



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 49616

(13) A

(51) 6 B22D27/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ОТРИМАННЯ МОНОКРИСТАЛІЧНИХ ВІДЛИВОК ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) 2002010135

(22) 03 01 2002

(24) 16 09 2002

(46) 16 09 2002, Бюл. № 9, 2002 р.

(72) Ажажа Володимир Михайлович, Малихін Дмитро Георгійович, Ковтун Геннадій Прокопович, Свердлов Василь Якович, Тихоновський Михайло Андрійович, Щербань Олексій Петрович, Жеманюк Павло Дмитрович, Ключихін Володимир Валерійович, Коломойцев Олександр Георгійович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
"ХАРКІВСЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) 1 Спосіб отримання монокристалічних відливок, який включає нагрівання форми із затравкою вище температури ліквідусу сплаву, заповнення форми розплавом, охолодження розплаву шляхом занурення форми з розплавом до рідкометалевого охолоджувача, який відрізняється тим, що температуру рідкометалевого охолоджувача підтримують рівною 20-250°C

2 Пристрій для отримання монокристалічних відливок, який містить вакуумну камеру, у якій

розміщені нагрівач з розташованими усередині нього керамічною формою із затравкою, установлений під нагрівачем кристалізатор, який складається з охолоджуваної кільцеподібної камери, усередині якої, коаксіально їй та з можливістю переміщення уздовж осі розміщена охолоджувана циліндрична камера, який відрізняється тим, що циліндрична камера розміщена у кільцеподібній камері з утворенням між ними кільцеподібної порожнини, заповненої рідкометалевим охолоджувачем із легкоплавкого сплаву, на рівні донної частини кільцеподібної камери, між останньою та циліндричною камерою розміщено вакуумне ущільнення, на циліндричній камері, з боку нагрівача, встановлено стаканоподібний елемент, усередині якого, на днищі, розміщена керамічна форма, при цьому зовнішні діаметри циліндричної камери та стаканоподібного елемента виконані рівними між собою

3 Пристрій за п 2, який відрізняється тим, що як рідкометалевий охолоджувач використаний сплав галій-індій із складом індію 25 ваг. %

Винаходи мають відношення до металургії та можуть бути використані для отримання відливок з монокристалічною структурою та заданою кристалографічною орієнтацією, наприклад лопаток турбін із жароміцних сплавів, постійних магнітів та інших подібних виробів

Відомий спосіб отримання монокристалічних відливок, який включає нагрівання форми із затравкою вище температури ліквідусу сплаву, заповнення форми розплавом, охолодження розплаву шляхом занурення форми з розплавом до рідкометалевого охолоджувача (авт. свід. СРСР №863171, В22Д 27/04, 1981) [1], у цьому способі спочатку до рідкометалевого охолоджувача, температуру якого підтримують рівною 680-780°C - температура рідкого алюмінію), занурюють тільки виступну частину затравки та витримують у такому положенні на протязі 1-5 хвилин для забезпечення спрямованого тепловідводу та стабілізації температур на фронті кристалізації. Потім форму із розплавом занурюють повністю. Мікроструктура сплаву отриманої відливки має значно подрібнені

структурні складові

Проте цей спосіб не забезпечує високого градієнта температур на фронті кристалізації (при температурі охолодження 680-780°C такий градієнт складає 300°C/см), що не дає можливості отримати високий ступінь подрібнення структурних складових та, відповідно, високу якість отримуваних відливок

Крім того, для забезпечення такої температури рідкометалевого охолоджувача потрібні великі енергетичні витрати, що веде до дорожчання отримуваних відливок

Відомий спосіб отримання монокристалічних відливок, обраний як прототип, який включає нагрівання форми із затравкою вище температури ліквідусу сплаву, заповнення форми розплавом, охолодження розплаву шляхом занурення форми з розплавом до рідкометалевого охолоджувача (авт. свід. СРСР №2010672, В22Д 27/04, 1994) [2]. Після заповнення форми розплавом, перед зануренням до охолоджувача, її переміщують спочатку

(13) A

(11) 49616

(19) UA

зі швидкістю 20-1000мм/хвип до області постійного та частини змінного за висотою температурних полів до положення затравки не нижче рівня, відповідного ізотермі ліквідуса жароміцного сплаву, а наступне переміщення до рідкометалевого охолоджувача, який має температуру 680-780°C здійснюють із швидкістю занурення. Це сприяє підготовці розплаву до спрямованої кристалізації з оптимальним розміром структурних складових сплаву, а далі забезпечує ріст монокристалу без утворення паразитних зерен, що декілька підвищує, у порівнянні зі способом, який описаний раніше, ступінь подрібнення структурних складових отримуваних відливок. Проте цей спосіб також не забезпечує високого градієнту температур на фронті кристалізації через високу температуру охолоджувача (680-730°C), що не дає можливості отримати високий ступінь подрібнення структурних складових та, відповідно, високу якість отримуваних відливок. Великі енергетичні витрати, пов'язані з необхідністю підтримання високої температури рідкометалевого охолоджувача, веде до дорожчання отримуваних відливок.

Відомий пристрій для отримання монокристалічних відливок, який містить вакуумну камеру у якій розташований нагрівач, з розміщеними усередині нього керамічною формою із затравкою, кристалізатор, установлений під нагрівачем, який містить рідкометалевий охолоджувач (пат США №3915761, С22С 19/03, 1975) [3]. Кристалізатор у цьому пристрої виконаний як ванна, заповнена рідкометалевим охолоджувачем, який являє собою рідкий алюміній. Керамічна форма прикріплена до плити, яка знаходиться на поверхні рідкометалевого охолоджувача, а усередині нього розмішений активатор для перемішування охолоджувача, що забезпечує рівномірність розподілу температури останнього у всьому об'ємі. Наявність ванни з розплавленим алюмінієм потребує великих витрат енергії на нагрівання та підтримку охолоджувача при заданій температурі, то обумовлює високі витрати на отримання монокристалічних відливок. Крім того, використання алюмінію як охолоджувача не забезпечує високого градієнта на фронті кристалізації, що не дозволяє отримати високий ступінь подрібнення структурних складових та, відповідно, високу якість отримуваних відливок.

Відомий пристрій для отримання монокристалічних відливок, обраний як прототип, який містить вакуумну камеру, у якій розташований нагрівач з розміщеними у ньому керамічною формою із затравкою, установлений під нагрівачем кристалізатор, який складається з охолоджуваної кільцеподібної камери, усередині якої, коаксіально їй та з можливістю переміщення уздовж осі, розміщена охолоджувана циліндрична камера (авт свід СРСР №462393, СЗОВ 17/00, 1982) [4]. Циліндрична камера має трубчастий екран з тугоплавкого металу, охоплюючий частину керамічної форми із затравкою. Використання води як охолоджувача дозволяє, з одного боку, вилучити нагрівання охолоджувача, що сприяє зниженню енерговитрат на отримання монокристалічних відливок, а, з другого боку, завдяки більш низькій температурі охоло-

дження, збільшити градієнт на фронті кристалізації.

Проте, передавання тепла від керамічної форми до кристалізатора відбувається крізь невелику поверхню поверхню виступної частини форми із затравкою та днища форми, що не дозволяє відводити від форми велику кількість тепла та обмежує збільшення градієнта температур на фронті кристалізації, що обумовлює невисоку якість отримуваних відливок.

В основу винаходу поставлено завдання створити такий спосіб отримання монокристалічних відливок та пристрій для його здійснення, які у порівнянні із відомими, дали б можливості отримувати відливки з більш високою якістю, та з меншими витратами.

Поставлене завдання вирішується у способі отримання монокристалічних відливок, який включає нагрівання форми із затравкою вище температури ліквідусу сплаву, заповнення ФОРМИ розплавом, охолодження розплаву шляхом занурення форми з розплавом до рідкометалевого охолоджувача. Згідно з винаходом температуру рідкометалевого охолоджувача підтримують рівною 20-250°C.

Поставлене завдання вирішується також у пристрої для отримання монокристалічних відливок, який містить вакуумну камеру, у якій розміщені нагрівач з розташованими усередині нього керамічною формою із затравкою, установлений під нагрівачем кристалізатор, який складається з охолоджуваної кільцеподібної камери, усередині якої, коаксіально їй та з можливістю переміщення уздовж осі, розміщена охолоджувана циліндрична камера. Згідно з винаходом циліндрична камера розміщена у кільцеподібній камері з утворенням між ними кільцеподібної порожнини, заповненої рідкометалевим охолоджувачем із легкоплавкого сплаву. На рівні донної частини кільцеподібної камери, між останньою та циліндричною камерою, розміщено вакуумне ущільнення. На циліндричній камері, з боку нагрівача, установлено стаканоподібний елемент, усередині якого, на днищі, розміщена керамічна форма, при цьому зовнішні діаметри циліндричної камери та стаканоподібного елемента виконані рівними між собою. Більш високий результат можливо отримати, коли як рідкометалевий охолоджувач використовувати сплав галій-індій із складом індію 25ваг %.

Після заповнення керамічної форми розплавом її занурюють до кристалізатора, який містить як рідкометалевий охолоджувач, так і охолоджувальну проточну рідину, яка проходить крізь кільцеподібну та циліндричну камери. Далі циліндричну камеру опускають. При цьому тепло від керамічної форми відводиться крізь стаканоподібний елемент до кристалізатора. Охолоджувана циліндрична камера поглинає тепло, причому частину його поглинає та відводить рідина, яка проходить крізь цю камеру, а решту поглинає рідкометалевий охолоджувач з легкоплавкого сплаву, який має високу теплопровідну здатність та заповнену порожнину між циліндричною та кільцеподібною камерами. Далі тепло поглинає охолоджувана кільцеподібна камера і його відводить рідина, яка про-

ходить крізь цю камеру. Температура рідких охолоджувачів з легкоплавкого сплаву не перевищує 250°C, що забезпечує високий градієнт температур на фронті кристалізації розплаву. При цьому, якщо підтримувати рідкометалевий охолоджувач при температурі нижче 20°C, то це вимагає використання більш дорогого охолоджувача, а також застосування додаткових засобів для його охолодження, що веде до збільшення витрат на отримання монокристалічних відливків.

Якщо підтримувати рідкометалевий охолоджувач при температурі вище 250°C, то це вимагає використання додаткових засобів на його охолодження, що приведе до збільшення витрат на отримання відливків. Крім того, підвищення температури веде до зниження градієнта температур на фронті кристалізації [7] як наслідок, до зниження якості отримуваних монокристалічних відливків.

Наявність на рівні донної частини кільцеподібної камери, вакуумного ущільнення, розташованого між останньою та циліндричною камерою, а також умови рівності зовнішніх діаметрів циліндричної камери і стаканоподібного елемента сприяє підтримувannya на постійному рівні рідкометалевого охолоджувача, то забезпечує стабільність умов кристалізації, з утворення, між ними градієнт температур на фронті кристалізації розплаву, що обумовлює високу якість відливків.

Виконання кристалізатора таким, що складається з охолоджуваної кільцеподібної камери, усередині якої, коаксіально їй та з можливістю переміщення уздовж осі, розміщена охолоджувана циліндрична камера з утворення, між ними кільцеподібної порожнини, яка заповнена рідкометалевим охолоджувачем з легкоплавкого сплаву, виключає необхідність використання засобів нагрівання охолоджувача, що сприяє зниженню витрат на отримання монокристалічних відливків.

На кресленні зображено пропонувані пристрій.

Пристрій містить вакуумну камеру 1, у якій розташовані нагрівач 2 з розміщеними у ньому керамічною формою 3 із затравкою 4, кристалізатор, установлений під нагрівачем 3, який складається із охолоджуваної кільцеподібної камери 5, усередині якої, коаксіально їй та з можливістю переміщення уздовж осі, розміщена охолоджувана циліндрична камера 6. Остання розміщена у кільцеподібній камері 5 з утворенням між ними кільцеподібної порожнини 7, заповненої рідкометалевим охолоджувачем 8 з легкоплавкого сплаву. На рівні донної частини кільцеподібної камери 5, між останньою та циліндричною камерою 6, розміщено вакуумне ущільнення 9. На циліндричній камері 6, з боку нагрівача 3, установлено стаканоподібний елемент 10 із зовнішнім діаметром, який дорівнює зовнішньому діаметру циліндричної камери 6. Усередині стаканоподібного елемента 10, на його дні, розміщена керамічна форма 3. Циліндрична камера 6 з'єднана за допомогою тяги 11 з механізмом. На кресленні не показаний) переміщен-

ня камери 6 уздовж осі.

Пристрій працює таким чином. Керамічну форму 3 із затравкою 4 розміщують у стаканоподібному елементі 10 порожнину 7 між камерами 5 та 6 заповнюють рідкометалевим охолоджувачем 8 з легкоплавкого сплаву, наприклад, In-Ga із складом галію 25ваг %. Далі у порожнині камер 5 та 6 подають охолоджувач - воду та підтримують її подавання на протязі усього процесу кристалізації до отримання відливки. Вакуумну камеру 1 герметизують та утворюють у ній тиск 10^{-3} торр. Потім циліндричну камеру 6 переміщують за допомогою тяги 11 у напрямку до нагрівача 2, доки донна частина керамічної форми 3 із затравкою 4 не стане на рівні нижнього торця нагрівача 2 та вмикають останній. Нагрівання здійснюють до температури, нижче температури соплідус матеріалу затравки, та на 50-100°C вище температури ліквідус матеріалу, який кристалізується (наприклад, для жароміцного сплаву ЖС-32, який кристалізується, ця температура складає 1350°C). Далі заливають у керамічну форму 3 розплав жароміцного сплаву ЖС-32 та здійснюють наступну направлену кристалізацію його шляхом вилучення керамічної форми 3 з нагрівача 2 до кристалізатора. При цьому стаканоподібний елемент 10 разом з керамічною формою 3, переміщується усередину кристалізатора та контактує з охолоджувачем 8 (легкоплавким сплавом In-Ga). Не підвищує інтенсивність тепловідводу від керамічної форми 3 зі сплавом, який кристалізується. Внаслідок інтенсивного охолодження водою камер 5 та 6 вдається підтримувати температуру рідкометалевого охолоджувача In-Ga не вище 100°C, а висока тепловідводна спроможність останнього дає можливість утворити на фронті кристалізації високий градієнт температур - 400°C/см. Завдяки тому, що зовнішні діаметри циліндричної камери 6 та стаканоподібного елемента 10 виконані рівними між собою, рівень охолоджувача 8 залишається постійним, що сприяє стабільності умов кристалізації, які визначають високий ступінь однорідності уздовж довжини відливки та високу якість отримуваних монокристалічних відливків. Як показали експерименти, однорідність (яка оцінюється за зміною параметра комірчастої структури) мікроструктурних параметрів уздовж довжини відливки, отримуваних за допомогою пропонуваного способу та пристрою, складає 25%, У той час, як у способі, який обраний як прототип, вона складала 45%. Поряд з цим, виключення з процесу отримання монокристалічних відливків операцій та засобів для нагрівання охолоджувача сприяє зниженню витрат.

Таким чином, пропонувані спосіб отримання монокристалічних відливків та пристрій для його здійснення дозволяють, у порівнянні зі способом та пристроєм, які обрані як прототипи, отримати відливки більш високої якості меншими витратами.

