



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110555** (13) **C2**  
(51) МПК (2015.01)**B22D 27/02** (2006.01)**C22C 1/03** (2006.01)**C22F 3/00****C22B 9/10** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД****(21)** Номер заявки: **а 2014 06721****(22)** Дата подання заявки: **16.06.2014****(24)** Дата, з якої є чинними права на винахід: **12.01.2016****(41)** Публікація відомостей про заяву: **25.12.2015, Бюл.№ 24****(46)** Публікація відомостей про видачу патенту: **12.01.2016, Бюл.№ 1****(72)** Винахідник(и):**Цуркін Володимир Миколайович (UA),  
Сінчук Алла Вадимівна (UA),  
Федченко Наталя Анатоліївна (UA),  
Іванов Артем Володимирович (UA),  
Дмитришина Яна Юріївна (UA),  
Фещук Максим Леонідович (UA),  
Череповський Сергій Сергійович (UA),  
Гумененко Микола Климович (UA)****(73)** Власник(и):**ІНСТИТУТ ІМПУЛЬСНИХ ПРОЦЕСІВ І  
ТЕХНОЛОГІЙ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ  
НАУК УКРАЇНИ,  
пр. Жовтневий, 43-а, м. Миколаїв, 54018  
(UA)****(56)** Перелік документів, взятих до уваги експертизою:

Белов Н. А. и др. Поршневые силумины. – М.: «Руда и Металлы». – 2011. – С. 141 – 151

RU 2486271 C1, 27.06.2013

CN 101016592 A, 15.08.2007

CN 103212697 A, 24.07.2013

CN 103817314 A, 28.05.2014

UA 101208 C2, 10.03.2013

Вернидуб А. Г. и др. Обработка сплава АК7 импульсным электрическим током //

Процессы литья. – 2005. – № 1. – С. 64-67

Беклемишев Н.Н. и др. Влияние импульсного тока на конструктивную прочность алюминиевых сплавов //

Металловедение и термическая обработка металлов. – 1991. – № 3. – С. 15-17

**(54) СПОСІБ ОБРОБКИ РОЗПЛАВУ ЗАЕВТЕКТИЧНОГО СИЛУМІНУ****(57)** Реферат:

Винахід належить до кольорової металургії. Спосіб обробки розплаву заевтектичного силуміну включає введення в розплав модифікаторів та пропускання через розплав біполярних імпульсів електричного струму з частотою проходження імпульсів від 24 до 1600 Гц та максимальною амплітудою струму в імпульсі від 120 до 1000 А при температурі розплаву, що перевищує температуру ліквідусу на величину 100-160 °С, при цьому зберігають залежність:  $I^2 \cdot f \geq 25,0 \cdot 10^6$ , де I - максимальне значення амплітуди струму в імпульсі, А, f - частота проходження імпульсів, Гц. Технічний результат: покращення механічних властивостей ливарних виробів.

UA 110555 C2



Винахід належить до кольорової металургії, а саме, до способів виробництва ливарних заевтектичних силікоалюмінієвих сплавів при виготовленні виробів автомобільної та авіаційної техніки. Такі сплави без додаткової обробки мають крупнозернисту неупорядковану структуру, що не дозволяє литому металовиробу з такого сплаву досягати високих показників фізико-механічних та експлуатаційних характеристик.

Відомо спосіб виробництва силікоалюмінієвих сплавів (Белов Н.А., Белов В.Д., Савченко С.В., Самошина М.Е., Чернов В.А., Алабин А.Н. Поршневые силумины. - М: Издательский дом "Руда и Металлы", 2011. - 248 с.), за яких розплав обробляють рафінуючими флюсами, модифікаторами, інертними газами, вакуумуванням, ультразвуком з метою підвищення показників якості.

Ознакою, яка збігається з суттєвими ознаками винаходу, що заявляється, є введення в розплав модифікаторів. До причин, що перешкоджають одержанню очікуваного технічного результату, слід віднести те, що зазначені способи, які рідко використовують у повному комплексі, підвищують показники якості заевтектичних силікоалюмінієвих сплавів за рахунок дегазації, модифікуючої дії на складові кремнію, але не достатньо активно впливають на збільшення центрів кристалізації і на морфологію кристалів, тобто на форму їх зростання, та не забезпечують у закристалізованому сплаві отримання дрібнодисперсної та однорідної структури, зокрема зменшенню розмірів первинних кристалів кремнію до 20 мкм, а кремнію в евтектиці до 10 мкм, що відповідає головній вимозі при отриманні високих показників міцності та відносного подовження литих металовиробів.

Найбільш близьким за сукупністю ознак до винаходу є спосіб виробництва силумінів (Пат. № 101208, Україна, МПК (2013.01) B22D1/00, C22B 9/00, C222F 3/00, опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5), що включає виплавку силікоалюмінію, корегування хімічного складу розплаву алюмінієм і легуючими елементами, модифікування розплаву флюсом, оброблення розплаву силуміну однополярним імпульсним електричним струмом із частотою імпульсів від 100 до 5000 Гц і густиною струму від 7 до 20 А/см<sup>2</sup>.

Ознаками, які збігаються з суттєвими ознаками винаходу, що заявляється, є введення в розплав модифікаторів та пропускання через розплав імпульсів електричного струму з заданими параметрами.

Причиною, що перешкоджає одержанню очікуваного технічного результату, є те, що спосіб передбачає ефективне використання тільки для обробки до евтектичних силумінів.

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення способу обробки розплаву заевтектичного силуміну шляхом нового виконання обробки розплаву і визначення оптимальних параметрів цієї обробки, що дозволить забезпечити додаткове зростання центрів кристалізації у розплаві силумінів, і за рахунок цього досягти модифікування у заевтектичному силуміні складових кремнію як первинного, так і евтектичного, до розмірів відповідно менше 20 та 10 мкм. Це дозволить покращити механічні властивості ливарних виробів. Крім того, спосіб дозволить спростити процес доводки розплаву перед розливанням, зменшити собівартість ливарної продукції та підвищити її конкурентоздатність.

Суть винаходу полягає у тому, що в способі обробки розплаву заевтектичного силуміну, що включає введення в розплав модифікаторів та пропускання через розплав імпульсів електричного струму з заданими параметрами, згідно з винаходом, через розплав пропускають біполярні імпульси електричного струму з частотою проходження імпульсів від 24 до 1600 Гц та максимальною амплітудою струму в імпульсі від 120 до 1000А при температурі розплаву, що перевищує температуру ліквідусу на величину 100-160 °С, при цьому зберігають залежність:

$$I^2 \cdot f \geq 25,0 \cdot 10^6, \text{ де}$$

$I$  - максимальне значення амплітуди струму в імпульсі, А;

$f$  - частота проходження імпульсів, Гц.

Розкриваючи причинно-наслідковий зв'язок між суттєвими ознаками винаходу, що заявляється, і технічним результатом, необхідно відзначити наступне.

Ознаки "через розплав пропускають біполярні імпульси електричного струму з частотою проходження імпульсів від 24 до 1600 Гц та максимальною амплітудою струму в імпульсі від 120 до 1000 А при температурі розплаву, що перевищує температуру ліквідусу на величину 100-160 °С, при цьому зберігають залежність:  $I^2 \cdot f \geq 25,0 \cdot 10^6$ ", дозволяють забезпечити додаткове зростання центрів кристалізації у розплаві силумінів, і за рахунок цього досягти модифікування у заевтектичному силуміні складових кремнію як первинного, так і евтектичного, до розмірів відповідно менше 20 та 10 мкм.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де на Фіг. 1 представлено зображення мікроструктури литого силуміну до обробки, а на Фіг. 2 - після обробки.

Спосіб здійснюють таким чином.

Попередньо розплав заевтектичного силуміну обробляють набором хімічних модифікаторів, а потім здійснюють обробку розплаву біполярними імпульсами струму з частотою проходження імпульсів від 24 до 1600 Гц та максимальною амплітудою струму в імпульсі від 120 до 1000 А при температурі, що перевищує температуру ліквідусу сплаву на величину 100-160 °С. В результаті такої обробки забезпечується зростання кількості зародків кристалізації на два-три порядки у порівнянні з необробленим розплавом, блокується процес зростання кристалів первинного кремнію та створюються умови, за яких модифікується евтектична складова сплаву. Дія комплексу хімічних модифікаторів перебуває в умовах впливу енергії електромагнітного поля, кожний імпульс якого, як відомо, має широку амплітудно-частотну характеристику від одиниць Гц до сотень кГц (Цуркин В.Н., Мельник А.В., Иванов А.В. Анализ протекания импульсного тока в массивном цилиндрическом проводнике при электротокковой обработке расплава // Электронная обработка материалов. 2011. - № 1. - с. 66-70). При проходженні такого електричного струму відбуваються процеси, які приводять до збільшення внутрішньої енергії багатокомпонентної системи. Крім того, електромагнітне поле виконує роботу над цією системою. Внаслідок цього відбувається зміна як хімічного потенціалу окремих компонентів системи, так і її сумарного хімічного потенціалу. Така багатокомпонентна система переходить з нестабільного в стабільний стан з більш позитивним ефектом структуроутворення аніж та, що кристалізується без такої обробки. Дія електромагнітного поля обумовлює прискорення та повноту реалізації процесів розчинення лігатури з хімічними модифікаторами та їх дифузію, більш ефективно ініціює процеси сорбції та наступні хімічні утворення. Так як імпульс струму є біполярним, дія електромагнітного поля підсилюється за рахунок того, що за умов зміни полярності в імпульсі струму флуктуаційні процеси атомарного рівня структури металевої системи зростають, що обумовлює додаткове зростання центрів кристалізації у розплаві. Таким чином характер фазових перетворень у металевій системі при кристалізації змінюється.

Можливість керування зазначеними процесами за допомогою дії електромагнітного поля, яке виникає в розплаві при пропусканні біполярних імпульсів струму з максимальною амплітудою струму в імпульсі  $I$  від 120 до 1000 А та з частотою проходження імпульсів  $f$  від 24 до 1600 Гц. Такі параметри біполярних імпульсів електричного струму є оптимальними для модифікування у заевтектичному силуміні складових кремнію як первинного, так і евтектичного, до розмірів відповідно менше 20 та 10 мкм. При цьому є необхідним виконання умови збереження залежності:  $I^2 \cdot f \geq 25,0 \cdot 10^6$ , де  $I$  - максимальне значення амплітуди струму в імпульсі, А;  $f$  - частота проходження імпульсів, Гц.

Приклад.

Здійснювали обробку заевтектичного силуміну, хімічний склад якого наступний, мас. %: Si (18,5), Cu (1,9), Mn (0,01), Ti (0,2), Fe (0,4) та Al – решта. Температура ліквідусу розплаву та солідус дорівнюють відповідно 715 °С та 574 °С. Після виплавляння шихти в термопечі при температурі 860 °С, ізотермічній витримці протягом 10 хвилин, вводять лігатуру з компонентами хімічних модифікаторів: фосфор, титан, бор, карбід кремнію. Розплав перемішують протягом 1 хвилини та витримують 5 хвилин. Позапічним агрегатом розплав обробляють біполярним імпульсом електричного струму з максимальною амплітудою 800 А та з частотою проходження імпульсів 40 Гц в температурному інтервалі від 860 до 815 °С. При цьому виконується умова збереження залежності:  $I^2 \cdot f \geq 25,0 \cdot 10^6$ . Після чого розплав заливають у металеву форму.

Мікроструктура вихідного стану сплаву, яка представлена на Фіг. 1, характеризується розмірами первинного кремнію більше як 100 мкм та немодифікованої евтектики з розміром кремнію від 60 до 100 мкм.

Результати кількісного металографічного аналізу литого силуміну після обробки, які представлено на Фіг. 2, свідчать про отримання однорідної мікроструктури з розміром первинного кремнію до 20 мкм та модифікованою евтектикою з розміром кремнію до 10 мкм.

Таким чином, спосіб обробки розплаву заевтектичного силуміну, що дозволить забезпечити додаткове зростання центрів кристалізації у розплаві силумінів, і за рахунок цього досягти модифікування у заевтектичному силуміні складових кремнію як первинного, так і евтектичного, до розмірів відповідно менше 20 та 10 мкм.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб обробки розплаву заевтектичного силуміну, що включає введення в розплав модифікаторів та пропускання через розплав імпульсів електричного струму з заданими параметрами, який **відрізняється** тим, що через розплав пропускають біполярні імпульси електричного струму з частотою проходження імпульсів від 24 до 1600 Гц та максимальною

амплітудою струму в імпульсі від 120 до 1000 А при температурі розплаву, що перевищує температуру ліквідусу на величину 100-160 °С, при цьому зберігають залежність:

$I^2 \cdot f \geq 25,0 \cdot 10^6$ , де

I - максимальне значення амплітуди струму в імпульсі, А,

5 f - частота проходження імпульсів, Гц.



Fig. 1

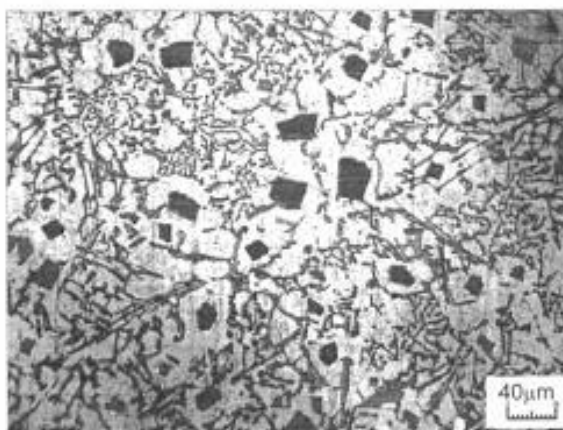


Fig. 2

---

Комп'ютерна верстка О. Рябко

---

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

---

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