



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **100518** (13) **C2**

(51) МПК (2013.01)

**B22D 27/02** (2006.01)

**B22D 11/115** (2006.01)

**H05B 6/34** (2006.01)

**B22D 1/00**

**B22D 27/20** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2010 00806**

(22) Дата подання заявки: **27.01.2010**

(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: **10.01.2013**

(41) Публікація відомостей про заявку: **10.08.2011, Бюл.№ 15**

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **10.01.2013, Бюл.№ 1**

(72) Винахідник(и):

**Фікссен Владислав Миколайович (UA),  
Дубодєлов Віктор Іванович (UA),  
Слажнєв Микола Андрійович (UA)**

(73) Власник(и):

**ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ  
АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ,  
бул. Вернадського, 34/1, м. Київ-142, МСП,  
03680 (UA)**

(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:

US 6240120 B1, 29.05.2001  
US 3790145 A, 05.02.1974  
WO 2004058433 A2, 15.07.2004  
DE 2814564 A1, 19.10.1978  
UA 29454 U, 10.01.2008  
UA a200812666, 10.06.2009  
UA 86725 C2, 12.05.2009  
SU 835630 A1, 07.06.1981  
SU 965319 A1, 15.07.1988

## (54) СПОСІБ ПРИГОТУВАННЯ РІДКОТВЕРДОГО МЕТАЛЕВОГО РОЗПЛАВУ З ВИРОДЖЕНИМИ ДЕНДРИТАМИ

(57) Реферат:

Винахід належить до ливарного виробництва і стосується отримання рідкотвердого металевго розплаву з виродженими дендритами, який має реологічні властивості. Спосіб включає перемішування і термостатування розплаву до температури ліквідус одночасно індукційним струмом та електромагнітними силами, порушуваними в об'ємі розплаву в місткості магнітодинамічної установки, оснащеної електромагнітною системою, та наступне інтенсивне перемішування електромагнітними силами, створюваними додатковим зовнішнім індуктором магнітного поля, і доведення температури розплаву нижче температури ліквідус. Перемішування проводять під рівнем розплаву з регульованою потужністю. Технічний результат: рівномірно розподілені в об'ємі металу вироджені дендрити, висока продуктивність.

UA 100518 C2

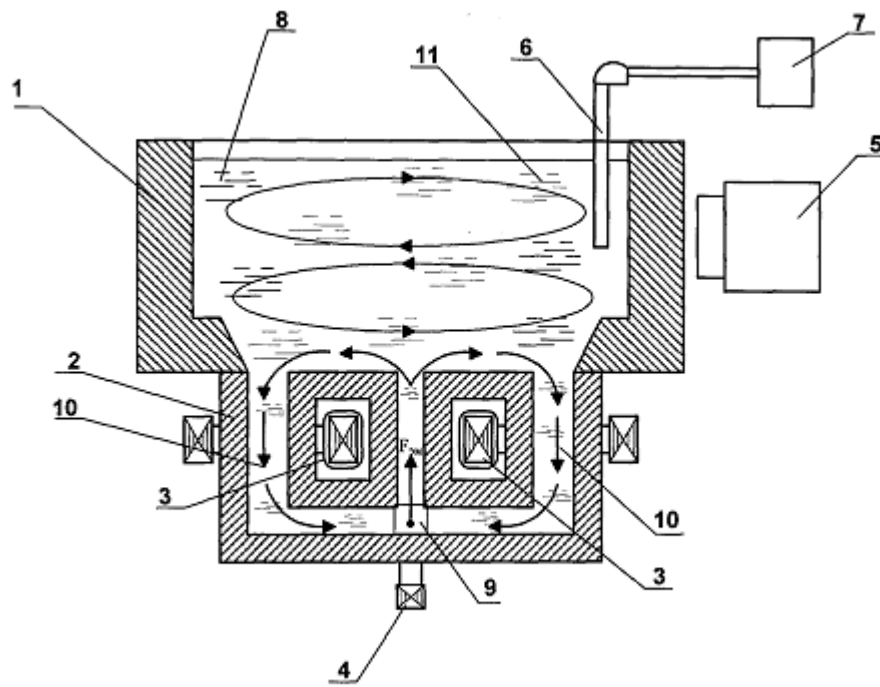


Fig. 1

Винахід належить до ливарного виробництва, а саме до отримання початкового металу з реологічними властивостями.

Відомо, що інтенсивне перемішування металевого розплаву при температурі нижче за температуру ліквідус сприяє подрібненню і глобуляризації зерна в литій заготовці.

5 Найпоширеніші процеси для прямого реолиття, як правило, включають механічне перемішування розплаву і подальше охолодження та інтенсивне перемішування суміші до стану металевої суспензії.

Відомі способи отримання металевих суспензій з властивостями реологій шляхом дії модульованого у просторі магнітного поля (див. патенти Франції 2623210, МПК C22C1/00, C22F3V02 і 2628994, МПК B22D11/10, B22D27/02). Магнітне поле, що обертається, створює зсуючі напруги в сплаві, температура якого нижче за точку ліквідус. При цьому, для створення електромагнітних сил застосовують конструкцію з електромагнітів, що обертаються, або використовують магнітне поле змінного струму, що біжить, в стаціонарному магнітному сердечнику.

15 Тут інтенсивність перемішування - головний параметр для отримання потрібної структури. Якщо зсуючі зусилля прикладати до завершення кристалізації рідкої фази, спостерігається помітне огрублення зерна. При сповільненій швидкості перемішування утворюється неоднорідна структура.

Недоліком такого технічного рішення є те, що гідродинаміка потоків в об'ємі і на периферії ванни розплаву істотно відрізняється, що не дозволяє отримати однакову структуру у всьому об'ємі металу.

Відомі способи приготування металевих суспензій з недендритною структурою зерна для безперервного лиття круглих злитків, труб і слябів, при реалізації яких застосовують інтенсивне електромагнітне перемішування металу безпосередньо перед кристалізатором (див. патент США №2963758, МПК B22D 11/115, B22D 11/12E і №4434837, МПК B22D 11/04, B22D 11/00).

25 В реалізації цих технічних рішень закладений тривалий процес, що вимагає застосування декількох ливарних проміжних місткостей, в кожній з яких метал послідовно витримується з метою очищення від домішок і видалення надмірного тепла, витримується в інтервалі температур "ліквідус-солідус" до зародження твердої фази і інтенсивно перемішується електромагнітними силами по фронту кристалізації безпосередньо перед кристалізатором установки безперервного лиття заготовок.

Основним недоліком є швидкість відведення теплоти, оскільки це ключовий параметр для контролю мікроструктури, а засоби його здійснення малоефективні, необхідно також створювати спеціальні пристрої для виробництва електромагнітних сил.

35 Прототипом пропонованому способу є так званий "напівтвердий реокастинг" - "Безперервний процес формування рідкотвердого сплаву (або металевої суспензії) з недендритною структурою зерен" (див. патент США №3902544, МПК B22D11/10, B22D 1/00). На його основі компанія Idra Prince inc. (CUA) створила і освоїла у виробництві установку і сам процес реолиття відливків (див. також Ливарне виробництво, 2006 №8, с. 15-17).

40 Суть цієї розробки полягає в тому, що графітний стрижень, охолоджуваний зсередини повітрям, занурюють в сплав, що знаходиться в керамічній чашці, доза якого відповідає деталі, що виготовляється. Обертання стрижня і його охолодження викликають швидке утворення первинної твердої фази з тонкою глобулярною структурою. В процесі подальшого безперервного охолодження стрижня збільшується об'єм твердої фракції. Після закінчення процесу, коли досягнута задана кількість твердої фракції, металева суспензія передається в камеру пресування машини лиття під тиском або в камеру витримки для подальшого безперервного лиття, тиксолиття та реолиття.

45 Змінні параметри процесу, такі як кількість металу, початкова температура, температура графітного стрижня і задана кінцева температура, контролюються і управляються по алгоритму, закладеному в системі управління.

50 До небажаних моментів реалізації цього способу можна віднести наступні. Місткість підготовки розплаву складається з двох зон, що включають послідовність операцій: попередньої (нагрівання або охолодження, тобто термостатування) і інтенсивного перемішування. Обидві зони повинні бути загерметизовані для усунення хаотичного попадання газів в зону інтенсивного перемішування. Кожна зона відкалібрована з урахуванням порції, відповідної деталі, що виготовляється, тобто весь процес зорієнтовано на видачу однієї порції, а час підготовки і видалення рідкотвердої суспензії із зони перемішування повинен співпадати з часом підготовки і швидкістю видачі розплаву в зону перемішування. Таким чином, продуктивність праці невисока і, звичайно ж, потрібно враховувати агресивність середовища для занурюваних перемішувачів, тобто контактний метод перемішування.

В основу винаходу поставлена задача розробити спосіб приготування рідкотвердого металевого розплаву з глобулярною мікроструктурою (або виродженими дендритами), в якому відсутні відзначені в прототипі недоліки.

Поставлена задача вирішена тим, що в способі приготування рідкотвердого металевого розплаву з виродженими дендритами, який включає термостатування і активне перемішування розплавленого металу в місткості, згідно з винаходом, перемішування і термостатування до температури ліквідус проводять одночасно індукційним струмом і електромагнітними силами, порушуваними в об'ємі розплаву в місткості магнітодинамічної установки, оснащеної електромагнітною системою, а потім інтенсивно перемішують електромагнітними силами, створюваними додатковим перемішувачем у вигляді зовнішнього індуктора магнітного поля, і доводять температуру розплаву до заданої нижче температури ліквідус, при цьому перемішування проводять під рівнем розплаву з регульованою потужністю.

Таким чином, весь процес отримання сплаву проводять в одній місткості, а саме в установці, оснащений електромагнітною системою, завдяки якій сплав перемішують в місткості, доводять до температури кристалізації і вирівнюють як температуру, так і розподіл твердої фази в усьому об'ємі установки. Подальше охолодження розплаву регулюють за допомогою індукційних струмів індукторів установки, а інтенсивне перемішування, при якому створюються зрушуючі напруги для утворення глобулярних зерен, або так званих вироджених дендритів, проводять за допомогою додаткового зовнішнього перемішувача у вигляді індуктора магнітного поля. Інтенсивність перемішування регулюється і задається таким чином, що цілісність металевий півки на дзеркалі металу в місткості не порушується, а це виключає окислення металу і дифузію в нього газів. Кількість готового сплаву залежить тільки від об'єму місткості установки, а спосіб перемішування металу, що використовується, - безконтактний. Необхідність застосування додаткового електромагнітного перемішувача у вигляді індуктора магнітного поля викликана тим, що при створенні необхідної інтенсивності перемішування за допомогою електромагнітної системи магнітодинамічної установки виділяється надмірна кількість теплової енергії, що не дозволяє термостатувати розплав в інтервалі між температурами солідус і ліквідус. Проте, при використуванні додаткового електромагнітного перемішувача, який вносить в рідкий сплав незначну кількість додаткової теплової енергії, електромагнітна система магнітодинамічної установки виконує тільки функцію термостатування. Сукупне перемішування розплаву виключає наявність застійних зон в місткості установки, що дозволяє отримати однакову структуру в усьому об'ємі сплаву.

На кресленні представлена схема пристрою для реалізації способу, що заявляється.

Пристрій складається з індукційної каналної печі із залізним сердечником (а.с. 288183, МПК Н05В, 1970), наприклад, магнітодинамічної установки МДН-6 для підготовки і лиття алюмінієвих сплавів, яка включає тигель 1, Ш-подібний канал 2, електромагнітну систему з індукторами 3 і електромагнітом 4, додатковий електромагнітний перемішувач 5 у вигляді зовнішнього індуктора магнітного поля, термопару 6, підключену до приладу 7, що регулює температуру алюмінієвого розплаву 8, яким заповнений тигель 1. Електромагнітні сили  $f_{em}$  створюються в робочій зоні 9 при взаємодії електричного струму, генерованого в рідкому металі в каналі 2 установки, індукторами 3, з магнітним полем, створюваним електромагнітом 4.

Спосіб реалізується таким чином.

Тигель 1 заповнюють рідким сплавом 8 при температурі вище за температуру ліквідус. Включають електромагнітну систему магнітодинамічної установки в режим, що забезпечує підтримку теплової рівноваги розплаву 8 при заданій кількості твердої фази в розплаві. При цьому, за допомогою індукційних струмів, створюваних індукторами 3 установки, регулюється температура металу і ступінь його переохолодження, а електромагнітними силами, що генеруються в робочій зоні 9 при взаємодії індукційного струму індукторів 3 і магнітного поля електромагніту 4, здійснюється вирівнювання температури і рівномірний розподіл твердої фази в рідкій. Стрілками 10 показано, як під дією електромагнітної сили  $f_{em}$ , створеної в робочій зоні 9, розплав циркулює по двох контурах індукційного Ш-подібного каналу 2: розплав входить із тигля 1 в бічні гілки каналу 2 і повертається в тигель 1 через центральну гілку каналу 2. Досягши заданої температури розплаву, рівній температурі кристалізації, включають додатковий електромагнітний перемішувач (індуктор магнітного поля) 5. Автоматично за допомогою системи регулювання 6,7 доводять температуру розплаву до заданої нижче температури ліквідус і продовжують інтенсивно перемішувати його електромагнітними силами, створеними додатковим перемішувачем 5, під рівнем розплаву. Оскільки при пониженні температури зростає в'язкість розплаву відповідно збільшують потужність додаткового електромагнітного перемішувача 5 і обробляють розплав 8 до моменту отримання глобулярної форми дендритів, що виділилися в розплаві. Стрілками 11 показано перемішування розплаву 8

в тиглі 1 під дією електромагнітних сил, що виникають при включенні додаткового перемішувача 5. Не відключаючи установку, тобто зберігаючи досягнутий стан розплаву, проводять його видачу для отримання реолиття.

Приклад конкретного виконання.

5 Тигель 1 магнітодинамічної установки МДН-6, прогрітий до температури 400-500 °С, заповнюють алюмінієвим сплавом АК7 в кількості 300-600 кг при температурі, що перевищує температуру ліквідус на 30-40 °С, тобто 645-655 °С. Включають індуктори 3 на потужність близько 30 кВт і електромагніт 4 в режим, який забезпечує масову витрату розплаву 2-3 кг/сек. в затопленому струмені, тобто під рівнем металу, і в даному режимі витримують 20-30 хвил. для вирівнювання температурного поля рідкометалевої ванни і футеровки, а також відновлюють спочатку задану температуру 645-655 °С.

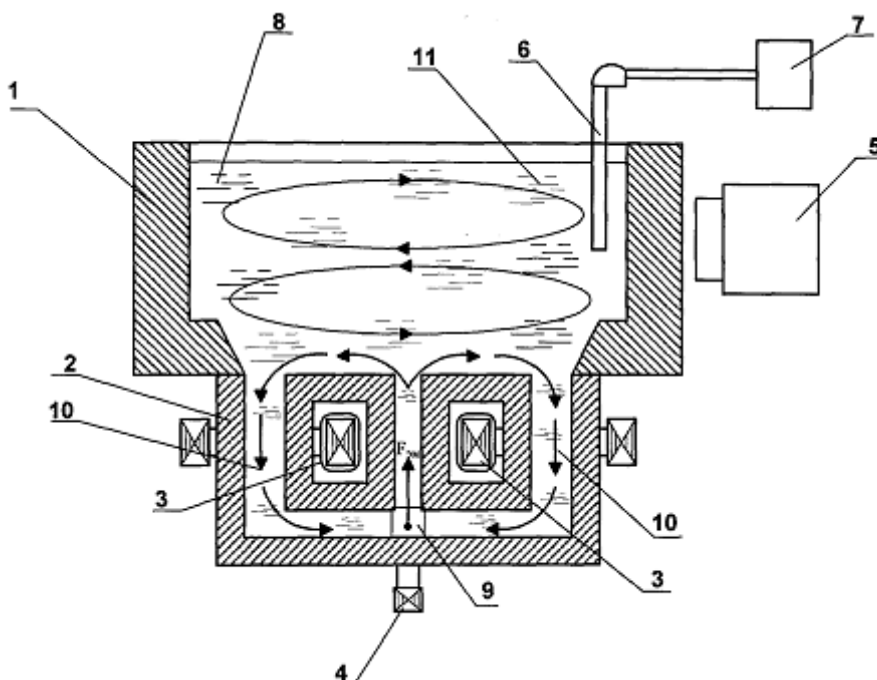
10 Далі перемикають індуктори на знижену потужність в 10-15 кВт, яка забезпечує термостатування розплаву при температурі на 5-10 °С нижче за температуру ліквідус, тобто знижують температуру до 615-625 °С і включають додатковий електромагнітний перемішувач 5 на потужність 12 кВт з поступовим підвищенням до 20 кВт у міру зростання в'язкості розплаву з пониженням температури. В режимі включеного додаткового перемішувача 5 електромагніт 4 перемикають в режим, який забезпечує масову витрату розплаву 0,5-1,0 кг/сек.

15 Інтенсивне перемішування алюмінієвого розплаву АК7 проводять протягом 10-15 хв. до появи приблизно 15-20 % твердої фази і її рівномірного розподілу в об'ємі рідкометалевої ванни. Час підтримки металевої суспензії з заданими властивостями необмежений.

20 Таким чином, запропонований винахід дозволяє за один робочий цикл формування рідкотвердого розплаву виготовити велику кількість (до 600 кг) металевої суспензії з рівномірно розподіленими в її об'ємі виродженими дендритами.

## 25 ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб приготування рідкотвердого металевого розплаву з виродженими дендритами, що включає термостатування і активне перемішування розплавленого металу в місткості, який відрізняється тим, що перемішування і термостатування проводять до температури ліквідус  
30 одночасно індукційним струмом і електромагнітними силами, порушуваними в об'ємі розплаву в місткості магнітодинамічної установки, оснащеної електромагнітною системою, а потім інтенсивно перемішують розплав електромагнітними силами, створюваними додатковим зовнішнім індуктором магнітного поля, і доводять температуру розплаву до заданої нижче температури ліквідус, при цьому, перемішування проводять під рівнем розплаву з регульованою  
35 потужністю.



---

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601