowie metalowej zbrojonych strefowo cząstkami przy wewnętrznej ścianie

Kompozyty o osnowie metalowej, w których celowo uzyskuje się niejednorodny rozkład zbrojenia mają wiele potencjalnych zastosowań w przemyśle motoryzacyjnym, lotniczym czy maszynowym. Powodem jest możliwość sterowania w tych materiałach przestrzennym rozkładem właściwości, takich jak np. twardość czy przewodność cieplna. Materiały pozwalają na wytworzenie produktów lżejszych, trwalszych lub o lepszych cechach użytkowych.

Dotychczas opracowano wiele różnych metod wytwarzania tego rodzaju kompozytów. Jednakże przyjmuje się, że jedną z bardziej efektywnych i najtańszych jest metoda odlewnicza, w której wykorzystuje się różne siły fizyczne do wymuszenia migracji w ciekłej osnowie cząstek zbrojenia. Do najpopularniejszych należą metody wykorzystujące różnicę gęstości materiałów zbrojenia i osnowy, przede wszystkim: sedymentacja grawitacyjna i odlewanie środkowe (np. patent EP 1027197A). W przypadku, gdy cząstki zbrojenia mają większą gęstość od metalu osnowy kierunek ich przemieszczenia jest zgodny z kierunkiem działania siły grawitacji lub odśrodkowej. W przeciwnym przypadku cząstki są przemieszczane zgodnie z kierunkiem działania siły wyporu grawitacyjnego lub odśrodkowego. Ta druga sytuacja w przypadku najpowszechniej stosowanych kompozytów o osnowie z metali lekkich zbrojonych cząstkami występuje dość rzadko, na przykład przy stosowaniu jako zbrojenia cząstek z grafitu lub węgla szklistego. W przypadku popularnych rozwiązań technicznych, takich jak cylindry silników, sprzężarek, wnętrza kanałów czy łożyska ślizgowe przydatna byłaby możliwość uzyskania zwiększonego stężenia zbrojenia przy wewnętrznej powierzchni, jednakże dla większości kombinacji materiału osnowy i zbrojenia nie jest możliwe uzyskanie tego efektu w oparciu o odlewanie odśrodkowe.

Xu zaproponował wykorzystanie w wytwarzaniu kompozytów gradientowych metodą odlewniczą wyporu elektromagnetycznego (Z. Xu, T. Li, and Y. Zhou, "An in situ surface composite produced by

electromagnetic force,” Mater. Res. Bull., vol. 35, pp. 2331–2336, 2000). Metoda ta polegała na wymuszeniu przepływu prądu stałego przez odlew w stanie ciekłym w obecności statycznego pola magnetycznego. W wyniku działania siły Lorentza (w kierunku ortogonalnym do kierunku przepływu prądu i kierunku indukcji) na ciekłą, metaliczną osnowę kompozytu powstawała działająca w przeciwnym kierunku na nieprzewodzące, ceramiczne cząstki siła wyporu elektromagnetycznego. Metoda ta, rozwijana w kolejnych pracach, zapewnia funkcjonalność analogiczną do funkcjonalności grawitacyjnej metody segregacji zbrojenia, wymagając w miejsce różnicy w gęstości zbrojenia i osnowy, różnicy w konduktywności tych materiałów.

Zaproponowany w zgłoszeniu P. 390252 sposób wytwarzania kompozytów gradientowy opiera się o ten sam mechanizm, ale wykorzystuje zmienne pole elektromagnetyczne wytwarzane przez owinięty wokół formy cylindryczny wzbudnik. Pozwoliło to na bezkontaktowe wymuszenie przepływu prądów wirowych w ciekłym metalu, których interakcja ze zmiennym polem magnetycznym wytwarzała siłę Lorentza ściskającą osnowę w kierunku osi odlewu, wywołując wypór elektromagnetyczny przemieszczający cząstki w kierunku zewnętrznej ściany. Metoda ta dostarcza funkcjonalność analogiczną do funkcjonalności metody odlewania odśrodkowego dla kompozytu, w którym zbrojenie ma większą gęstość od osnowy, czyli pozwala uzyskać zbrojenie przy zewnętrznej ścianie, w związku z tym nie rozwiązuje zagadnienia zbrojenia odlewu przy ścianie wewnętrznej (kanału wewnątrz odlewu).

Sposób według wynalazku polega na tym, że do wewnętrznego kanału nagrzanego do temperatury zalewania formy z materiału niemagnetycznego odtwarzającej kształt produktu lub pół produktu wprowadza się wewnętrzny, cylindryczny wzbudnik i zasila się go prądem przemiennym o częstotliwości dobranej w zależności od materiału i geometrii odlewu. Następnie wcześniej przygotowaną zawieszinę cząstek w ciekłym metalu lub stop zbrojony in-situ w wyniku reakcji pomiędzy jego składnikami wlewa się (grawitacyjnie, ciśnieniowo lub odśrodkowo) do formy i poddaje działaniu pola elektromagnetycznego. Zastosowanie wzbudnika wewnętrznego wprowadzonego do kanału formy powoduje wytworzenie pola sił elektromagnetycznych

skierowanych na zewnątrz. Powstała w wyniku tego siła wyporu elektromagnetycznego przemiesza cząstki w żądanym kierunku ku wewnętrznej ścianie odlewu. Następnie odcina się zasilanie wzbudnika i pozostawia formę do wystygnięcia. W celu ograniczenia efektu sedymentacji grawitacyjnej zbrojenia oraz zaniku jego segregacji w wyniku przepływu metalu można zwiększyć szybkość ochładzania formy i przyspieszyć zakrzepnięcie odlewu poprzez natryskiwanie z zewnątrz i/lub wewnątrz wodą, inną cieczą chłodzącą lub przez wymuszony przepływ powietrza. W przypadku zastosowania mniejszych cząstek zbrojenia zaburzenie pola powodujące mieszanie metalu niweczące żądany efekt segregacji zbrojenia, może zostać wyprowadzone z obszaru odlewu poprzez zastosowanie przewodzących elementów formy o konduktywności zbliżonej do konduktywności zawiesziny kompozytowej w chwili jej wlewania do formy. Geometria tych elementów powinna dwustronnie przedłużać w sensie elektromagnetycznym ścianę i warstwę przyścienną zbrojonego kanału. Dodatkowo w przypadku małych rozmiarów cząstek zbrojenia, które trudniej ulegają segregacji, w miejsce standardowego, jednorodnego wzbudnika można zastosować wzbudnik niejednorodny o większych odstępach zwojów w jego środkowej części. Pozwala to zniwelować zjawisko większego natężenia pola elektromagnetycznego (a więc i wartości sił) w środkowej części odlewu, co powoduje niepożądane mieszanie ciekłego metalu. Rozmiary poszczególnych odstępów zwojów muszą zostać dobrane z uwzględnieniem geometrii odlewu, konduktywności zawiesziny lub stopu oraz częstotliwości zasilania wzbudnika.

Przykład:

Sposób według wynalazku objaśniono na rysunku.

W celu wytworzenia w procesie odlewania tulei ze stopu aluminium AK12 o średnicy zewnętrznej 100 mm, wysokości 100 mm i grubości ścianki 8 mm zbrojonej cząstkami SiC o średnicy 50µm przy ścianie wewnętrznej należy nagrzaną do temperatury 500 °C formę gipsową **2** z wewnętrznym kanałem **4** nałożyć na wzbudnik **6** o średnicy zewnętrznej 60 mm i wysokości 300 mm wykonany z litego profilu o przekroju kwadratowym 6x6 mm. Forma wyposażona jest w dwa elementy **1** z miedzioniklu CuNi25 o konduktywności zbliżonej do konduktywności ciekłego stopu aluminium wydłużające w sensie

elektromagnetycznym odlew. Wzbudnik zasila się prądem o natężeniu 1000 A i częstotliwości 1000 Hz. Następnie wcześniej przygotowaną zawieszinę kompozytową wlewa się do formy z układu wlewowego przez kanały 5 ( odpowietrzenie formy jest realizowane przez kanały 7) i poddaje działaniu pola przez 3 s. Po wyłączeniu zasilania wzbudnika odlew 3 pozostawia się do zastygnięcia.

POCIECHENKA SIŁKA  
Rzecznik Patentowy  
Główny Specjalista

inż Urszula ZIÓLKOWSKA

