



УКРАЇНА

(19) UA (11) 55470 (13) C2
(51) 7 B22D11/04,23/10,19/16,C22B9/18МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВУ

1

2

(21) 2000021062

(22) 23 02 2000

(24) 15 04 2003

(46) 15 04 2003, Бюл. № 4, 2003 р.

(72) Патон Борис Євгенович, Медовар Борис Ізраїльович, Медовар Лев Борисович, Федоровський Борис Борисович, Ланцман Ізраїль Абович, Цикуленко Анатолій Костянтинович, Ус Василь Іванович, Чернець Олександр Владиславович, Шевченко Віталій Юхимович, Саєнко Володимир Якович

(73) ЗАКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "ЕЛ-МЕТ-РОЛ-ГРУПА МЕДОВАРА"

(56) UA, 51 774, C2, prior 02 09 1999, publ 15 03 2001, Bul 2

SU, 1 758 957, A1, prior 03 07 1990, publ 20 08 1995

EP, 0 800 879, A2, prior 11 04 1996, publ 15 10 1997

US, 3 944 714, A, prior 02 04 1974, publ 16 03 1976

US, 3 981 349, A, prior 19 09 1975, publ 21 09 1976

US, 4 027 092, A, prior 17 02 1976, publ 31 05 1977

US, 4 081 180, A, prior 23 06 1976, publ 06 12 1977

US, 4 544 019, A, prior 11 05 1983, publ 01 10 1985

US, 4 305 451, A, prior 04 09 1979, publ 15 12 1981

Медовар Б.И., Цикуленко А.К., Дяченко Д.М., Качество электрошлакового металла, под ред Б.Е.Патона - К Наукова думка, 1990 - с 259-269

(57) Спосіб електрошлакового переплаву, що включає під'єднання струмопідвідного кристалізатора і витратного електрода до джерел живлення по двоконтурній схемі, подавання живлення на кристалізатор і наведення шлакової ванни у кристалізаторі, введення у шлакову ванну витратного електрода уздовж вертикальної осі кристалізатора, подавання живлення на згаданий витратний електрод і плавлення згаданого витратного електрода зі створенням металевої ванни, який **відрізняється тим, що** для забезпечення осьової кристалізації металу з великою поперечною площею перерізу вводять у шлакову ванну витратний електрод з площею поперечного перерізу не менше як 0,25 площі поперечного перерізу кристалізатора, причому витратний електрод набирають з окремих прутків, згадані прутки скріплюють між собою з зазорами між ними, а площу поперечного перерізу кожного прутка вибирають не більш 0,15 загальної площі поперечного перерізу витратного електрода

Винахід відноситься до області спеціальної електрометалургії, а більш конкретно - до способу електрошлакового переплаву електродів переважно у крупнонагові зливки, і може бути використаний при виготовленні заготовок з високолегованих сталей і суперсплавів для виробництва дисків газотурбінних установок

Широко відомо застосування для цих цілей різних методів спеціальної електрометалургії, включаючи електрошлаковий та вакуумно-дуговий переплави, дозволяючих одержати високоякісні заготовки, в яких немає дефектів у вигляді п'ятнистої ліквіації, до яких схильні високолеговані сталі і суперсплави на нікелевій основі, особливо леговані ніобієм, алюмінієм і титаном, тобто тими елементами, які найчастіш використовуються при виготовленні матеріалів для газотурбінних установок. Максимальна вага таких зливок залежить від вмісту цих елементів і чим вміст Nb, Ti, Al більше,

тим менше може бути зливков. Наприклад, для сплава 718 що сумарно вміщує приблизно 6,5% цих елементів, максимальний діаметр зливка не перевищує як правило 400-450мм. При цьому вага зливка не перевищує 2-2,5тони (Б.И. Медовар, А.К. Цикуленко, Д.М. Дяченко "Качество электрошлакового металла", К., Наук. Думка, 1990, с 259-269). Між тим, сучасна техніка потребує значно більші заготовки з високолегованих сталей і суперсплавів. Так, виготовлення, наприклад, сучасних газових турбін для електростанцій потребує поковок дисків діаметром до 2500мм, для чого потрібні зливки значно більшого діаметру і ваги.

Причиною обмежень діаметра і ваги зливка є в кінцевому рахунку об'єм і форма металевої ванни. При класичному ЕШП форма металевої ванни - конусоподібна. Такий профіль ванни зумовлений центральним характером підводу тепла до зливки, що кристалізується, і периферійним тепловідводом

(13) C2

(11) 55470

(19) UA

від нього В свою чергу, центральний характер теплопідводу зумовлений розміщенням електрода в середині шлакової ванни, в результаті чого основна частина току тече по осьовій зоні і туди ж уводиться тепло разом з краплями перегрітого електродного металу С другого боку, збільшення діаметру зливка веде до послаблення інтенсивності охолодження його центральних частин за рахунок теплопідводу у стінки кристалізатора В результаті глибина і конусність металеві ванни збільшуються Особливо сильно збільшується в центрі зливка довжина зони двухфазового твердо-рідкого стану - джерела усіх дефектів ліквідаційного походження

Оптимальні умови для плавлення і кристалізації зливка ЕШП з високолегованої сталі або суперсплава можуть бути отримані при периферійному обігріві і середньому охолодженні зливка, що кристалізується, та суттєвому зменшенні об'єму рідкого металу, що одночасно кристалізується

Найбільш повно вказаним умовам відповідає технологічна схема ЕШП з використанням токопідвідного кристалізатора, запропонованого в патенті США №4 305,451 від 15 02,1981 р., МПК В22D 27/02 В цьому випадку, на відміну від класичного ЕШП, відбувається периферійний токопідвід й, таким чином, максимальну температуру шлакова ванна має на периферії, а мінімальну - в центрі кристалізатора Це в значній мірі робить форму металеві ванни менш конусною Проте, як матеріал для наплавлення, в ньому описані у основному тверді шматкові присаджувальні матеріали (дріб, порошок, стружка і ін.), що обмежило застосування цього способу для виплавлення зливків

Найбільш близький по сукупності ознак і тому взятий за прототип спосіб описаний у європейському патенті № EP 0 800 879 A2 від 05 12 1996, МПК В22D 11/04, В22D 23/10, С22В 9/18, де розкрито спосіб електрошлакового переплаву, включаючий під'єднання струмопідвідного кристалізатора і витратного електрода до джерел живлення по двохконтурній схемі, подачу живлення на кристалізатор і наведення шлакової ванни у кристалізаторі, введення у шлакову ванну витратного електрода уздовж вертикальної осі кристалізатора, подачу живлення на згаданий витратний електрод і плавлення згаданого витратного електрода зі створенням металеві ванни За цим способом у струмопідвідному кристалізаторі витратний електрод переплавляється з роздільними ланцюгами електроживлення кристалізатора і витратного електрода і за допомогою перемикачів може здійснюватись переплав витратного електрода як по класичній схемі (електрод-піддон), так і з включенням ланцюгом кристалізатора В останньому випадку вказаний спосіб переплаву витратного електрода дозволяє зробити форму металеві ванни більш плоскою і дещо знизити потужність у ланцюзі витратного електрода без побоювання порушити формування зливка Це зменшує об'єм металеві ванни і слушно впливає на умови кристалізації зливка Разом з тим, застосування цього способу для одержання великих злитків на установках з відносно невеликою висотою колони і непристосованих до зміни витратних електродів у процесі плавки обмежує можливість істотного зменшення

глибини металеві ванни і одержання її плоскої форми Вказані особливості установки змушують переплавляти електрод великого перерізу, наприклад діаметром більш половини діаметру кристалізатора (або площею перерізу більше 0,25 площі перерізу кристалізатора), який необхідно виплавити Це приводить до того, що у процесі свого плавлення витратний електрод оплавляється на конус при занурюванні у шлакову ванну, причому глибина занурення тим більше, чим більше переріз електрода Збільшення глибини занурення електрода у шлак приводить до зменшення відстані між кінцем електрода і поверхнею металеві ванни Разом з зменшенням відстані до стінки струмопідвідної секції кристалізатора при збільшенні діаметру електрода, зменшення відстані від кінця електрода до поверхні металеві ванни приводить до зменшення опору шлакової ванни у ланцюзі струмопідвідний кристалізатор - кінець електрода - металева ванна В результаті через занурений у шлак кінець витратного електрода потече струм, що підводять від кристалізатора, додатково до струму, що підводять від джерела живлення безпосередньо до витратного електрода Зменшення відстані між електродом і поверхнею металеві ванни і шунтування струму кристалізатора кінцем електрода викликають збільшення глибини металеві ванни під витратним електродом Крім того, краплі електродного металу, що плавиться у шлаковій ванні, які мають температуру значно вище температури плавлення, поступають у центральну частину зливка, що кристалізується, збільшуючи конусність металеві ванни, і погіршують умови кристалізації зливка Вказані обставини не дозволяють при використанні вказаного способу одержати плоску форму металеві ванни великотонажних злитків, особливо при використанні електродів великого перерізу, наприклад діаметром більш половини діаметру кристалізатора (або площею перерізу більше 0,25 площі перерізу кристалізатора)

В основу винаходу, що пропонується, поставлено задачу вдосконалити спосіб електрошлакового переплаву шляхом введення у шлакову ванну витратного електрода з великою площею поперечного перерізу, яку набирають з окремих прутків щоб одержати металеву ванну плоскої форми, що забезпечує осьову кристалізацію зливка при переплаві витратних електродів великого перерізу у великотонажні зливки переважно з високолегованих сталей

Поставлену задачу вирішено тим, що запропоновано спосіб електрошлакового переплаву, включаючий під'єднаний струмопідвідного кристалізатора і витратного електрода до джерел живлення по двохконтурній схемі, подачу живлення на кристалізатор і наведення шлакової ванни у кристалізаторі, введення у шлакову ванну витратного електрода уздовж вертикальної осі кристалізатора, подачу живлення на згаданий витратний електрод і плавлення згаданого витратного електрода зі створенням металеві ванни, у якому, згідно винаходу, для забезпечення осьової кристалізації металу з великою площею поперечного перерізу зливка вводять у шлакову ванну, витратний електрод з площею перерізу, не менше як 0,25 площі

перерізу кристалізатора, причому витратний електрод набирають з окремих дротиків, згадані дротики скріплюють між собою з зазорами між ними, а переріз кожного дротика вибирають не більш 0,15 загальної площі перерізу витратного електрода

Таке рішення дозволяє запобігти оплавлення електрода з великою площею поперечного перерізу на конус, не допустити шунтування струму кристалізатора кінцем електрода і розподілити падіння крапель електродного металу по всій поверхні металеві ванни. В результаті створюється м'яка металева ванна плоскої форми, що забезпечує осьову кристалізацію зливка

Технічна суть і принцип дії винаходу пояснюються на прикладах виконання з посиланням на креслення, що додається

На фіг. схематично показано переплав витратного електрода великого перерізу, набраного з дротиків малого перерізу, у струмопідвідному кристалізаторі по двохконтурній схемі під'єднаний до джерел живлення

Спосіб, що пропонується, зводиться до наступного

Витратний електрод 1 переплавляють у струмопідвідному кристалізаторі 2 по двохконтурній схемі під'єднаний кристалізатора 2 і витратного електрода 1 до джерел живлення 3 і 4, відповідно, зі спільною точкою на виплавлюваному зливку 5. Подають витратний електрод 1 у шлакову ванну 6 уздовж вертикальної осі кристалізатора 2. При включених джерелах живлення 3 і 4 переплав витратного електрода відбувається за рахунок тепла, що виділяється у шлаковій ванні 6. При цьому оплавлення витратного електрода 1 відбувається у результаті виділення тепла у шлаковій ванні 6 безпосередньо у кінці електрода за рахунок протікання струму електрода у ланцюзі джерело живлення 4 - витратний електрод 1 - шлакова ванна 6 - металева ванна 7 - зливка 5 - джерело живлення 4, а також за рахунок тепла акумульованого шлаковою ванною 6, що виділяється при проходженні в ній струму 8 кристалізатора у ланцюзі джерела живлення 3. Виділення тепла при проходженні струму 8 відбувається у основному на периферії шлакової ванни 6, що забезпечує добре формування зливка

Як було сказано вище, при переплаві суцільного витратного електрода 3 площею перерізу більш 0,25 площі перерізу зливка 5 і заглибленні його (у результаті оплавлення на конус) у шлак частина струму кристалізатора шунтується кінцем електрода, у результаті чого через електрод протікає додатковий струм. Краплі електродного металу, що стікають з конусоподібного кінця електрода і перегрті до температури, яка істотно перевищує

температуру плавлення металу, потрапляють у локальне місце металеві ванни

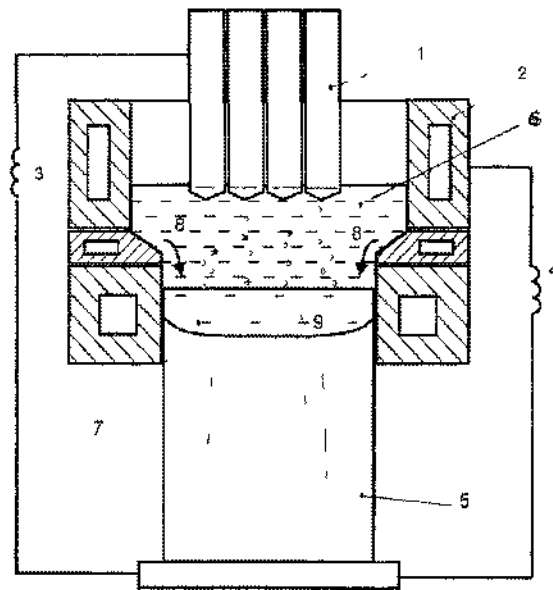
Коли витратний електрод набирають, згідно винаходу, з прутків малого діаметру з зазором між ними, оплавлення кожного прутка на конус відбувається окремо, а краплепадіння розосереджується по всьому перерізу витратного електрода 1. При цьому чим менше переріз кожного прутка, тим менше конус його оплавлення і більше відстань між кінцем витратного електрода і металеві ванною і тим більше розосередження джерел краплепадіння. Експериментальним шляхом встановлено, що оптимальний ефект від розосередження джерел краплепадіння забезпечується, якщо площа перерізу кожного прутка, з яких набирають витратний електрод, не перевищує 0,15 площі його загального перерізу. В результаті металева ванна стає більш м'якою і має більш плоску форму, що забезпечує осьову кристалізацію металу зливка

В реальному випадку здійснення наплавлення по заявленому способу конкретні дані такі

В струмопідвідному кристалізаторі діаметром 350мм переплавляли витратний електрод, який набирали у в'язку з семи прутків діаметром 70мм і площа перерізу $3846,5\text{мм}^2$ кожен. Сумарна площа перерізу витратного електрода склала $26925,5\text{мм}^2$, що відповідає суцільному електроду діаметром 185,2мм. Відношення площі поперечного перерізу витратного електрода до площі поперечного перерізу кристалізатора або коефіцієнт заповнення кристалізатора склав 0,28

Електрошлаковий переплав електрода з вуглецевої сталі величезної двохконтурній схемі від двох трансформаторів ТШП-10000/1 при сумарній потужності 350кВт. При цьому потужність у ланцюзі кристалізатора склала 230кВт, а потужність у ланцюзі витратного електрода - 120кВт. Виплавлений зливок мав висоту 490мм. Перед відключенням струму у кінці плавки у кристалізатор вводили сірчане залізо, щоб одержати витісок конфігурації металеві ванни 3 одержаного зливка вирізали поздовжній серединний темплет, виготовляли макрошліф і сірчаний витісок. Глибина металеві ванни склала всього 44мм і ванна була плоскою. Стовпчасті дендрити розташовувались паралельно поздовжньої осі зливка. При аналогічному виплавленні зливка, але шляхом переплаву суцільного електрода діаметром 170мм, металева ванна мала глибину 112мм і вона була менш плоскою

Винахід може бути використано у металургії, причому найбільший ефект може бути отриманий при виплаві переважно крупнонагових зливків, і може бути використаний при виготовленні заготовок з високолегованих сталей і суперсплавів для виробництва дисків газотурбінних установок



Фіг.