



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **97999**

(13) **U**

(51) МПК

**B22D 27/02** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2014 12343**

(22) Дата подання заявки: **17.11.2014**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **10.04.2015**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **10.04.2015, Бюл.№ 7**

(72) Винахідник(и):

**Гресс Олександр Володимирович (UA),  
Кобзева Алла Іванівна (UA)**

(73) Власник(и):

**ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,  
вул. Дніпробудівська, 2, м.  
Дніпродзержинськ, Дніпропетровська обл.,  
51918 (UA)**

## (54) СПОСІБ МОДИФІКУВАННЯ СТРУКТУРИ ЛИТОГО МЕТАЛУ

(57) Реферат:

Спосіб модифікування структури литого металу включає пропускання змінного електричного струму крізь застигаючий виливок.

**UA 97999 U**



Корисна модель належить до металургії та ливарного виробництва і може бути використана для обробки будь-яких металів і сплавів при виробництві злитків та відливок.

Всі існуючі способи підвищення якості лиття засновані на механічній дії на розплав, яка не забезпечує відсутність усадочних раковин та пористості і високу щільність відливок, що не призводить до підвищення механічних властивостей відливок.

Відомий спосіб управління процесом формування фасонних виливків, що включає заливання розплаву в піщано-глинисту форму, пропускання електричного струму щільністю не більше  $10^4$  А/м<sup>2</sup> крізь виливок за рахунок контактів, розташованих у формі, які не контактують безпосередньо з виливком, в процесі знаходження його в рідкому, твердорідкому стані і до закінчення кристалізації [Формирование отливок под воздействием давления, вибрации, ультразвука и электромагнитных сил. М., НИИМАШ, 1977 г., с. 40-42].

Однак практична реалізація способу є технічно трудомісткою, а ефективність впливу електричного струму на формування фасонних виливків низькою.

Відомий спосіб отримання безперервнолитого металу [патент РФ № 2027544, B22D27/02, 11/10, 1992], що включає заливання розплаву в металевий кристалізатор, пропускання електричного струму крізь закристалізований розплав і охолодження металу при його транспортуванні, в тому числі і в зоні вторинного охолодження, де змонтовані підтримуючі пристрої. При цьому електричний струм підводять до металевого кристалізатора, а виводять крізь підтримуючі пристрої в зоні вторинного охолодження.

Однак область застосування зазначеного способу обмежена наявністю металевого кристалізатора. Недоліком цього способу є неможливість керування швидкістю процесу кристалізації, необхідність примусового охолодження, що робить практично неможливим його застосування при литті в піщані, гіпсові, керамічні та інші неметалеві форми. Таким чином, розглянутий спосіб не вирішує проблему лиття фасонних виливків.

Найбільш близьким по технічній суті і результату, що досягається, (прототипом) є спосіб модифікування структури литого металу, який включає пропускання змінного електричного струму крізь застигаючий виливок, відрізняється тим, що пропускають струм синусоїдальної або імпульсної форми з частотою вище 5,0 кГц і щільністю від  $1 \times 10^3$  до  $1 \times 10^5$  А/м<sup>2</sup> [патент РФ № 2198067, В 22 D 27/02, 2000 р.].

Недоліком прототипу є неможливість цілеспрямованого впливу на макроструктуру твердіючого виливка і, як наслідок, отримання заданої макроструктури сплаву.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу модифікування структури литого металу шляхом пропускання електричного струму певної частоти, скважності і щільності, що дозволить управляти процесом модифікування макроструктури відливка і призведе до зниження хімічної неоднорідності по перерізу виливка і подрібнення зерен, внаслідок чого підвищаться механічні властивості литого металу при будь-якому способі лиття.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі модифікування структури литого металу, що включає пропускання змінного електричного струму через застигаючий виливок, згідно з корисною моделлю, частоту пропускання електричного струму скважністю не менш 2 меандрів і щільністю від  $1,6 \times 10^4$  А/м<sup>2</sup> до  $2,4 \times 10^4$  А/м<sup>2</sup> встановлюють за формулою:

$$f = \frac{\rho_{\text{Me}}}{(2\pi k)^2 \mu \tau},$$

де  $\rho_{\text{Me}}$  - питомий електричний опір рідкого металу, Омхм;

$\mu$  - відносна магнітна проникність рідкого металу, Гн/м;

$\tau$  - тривалість процесу затвердіння, с;

45  $k$  - коефіцієнт твердіння, м/с<sup>0,5</sup>

При кристалізації під дією електричного струму змінюється макроструктура сплаву, оскільки електричний струм впливає на швидкість процесу кристалізації виливка, орієнтацію зерен, збільшує розчинність і рівномірність розподілу модифікаторів в розплаві, зміну меж зерен, перерозподіл евтектики в твердому розчині і збільшення дисперсності евтектики в колоніях (евтектичних зернах).

При пропусканні електричного струму крізь застигаючий виливок зі скважністю менш 2 меандру видимих змін в структурі металу не спостерігалось.

Якщо щільність була менше за  $1,6 \times 10^4$  А/м<sup>2</sup>, ефект модифікування був слабкий (або взагалі відсутній). Збільшення щільності струму більше за  $2,4 \times 10^4$  А/м<sup>2</sup> недоцільно, так як призведе до подорожчання устаткування і підвищенню витрат електроенергії.

Частоту електричного струму змінюють у процесі кристалізації виливка в залежності від росту, тобто товщини кірки металу, що твердне, і для кожного сплаву залежить від його

питомого електричного опору  $\rho_{\text{Me}}$ , відносної магнітної проникності  $\mu$  і коефіцієнта твердіння рідкого металу  $k$ .

Спосіб здійснюється наступним чином.

На отриманий розплав металу або сплаву, який кристалізується в неметалевих формах, подають електричний струм заданої напруги, частоти, скважності та сили.

Приклад. Як моделююче середовище було вибрано сплав алюмінію. Для створення однакових умов кристалізації розплав одночасно заливали при температурі  $740^\circ\text{C}$  в контрольний і дослідний зразки циліндричної форми, що знаходилися в одній формі закритого типу та були з'єднані спільною ливниковою системою однакової довжини. Постійну позитивну напругу з витоків електричного ключа подавали на електрод, що знаходився у дослідному зразку металу в його найбільш гарячій точці (пряма полярність). Негативну постійну напругу подавали на електрод, що знаходився у найбільш холодній точці дослідного зразка. За допомогою генератора прямокутних імпульсів встановлювали скважність імпульсів, які подавали на електронний ключ (2-5 меандрів). Також під час досліджень змінювали полярність електричного струму, що подавали на зразок. Сила струму складала 2-3 А, його щільність -  $1,6 \times 10^4 \text{ А/м}^2$ - $2,4 \times 10^4 \text{ А/м}^2$ . Для аналізу особливостей макроструктури матеріалу виливків були виконані шліфи, вирізані вздовж осі виливків, тобто вздовж струму (поздовжній шліф) і поперек осі виливків (поперечний шліф), отриманих литтям в неметалеві форми без впливу струму ( $I = 0$ ) і з впливом електричного струму силою 2 і 3 А, щільністю  $1,6 \times 10^4 \text{ А/м}^2$  і  $2,4 \times 10^4 \text{ А/м}^2$  зі скважністю 2 і 5 меандрів в процесі кристалізації. Позитивний ефект від пропускання електричного струму крізь застигаючий виливок відбувався з розрахунковою частотою від 57 до 12,5 Гц.

В результаті спостерігалася орієнтація фази, що містить кремній, уздовж осі струму. Аналіз макроструктури зразків показав, що у виливках, які кристалізувалися під впливом електричного струму, включення кремнію значно здрібнілись, одночасно вони отримали правильну, округлу форму. Вплив електричного струму та розрахункової частоти на процес кристалізації сплаву супроводжувався збільшенням розчинності кремнію в алюмінії, що пов'язано зі збільшенням рухливості атомів кремнію і з зміною властивостей розчинника. Таким чином, розміри евтектичних кремнієвих кристалічних утворень зменшилися, а їх розподіл став більш рівномірним.

Використання способу модифікування структури литого металу, що пропонується, дозволяє одержати щонайдрібніші зерна структури у відливку, усунути зональну хімічну неоднорідність, підвищити механічні властивості литого металу при будь-якому способі лиття і таким чином підвищити якість відливка.

### 35 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб модифікування структури литого металу, що включає пропускання змінного електричного струму крізь застигаючий виливок, який **відрізняється** тим, що частоту пропускання електричного струму скважністю не менш 2 меандрів і щільністю від  $1,6 \times 10^4 \text{ А/м}^2$  до  $2,4 \times 10^4 \text{ А/м}^2$  в процесі кристалізації встановлюють згідно з формулою:

$$f = \frac{\rho_{\text{Me}}}{(2\pi k)^2 \mu \tau},$$

де  $\rho_{\text{Me}}$  - питомий електричний опір рідкого металу, Ом\*м;

$\mu$  - відносна магнітна проникність рідкого металу, Гн/м;

$\tau$  - тривалість процесу затвердіння, с;

45  $k$  - коефіцієнт твердіння,  $\text{м/с}^{0,5}$ .

---

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

---

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