

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **233811**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **423811**

(22) Data zgłoszenia: **11.12.2017**

(51) Int.Cl.

**H05B 6/32 (2006.01)**

**H05B 6/36 (2006.01)**

(54)

**Urządzenie do wieloskalowego topienia lewitacyjnego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**17.06.2019 BUP 13/19**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**29.11.2019 WUP 11/19**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**SŁAWOMIR GOLAK, Katowice, PL**

**ROMAN PRZYŁUCKI, Chorzów, PL**

**PIOTR CIEPLIŃSKI, Siemianowice Śląskie, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Katarzyna Borkowy**

**PL 233811 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do wieloskalowego topienia lewitacyjnego zwłaszcza wsadów metalowych o masie powyżej 0,5 kg, mające zastosowanie w topieniu metali reaktywnych i trudnotopliwych.

Topienie lewitacyjne z punktu widzenia czystości materiału jest najlepszą metodą topienia metali. Mimo że istnieją już techniczne sposoby topienia lewitacyjnego, jednak do chwili obecnej brak jest doniesień na temat urządzeń pozwalających na topienie wsadów o masie powyżej 0,5 kg, co znacząco ogranicza zakres praktycznych zastosowań tej technologii.

Proces topienia lewitacyjnego opiera się o działanie na wsad siły elektromagnetycznej Lorentza, która powstaje w wyniku interakcji zmiennego pola elektromagnetycznego wytworzonego przez cewkę otaczającą wsad z wydrukowanymi przez nią we wsadzie prądami wirowymi.

Dotychczas opracowane rozwiązania wykorzystują głównie pionowy układ cewki, która generuje zorientowane w pionie pole magnetyczne. Niedogodnością powyższego rozwiązania jest zanikanie pola magnetycznego w pobliżu osi układu. Powoduje to brak działania sił podpierających od dołu wsadu w tym obszarze. W przypadku małych wsadów wyciek ciekłego metalu w tej strefie jest powstrzymywany siłami napięcia powierzchniowego ciekłego metalu. Po przekroczeniu granicznej wielkości wsadu siły napięcia powierzchniowego metalu nie są w stanie zrównoważyć ciśnienia hydrostatycznego i następuje wypłynięcie metalu z układu. Zjawisko to ogranicza możliwość stosowania dotychczasowych urządzeń tylko do topienia małych, najczęściej nieprzydatnych technologicznie wsadów.

Dotychczas opracowano kilka rozwiązań układów topienia lewitacyjnego.

Z amerykańskiego opisu patentowego US2686864 znane są różne warianty geometrii zorientowanej pionowo cewki. W innym amerykańskim patencie US5889813A znany jest układ topienia lewitacyjnego z pionową cewką i zimnym tygłem. W przytoczonych rozwiązaniach stosowano cewki w orientacji pionowej, co stanowiło problem obecności martwej strefy pola elektromagnetycznego w pobliżu osi i wycieku w tym obszarze metalu w przypadku dużych wsadów, w których ciśnienie hydrostatyczne ciekłego metalu nie może być już zniwelowane przez jego napięcie powierzchniowe.

Rozwiązanie powyższego problemu zostało zaproponowane w amerykańskim patencie US5003551A, który opiera się na wykorzystaniu klasycznej pionowej cewki uzupełnionej rdzeniem w kształcie litery C z nawiniętą drugą cewką. Rdzeń jest położony prostopadle do pionowej osi cewki i wytwarza poziome pole magnetyczne, które ma na celu zapobieżenie wyciekowi metalu z układu dzięki likwidacji martwej strefy działania sił elektromagnetycznych istniejącej w osi pierwszej cewki. Niedogodnością rozwiązania jest duża odległość między wsadem a cewką generującą pole o poziomej orientacji, przez co siła tego pola jest osłabiona i nie jest ono w stanie zniwelować działania ciśnienia hydrostatycznego w ciekłym metalu dla większych wsadów.

W pracy [Spitans, S., Baake, E., Nacke, B., & Jakovičs, A. (2015). New technology for large scale electromagnetic levitation melting of metals. *Magnetohydrodynamics*, 51(1)] zaproponowano rozwiązanie wykorzystujące pole magnetyczne o poziomej orientacji. Konstrukcja urządzenia przedstawiona w tej publikacji składa się z dwóch prostopadłych do siebie par cewek nawiniętych na ferrytowych rdzeniach, co zapobiega wypłynięciu metalu w dół. W celu niwelacji obecnych w tym układzie martwych stref na bokach wsadu zastosowano dwuczęstotliwościowe zasilanie cewek. Niedogodnością rozwiązania jest skomplikowany układ zasilania oraz problemy z utrzymaniem stabilności ciekłego wsadu.

Celem wynalazku jest umożliwienie topienia wsadów metalowych o dużej masie, w których wyciek metalu powodowany obecnością martwej strefy pola elektromagnetycznego z uwagi na wysokie wartości ciśnienia hydrostatycznego nie może być powstrzymany przez siły napięcia powierzchniowego ciekłego metalu.

Urządzenie do wieloskalowego topienia lewitacyjnego według wynalazku charakteryzuje się tym, że zbudowane jest z poziomej cewki z dodatkowymi zwojami osadzonymi na obu jej końcach i uniesionymi do góry w celu zapobieżeniu wyciekowi ciekłego metalu, przy czym cewka owinięta jest wokół wsadu usytuowanego w dolnej jej części.

Przedmiot wynalazku przedstawiono w przykładach wykonania na rysunkach, gdzie fig. 1 przedstawia przekrój wzdłużny cewki urządzenia do topienia lewitacyjnego, fig. 2 przedstawia kształt pojedynczego zwoju dla wariantu podstawowego, fig. 3 przedstawia trapezowy kształt pojedynczego zwoju dla modyfikacji układu podstawowego, zaś fig. 4 – modyfikację urządzenia wykorzystującą zimny tygiel.

Urządzenie według wynalazku składa się z poziomej cewki 1 owiniętej wokół topionego, podłużnego wsadu 2. Cewka 1 wytwarzająca poziome pole magnetyczne jest zasilana źródłem prądu zmiennego 3 o częstotliwości i natężeniu zależnych od wielkości i materiału wsadowego. Wsad 2 umieszczony jest asymetrycznie względem osi cewki 1, bliżej jej dołu. Powoduje to powstanie większych wartości sił elektromagnetycznych (czarne strzałki na rysunku) działającej na dolną powierzchnię wsadu 2 w stosunku do sił działających na jego górną powierzchnię. Wypadkowa tych sił skierowana ku górze powoduje zniesienie działania siły grawitacji i lewitację wsadu 2. Jednocześnie siły działające z boku wsadu 2, prostopadłe do jego osi (czarne strzałki na fig. 2 i 3) zapobiegają jego rozlewaniu na boki.

Zastosowanie standardowej, cylindrycznej cewki powodowałoby powstanie martwej strefy pola na końcach podłużnego wsadu 2 i wyciek ciekłego metalu w kierunkach równoległych do osi tej cewki 1. Uniesienie końcowych zwojów 4 cewki 1 powoduje zagięcie w tym obszarze pola indukcji magnetycznej i powstanie sił elektromagnetycznych działających na końce wsadu 2 w kierunku równoległym do jego osi. Siły te zapobiegają wyciekowi ciekłego metalu.

W wyjściowym wariantcie zaproponowano zastosowanie cewki 1 o cylindrycznych zwojach fig. 2. W rozwiązaniu tym pionowe nie zrównoważenie sił unoszące wsad 2 powstaje w wyniku przybliżenia wsadu 2 do dolnej powierzchni cewki 1. Na fig. 3 zaproponowano modyfikację, polegającą na zastosowaniu cewki 1 ze zwojami 4 o niesymetrycznym, trapezowym kształcie. Dzięki oddaleniu tą drogą od wsadu 2 górnej powierzchni cewki 1 i przybliżeniu dolnej, uzyskujemy większe pionowe nie zrównoważenie sił i możliwość uniesienia wsadów o większej masie.

Na fig. 4 przedstawiono modyfikację urządzenia, w którym pole elektromagnetyczne wytwarzane przez cewkę 1 może być przekazywane do wsadu 2 za pośrednictwem zimnego tygla 5 o kształcie odwzorowującym wewnętrzny kształt cewki (w przekroju wzdłużnym i poprzecznym). Nacięcia 6 w ścianie tygla 5 umożliwiają transfer indukowanych przez cewkę 1 na zewnętrznej powierzchni tygla 5 prądów wirowych na jego powierzchnię wewnętrzną. Prądy wirowe na wewnętrznej powierzchni tygla 5 generują pole magnetyczne oddziałujące na wsad 2. Rozwiązanie to zapewnia ochronę cewki 1 przed zwarciem w wyniku kontaktu z ciekłym metalem oraz koncentrację pola magnetycznego w przestrzeni roboczej urządzenia.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest brak obecności w układzie martwych stref, w których ciśnienie hydrostatyczne ciekłego metalu nie byłoby niwelowane przez działanie sił elektromagnetycznych i w których następowałby wyciek metalu w przypadku wsadów o dużych masach.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do wieloskalowego topienia lewitacyjnego zwłaszcza wsadów metalowych o masie powyżej 0,5 kg, **znamiennie tym**, że zbudowane jest z poziomej cewki (1) z dodatkowymi zwojami (4) osadzonymi na obu jej końcach i uniesionymi do góry w celu zapobieżenia wyciekowi ciekłego metalu, przy czym cewka (1) owinięta jest wokół wsadu (2) usytuowanego w dolnej jej części.
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że zwoje (4) mają kształt cylindryczny lub są niesymetryczne i mają kształt zaokrąglonego trapezu o mniejszym promieniu dolnym i większym promieniu górnym w celu zwiększenia unoszącego wsad (2) pionowego nie zrównoważenia sił elektromagnetycznych.
3. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że pomiędzy cewką (1) i zwojami (4) osadzony jest zimny tygiel (5) z nacięciami (6) w ścianie, które umożliwiają przepływ indukowanych przez cewkę (1) na zewnętrznej powierzchni tygla (5) prądów wirowych na jego powierzchnię wewnętrzną, a tym samym transfer pola elektromagnetycznego.

## Rysunki

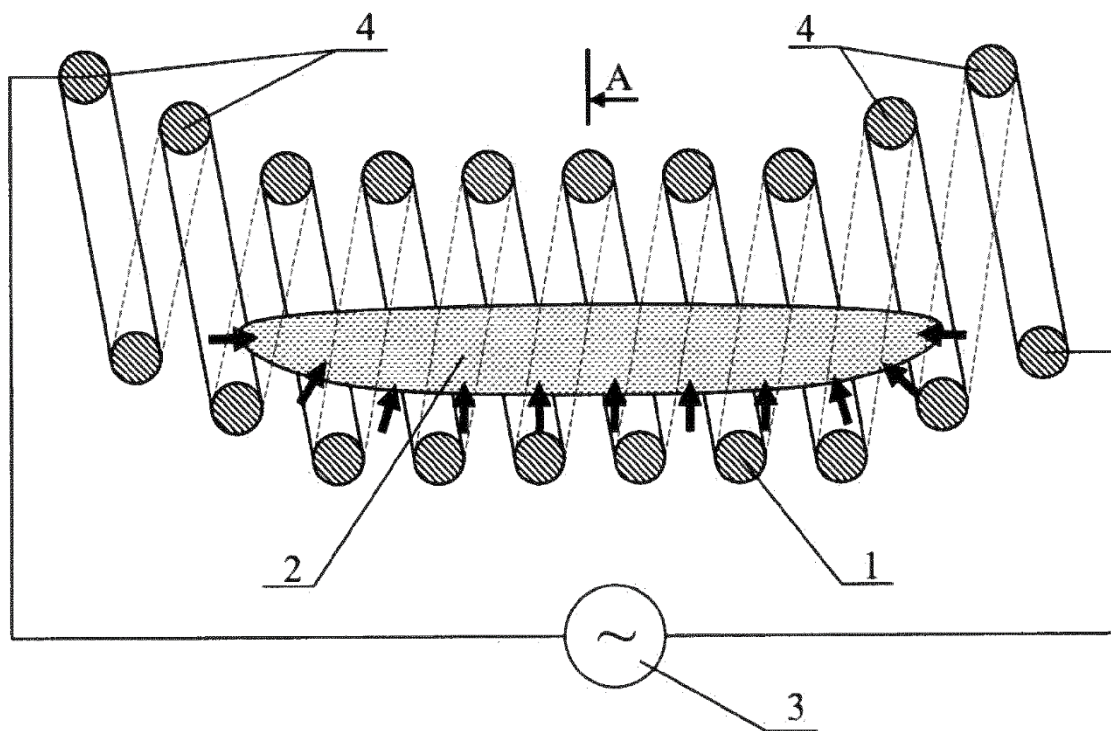


Fig. 1

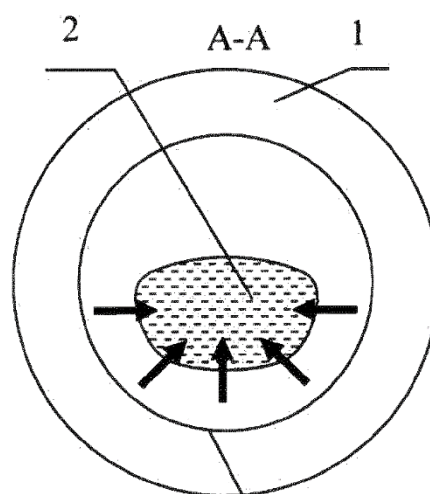


Fig. 2

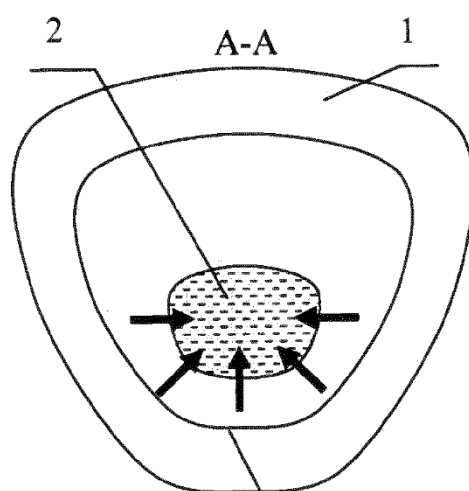


Fig. 3

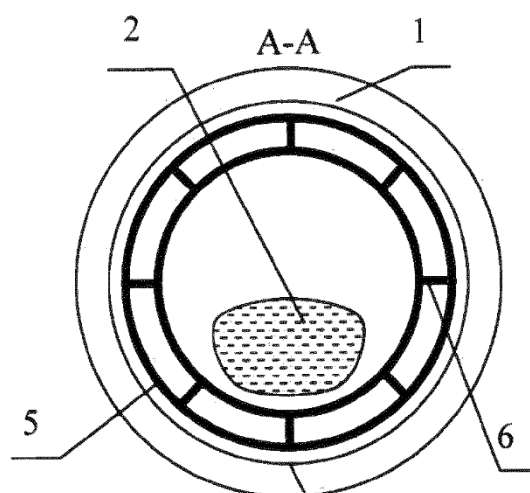


Fig. 4

