

Винахід відноситься до галузі спеціальної електрометалургії, а більш конкретно – до способу електрошлакового наплавлення переважно тел обертання, зокрема подовжених деталей, і може бути використано при виробництві і ремонті всіляких валків прокатних станів, роликів машин безперервної розливки заготовок, рольгангів прокатних станів, роликів нагрівальних печей і ін.

Широко відомо застосування для цих цілей різних методів наплавлення, включаючи електрошлакову, дозволяючих наносити на вказані вироби робочий шар з металу або інтерметалідів того ж або іншого хімічного складу, що і основний виріб.

В цієї заявці не будуть розглядатись відомі способи наплавлення з застосуванням як матеріал для наплавлення твердих електродів у вигляді дроту, стрічки, труби і ін.

Найбільш прогресивним методом наплавлення вказаних виробів є наплавлення рідким металом, що дозволяє різко знизити собівартість процесу і виробів і використати у якості матеріалів для наплавлення матеріали практично любых хімічних складів, які надзвичайно дороги або які у окремих випадках неможливо одержати у вигляді твердих електродів.

Наприклад, у патенті Великобританії № 1469113 від 30.03.1977 р. описаний спосіб електрошлакового наплавлення з застосуванням рідкого металу для наплавлення. Проте, використання звичайного - неструмопідвідного кристалізатора - не дозволило реалізувати цей процес у промислових масштабах, оскільки пристрій для його здійснення виявився надзвичайно складним і дорогим.

В публікації "Development of High-performance Roll by Continuous Pouring Process for Cladding" (ISIJ International, Vol. 32 (1992), No. 11, стор. 1202-1210) описаний спосіб наплавлення рідким металом, що нагадує по своїй суті процес вертикальної безперервної розливки сталі. Цей спосіб реалізований у промисловості, проте, по своїй суті він реалізує не сплавлення наплавлюємого металу і заготовки, а їх пайку між собою. Це обмежує можливості комбінування різних металів: наприклад, цим способом здійснюють покриття сталевих валків з низьколегірованих сталей швидкоріжучою сталлю, проте не можуть здійснити теж саме для чавунних валків. Крім того, вказаний спосіб здійснюється у дуже вузьких межах технологічних параметрів, що приводить часто до порушення суцільності паяного з'єднання валка і наплавлюємого матеріалу.

В патенті США № 4.305.451 від 15.02.1981 р. описаний спосіб електрошлакового наплавлення у струмопідвідному секційному кристалізаторі, який є вільним від більшості вищеперелічених вад, проте, як матеріал для наплавлення у ньому описані у основному тверді шматкові присаджувальні матеріали (дроб, порошок, стружка і ін.), що обмежило застосування цього способу тільки для чавунних валків, наплавлюємих тим ж чавуном.

Найбільш близький по сукупності ознак і тому взятий за прототип спосіб описаний у патенті ЕР №0063011 від 13.10.1994 МПК В22Д 19/16, 11/00. В цьому патенті розкритий спосіб електрошлакового наплавлення заготовок круглого перерізу, який містить установку заготовки, яка призначена для наплавлення, у секційний струмопідвідний кристалізатор, заливання у зазор між наплавлюємою заготовкою і стінкою кристалізатора рідкого шлаку, який є електропровідним у рідкому стані і неелектропровідним у твердому стані, для створення шлакової ванни, підвід електричної потужності до шлакової ванни, заливання рідкого присаджувального металу на рідкий шлак для наплавлення і ведення процесу електрошлакового наплавлення з одночасним витягуванням наплавлюємої заготовки. Проте, цей спосіб здійснюють при неконтрольованому режимі електрошлакового обігріву наплавлюємої заготовки і швидкості заливання наплавлюємого металу у струмову (що нагрівається) частину кристалізатора, що невиправдано ускладнює його практичну реалізацію і не дозволяє одержати заготовки з сталим рівномірним проваренням по перерізу.

В основу винаходу, що пропонується, поставлена задача вдосконалити відомий % спосіб електрошлакового наплавлення шляхом оптимізації швидкості заливання у кристалізатор рідкого металу і режиму електрошлакового обігріву наплавлюємої заготовки, ув'язавши ці параметри з потрібними розмірами товщини наплавлюємого шару і діаметру напавленої заготовки.

Поставлена задача вирішена тим, що запропонований спосіб електрошлакового наплавлення заготовок круглого перерізу, який містить установку заготовки, яка підлягає напавці, у секційний струмопідвідний кристалізатор, заливання у зазор між наплавлюємою заготовкою і стінкою кристалізатора рідкого шлаку, електропровідного у рідкому стані і не електропровідного у твердому стані, для створення шлакової ванни, підвід електричної потужності до шлакової ванни, заливання рідкого присаджувального металу на рідкий шлак для наплавлення і ведення процесу електрошлакового наплавлення з одночасним витягуванням наплавлюємої заготовки, у якому, згідно винаходу, рідкий присаджувальний метал для наплавлення заливають на рідкий шлак безперервно з швидкістю, величина якої пов'язана з заданим діаметром наплавлюємої заготовки і заданою товщиною наплавлюємого шару вказаним співвідношенням:

$$v = k_1 \cdot t (D - t),$$

де v - швидкість заливання рідкого присаджувального металу (кг/хв),

k_1 - $(1,2 - 4,9) \cdot 10^{-4}$ - коефіцієнт пропорційності, встановлений залежно від фізичних характеристик наплавлюємого металу; t - задана товщина напавленого шару (мм); D - заданий діаметр наплавлюємої заготовки (мм); при цьому підтримують потужність на шлаковій ванні чисельно рівної

$$P_1 = k_2 D,$$

де P_1 - потужність на шлаковій ванні (кВт);

$k_2 = 0,6 - 1,2$ - коефіцієнт пропорційності, встановлений залежно від фізичних характеристик матеріалу заготовки;

D - заданий діаметр наплавлюємої заготовки (мм).

В такому способі потужність на шлаковій ванні, що обумовлює нагрівання і оплавлення поверхні

наплавлюємої заготовки, пов'язана з потрібним діаметром напавленої заготовки незалежно від товщини наплавки простим співвідношенням, у якому коефіцієнт пропорційності враховує можливі коливання фізичних властивостей (температуру плавлення, тепло- і температуропровідність) матеріалу заготовки, яка підлягає наплавці, а також бажану величину проварення. Чим більше температура плавлення, тепло- і температуропровідність матеріалу заготовки, що підлягає наплавці, а також бажана величина проварення, тим більше значення коефіцієнта пропорційності k_2 . Коефіцієнт пропорційності k_1 (що пов'язує швидкість заливання рідкого присаджувального металу v з потрібним діаметром напавленої заготовки і товщини наплавки враховує можливі коливання фізичних властивостей (температуру плавлення, тепло- і температуропровідність) наплавляемого матеріалу, а також потужність на шлаковій ванні. Чим менше температура плавлення, тепло- і температуропровідність наплавлюемого матеріалу, і більше потужність на шлаковій ванні, тим більше значення коефіцієнта пропорційності.

Таке рішення дозволяє раціонально здійснити процес напавлення зі створенням надійного з'єднання наплавлюемого матеріалу і заготовки для любого заданого діаметру заготовки і товщини напавленого шару і будь-якої підводимої до шлакової ванни потужності.

Можливо рідкий присаджувальний метал для напавлення заливати на рідкий шлак порціями, величина яких визначається співвідношенням:

$$n = k_3 \cdot t(D - t),$$

де n - величині порції (кг),

$k_3 = (0,1 - 0,3) \cdot 10^{-3}$ - коефіцієнт пропорційності, який установлюють залежно від усередненою швидкості

подачі рідкого присаджувального металу;

t - задана товщина напавленого шару (мм);

D - заданий діаметр напавлюємої заготовки (мм).

Подача металу порціями розширює можливе застосування способу, при цьому зберігається задана швидкість подачі рідкого присаджувального металу, яка у цьому випадку буде усередненою, і потужність на шлаковій ванні. Коефіцієнт пропорційності k_3 , що пов'язує величину порції рідкого присаджувального металу n з потрібним діаметром напавленої заготовки і товщини наплавки враховує можливі коливання величини порції, пов'язані з величиною усередненою швидкості подачі рідкого присаджувального металу і порушенням сталості проварення. Чим вище середня швидкість подачі рідкого присаджувального металу, тим вище значення коефіцієнта k_3 .

Краще рідкий присаджувальний метал для напавлення заливати на рідкий шлак при температурі, рівній температурі ліквідусу, для забезпечення дрібнозернистої структури напавленого металу.

Це дозволяє усунути небажану структурну спадкоємність напавленого металу і забезпечити його дрібнозернисту структуру, яка забезпечує високі міцнісні характеристики напавленого шару.

Доцільно рідкий присаджувальний метал для напавлення заливати на рідкий шлак після електрошлакового підігрівання напавлюємої заготовки до температури 450 - 600°C при потужності на шлаковій ванні, що визначається з співвідношення:

$$P_2 = k_4 D,$$

де P_2 - потужність на шлаковій ванні (кВт);

$k_4 = 0,3 - 0,6$ - коефіцієнт пропорційності, встановлений залежно від фізичних характеристик матеріалу заготовки;

D - заданий діаметр напавленої заготовки (мм),

для усунення імовірності створення холодних тріщин у основному і напавленому металі на початковій ділянці напавлення.

Це дозволяє здійснити попереднє підігрівання заготовки безпосередньо у кристалізаторі і усунути імовірність створення холодних тріщин у основному і напавленому металі на початковій ділянці напавлення матеріалів, що заготовуються. Це виключає необхідність застосування спеціальних термічних засобів для здійснення попереднього підігрівання.

Технічна суть і принцип дії винаходу пояснюються на прикладах виконання з посиланням на рисунки, що додаються.

На фіг.1 схематично показано розміщення деталі, що підлягає наплавці, у секційному кристалізаторі, їх під'єднання до джерела живлення і операцію заливання у кристалізатор рідкого шлаку і рідкого металу для напавлення.

На фіг.2 схематично показана виплавка шлаку у флюсоплавильній печі.

Суть способу, що пропонується, зводиться до наступного.

Заготовку 1, що підлягає наплавці, встановлюють у струмопідвідний секційний кристалізатор 2 (фіг.1) і суміщують поздовжню вісь заготовки з поздовжньою віссю кристалізатора. Кристалізатор секціоновано по висоті на струмопідводну секцію 2 і формуючу секцію 3. Між струмопідводною верхньою секцією кристалізатора і формуючою секцією розташована проміжна секція 4. В боковій стінці формуючої секції встановлений датчик 5 рівня металевої ванни. Таке секціонування кристалізатора забезпечує рівномірність струмо- і теплорозподілів.

У флюсоплавильній печі 6 (фіг.2) виплавляють шлак, наприклад $1/3\text{CaF}_2 - 1/3\text{CaO} - 1/3\text{Al}_2\text{O}_3$ і здійснюють заливання у зазор між напавлюємою заготовкою 1 і стінкою кристалізатора рідкого шлаку, електропровідного у рідкому стані і неелектропровідного у твердому стані, до рівня у струмопідвідній секції кристалізатора, показаного на фіг.1, зі створенням шлакової ванни. Після цього вмикають джерело живлення 7 і підводять електричну потужність до шлакової ванни, яку встановлюють залежно від необхідного діаметру напавленої заготовки, а отже і діаметру формуючої секції кристалізатора, шляхом змінення напруги холостого ходу джерела живлення.

Потім потужність на шлаковій ванні збільшують до значення згідно з залежністю $P_1 = k_1 D$, де D - заданий діаметр наплавлюємої заготовки, а $k_1 = 0,6 - 1,2$ залежно від фізичних характеристик матеріалу заготовки. Ця залежність виведена емпіричним шляхом. Зниження коефіцієнта k_1 нижче 0,6 не забезпечує очікуваного прогрівання заготовки, а збільшення вище 1,2 приводить до інтенсивного оплавлення поверхні заготовки. Після виходу на заданий електричний режим починають процес наплавлення - здійснюють заливання рідкого металу для наплавлення, якій виплавляють у окремому агрегаті 8, у зазор між наплавлюємою заготовкою і стінкою кристалізатора з швидкістю $v = k_2(D - t)$, де $k_2 = (1,2 - 4,9)10^{-4}$ і одночасно починають витяжку наплавлюємої заготовки з кристалізатора, підтримуючи постійним рівень рідкої металевої ванни за допомогою датчика рівня. Ця залежність виведена емпіричним шляхом і визначається фізичними характеристиками наплавлюємого металу. При величині коефіцієнта k_2 нижче $1,2 \cdot 10^{-4}$ не виправдано сповільнюється швидкість електрошлакового наплавлення, а при перевищенні величини $4,9 \cdot 10^{-4}$ ускладнюється одержання повного проварення. Заливання рідкого присаджувального металу на рідкий шлак можна здійснювати порційне з величиною порції $n = k_3 t (D - t)$, де $k_3 = (0,1 - 0,3) 10^{-3}$ залежно від фізичних характеристик матеріалу заготовки. Ця залежність виведена емпірично. При величині k_3 нижче $0,1 \cdot 10^{-3}$ неможливо добитись утримування порції у рідкому стані. При величині k_3 вище $0,3 \cdot 10^{-3}$ сталість електричного режиму і проварення заготовки порушується.

На випадок використання для наплавлення шару матеріалу схильного до структурної спадкоємності, наприклад інструментальних швидкоріжучих сталей, температуру рідкого металу у окремому плавильному агрегаті перед заливанням його у проміжний ковш 8 або інший пристрій для заливання у струмопідвідний кристалізатор доводять до температури на $100 - 200^\circ \text{C}$ вище температури ліквідусу цього матеріалу, а після заливання у цей пристрій охолоджують рідкий присаджувальний метал до температури ліквідусу матеріалу, після чого заливають цей метал у кристалізатор. Це дозволяє усунути небажану структурну спадкоємність наплавленого металу і забезпечити його дрібнозернисту структуру, яка забезпечує високі міцнісні характеристики наплавленого шару.

На випадок використання для наплавлення матеріалів, що сильно загартовуються, і необхідності попереднього підігрівання наплавлюємої заготовки встановлюють потужність на шлаковій ванні згідно з залежністю $P_2 = k_4 D$, де $k_4 = 0,3 - 0,6$, і підтримують цю потужність до тих пір, поки температура початкової ділянки, тобто, ділянки, яка розташована безпосередньо над шлаковою ванною, не досягне температури $450 - 600^\circ \text{C}$, вимірюваної будь-яким відомим способом, наприклад пірометром. Вказана залежність виведена емпірично і визначається фізичними характеристиками матеріалу заготовки. При k_4 меншому 0,3 неможливо прогріти заготовку до заданої температури, при k_4 більшому 0,6 нагрівання відбувається надто швидко, у зв'язку з чим його стає важко контролювати.

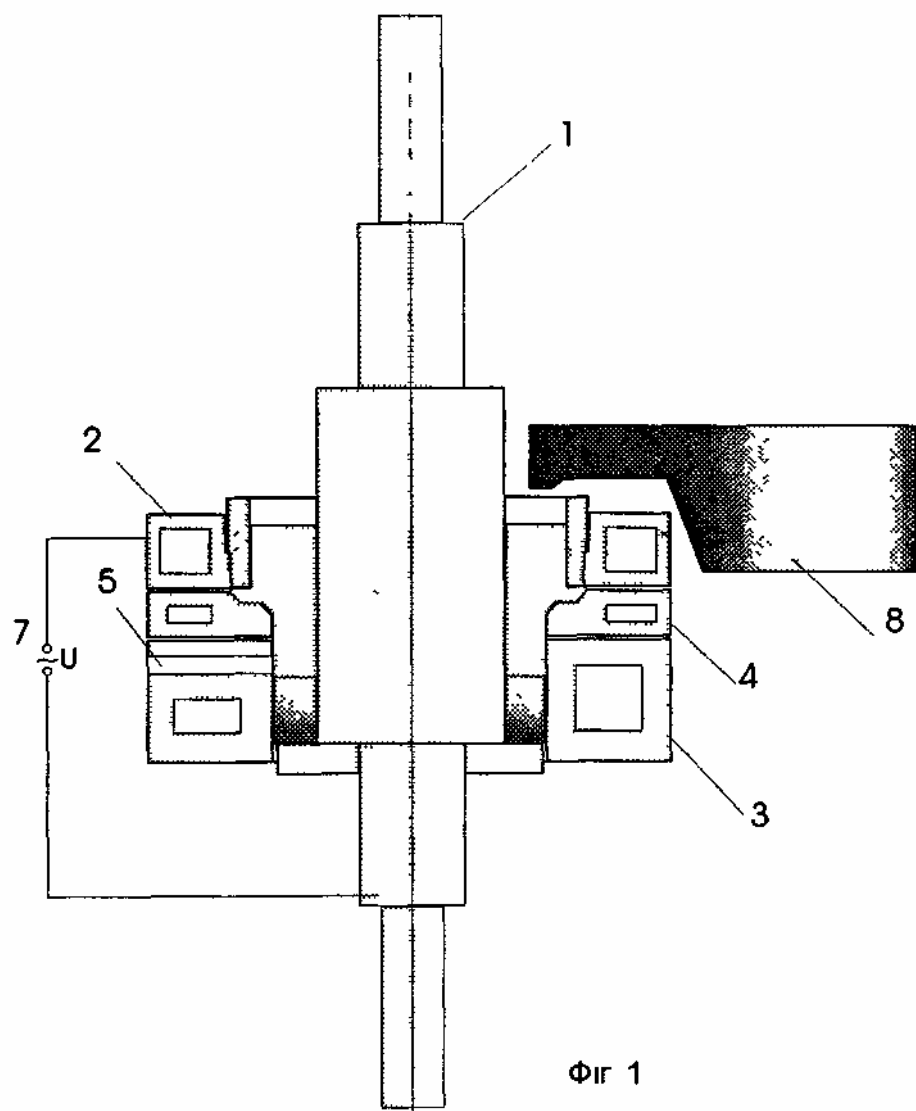
В реальному випадку здійснення наплавлення по замовлюваному способу конкретні дані такі:

На вісь діаметром 270мм з сталі типу 50ХН необхідно наплавити шар інструментальної швидкоріжучої сталі типу М2 товщиною 40мм. Виходячи з цього, для наплавлення обраний струмопідвідний кристалізатор з внутрішнім діаметром формуючої секції кристалізатора, як і внутрішнім діаметром проміжної секції, рівним 350мм. Внутрішній діаметр струмопідвідної секції, що складається у плані з двох частин, під'єднаних послідовно до одного виводу лічного трансформатора промислової частоти потужністю 2500кВт, становить 430мм. Висота формуючої частини - 160мм, а струмопідводної - 70мм. Вісь, що підлягає наплавці, має загальну довжину 2500мм. Наплавляють 1800мм сталлю типу М2. Піддон-затравку встановлюють на 15мм нижче верхнього зрізу формуючої секції і заливають шлак, приготовлений у окремій флюсоплавильній печі, до рівня 40мм вище нижнього зрізу струмопідводної секції і вмикають електричне живлення установки. Шляхом змінення напруги холостого ходу трансформатора встановлюють потужність на шлаковій ванні рівну 150кВт і підігрівують при цій потужності початкову ділянку осі протягом 8 - 10хв, поки температура поверхні осі на відстані 10 - 20мм над поверхнею дзеркала шлакової ванни, що визначається радіаційним пірометром, не досягне 600°C . Після цього підвищують потужність на шлаковій ванні до 300кВт і починають порційне заливання рідкого металу з середньою швидкістю 3кг/хв, причому величина порції становить 2кг. Одночасно з подачею рідкого присаджувального металу здійснюють безперервну витяжку наплавлюємої осі з кристалізатора з швидкістю 10мм/хв. Частоту подачі порцій і момент подачі кожної наступної порції наплавлюємого металу визначають по сигналу датчика рівня, засвідчуючого про зниження рівня рідкого металу у формуючій секції кристалізатора нижче рівня установки датчика.

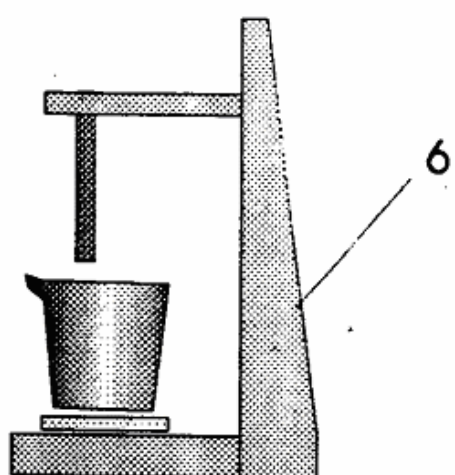
Сталь М2 розплавляють у окремому агрегаті шляхом електрошлакового переплаву витратного електрода у футерованому вогнетривким матеріалом тіглі на режимах, що забезпечують перегрівання металу до 1600°C . Подача рідкої сталі у кристалізатор здійснюється шляхом черпання її з тігла холодним сталевим ковшем ємністю 2кг, охолодження сталі у ковшу до температури ліквідусу, що визначається по наявності гарнісажно кірочки на ковшу, і виливання рідкої сталі з ковша на дзеркало шлакової ванни у кристалізаторі у зазор між стінкою кристалізатора і віссю.

Таке здійснення способу забезпечує оптимізацію швидкості подачі заготовки у кристалізатор рідкого металу і режиму електрошлакового обігріву наплавлюємої заготовки, що, в свою чергу, дає можливість стабілізувати одержання напавленої заготовки круглого перерізу з рівномірним проваренням по перерізу і висоті.

Винахід може бути використано у металургії, причому найбільший ефект може бути одержаний при виробництві і ремонті подовжених деталей круглого перерізу, таких як валки прокатних станів, ролики машин безперервної розливки заготовок, рольганги прокатних станів, ролики нагрівальних печей і ін.



Фиг. 1



Фиг. 2