

Область техніки

Винахід відноситься до галузі зварювання та спеціальної електрометалургії, а більш конкретно - до способу електрошлакового наплавлення металу на поверхню заготовок або виробів і може бути використаний при виробництві і ремонті заготовок великої товщини, біметалічних заготовок, всіляких валків прокатних станів, роликів машин безперервного розливу заготовок, рольгангів прокатних станів, роликів нагрівальних пічей і ін.

Передуючий рівень техніки

Широко відоме застосування для цих цілей різних методів зварювання та наплавлення, включаючи електрошлаковий спосіб, дозволяючих одержувати нерознімне з'єднання металевих заготовок великої товщини та наносити на вказані заготовки робочий шар з металу того ж або іншого хімічного складу.

Найбільш оптимальні властивості зони з'єднання забезпечуються при зварюванні плавленням. У цьому випадку метал кромок деталей, що зварюються, розплавляється та мимовільно без додатка зовнішнього зусилля зливається між собою чи з присадним металом, утворюючи спільну ванну. При цьому відбувається руйнування плівок, що покривають поверхню елементів, що з'єднуються, і зближення атомів металу деталей, що зварюються, до відстані, при якій виникають металеві зв'язки. Подальша кристалізація розплавленого металу ванни починається від частково оплавлених зерен основного металу.

Утворення спільної металевої ванни при змішуванні основного і присадного металу під час зварювання є в ряді випадків негативним фактором, що перешкоджає одержанню доброякісного з'єднання різнорідних металів, приводячи до утворення 30 проміжних, крихких структур і т.п. Стосовно до наплавлення, розплавлювання основного металу і змішування його з присадним металом приводить до зміни складу останнього. Це викликає необхідність контролю глибини провару і забезпечення його сталості у всіх перетинах виробу, що наплавляється. У іншому випадку одержуваний метал наплавлення буде мати в різних перетинах різний склад а, отже, і властивості.

Стабільність складу наплавленого металу можна забезпечити двома способами: відповідним зниженням глибини провару при незмінній товщині наплавлення і збільшенням товщини наплавлення при незмінному проварі. І в тому, і в іншому випадку може бути отримана та мінімальна частка основного металу в спільному об'ємі наплавленого металу, яка може бути прийнятною з погляду складу і властивостей металу наплавлення.

Одним з найбільш ефективних способів у цьому відношенні є електрошлакове наплавлення. Таким способом можна наплавити шар металу товщиною 20-90мм при глибині провару всього 1,5-2,0мм (Електрошлаковая сварка и наплавка / Под редакцией Б.Е. Патона - М: Машиностроение, 1980. -511с). У цьому випадку зі збільшенням товщини наплавлення частка основного металу в зоні з'єднання складає ледве більш 2%. Подальше зниження частки основного металу при канонічній схемі електрошлакового наплавлення дається важко, оскільки шлакова ванна в цій схемі є залежним джерелом теплоти, тобто існує твердий взаємозв'язок між електричним режимом і швидкістю плавлення електрода. Тому змінити товщину чи швидкість наплавлення без відповідної зміни кількості тепла, що виділяє шлакова ванна, неможливо. У свою чергу це перешкоджає істотному зниженню частки основного металу в об'ємі металу наплавлення.

Спроби перебороти жорстку залежність між продуктивністю класичного електрошлакового процесу і його температурних параметрів призвели до створення способів електрошлакового наплавлення, де замість електродів, що витрачаються, використовується рідкий присадний метал. З'явилася можливість істотно збільшення товщини шара, що наплавляється, практично без збільшення глибини провару основного металу. При цьому наплавлення можна здійснювати як у горизонтальному, так і у вертикальному положенні.

Складніше виглядає справа з одержанням наплавлення з досить малою товщиною наплавленого шару і з досить малою часткою основного металу. Уже при товщині наплавлення 15мм і менше частка основного металу може перевищити 10%, що в ряді випадків неприпустимо. Наприклад, останнім часом виникає усе більша практична необхідність у наплавленні високолегованих сталей і сплавів на елементи з вуглецевої чи низьколегованої сталі. До біметалічних конструкцій такого типу належать, наприклад, композитні заготовки круглого профілю з вуглецевої сталі з зовнішнім шаром з корозійностійкої високолегованої сталі типу 18-8 для виробництва будівельної арматури й ін. У цьому випадку прийнятною часткою основного металу може бути отримана тільки за рахунок зменшення глибини провару.

Однією з успішних спроб істотного зниження провару при електрошлаковому наплавленні є спосіб електрошлакового наплавлення з використанням електрода, що плавиться, устаткованого з малими зазорами між деталями, що наплавляються і деталями, що формуються (Патент США №3869592, МПК В23К, опубл. 4.03.75.). Цей спосіб успішно застосовується при наплавленні невеликих по площі поверхонь, наприклад, при виробництві термометалу. Ефективність цього процесу обумовлена авторегулюванням швидкості наплавлення, оплавленням кромок металу, що наплавляється. Швидкість наплавлення в цьому випадку постійно зростає. Подібний процес не має місця при канонічному електрошлаковому процесі плавлення витратного електрода з великими зазорами.

Радикальним способом одержання тонкошарового наплавлення був би спосіб, що забезпечує нульовий провар. Такий спосіб, названий Н. Ф. Лашко і С. В. Лашко сварко-паянням (С. В. Лашко, Н. Ф. Лашко, Пайка металлов. - М.: Машиностроение, 1988. -376с), має одночасно характерні риси зварювання плавленням і пайки, при якому досить одну з деталей, що з'єднуються, нагріти до розплавлення, а іншу нагріти нижче температури солідуса. Такий процес можна здійснити при безпосередньому з'єднанні металів чи сплавів, що сильно відрізняються по температурах плавлення (наприклад, при з'єднанні сталі з міддю - Авторське посвідчення №185420, МПК Н05В, 13.08.66), і необхідний, коли температура плавлення одного з металів вище температури кипіння іншого металу (наприклад, при з'єднанні вольфраму, молібдену, ніобію з міддю).

Рішення проблеми істотно ускладнюється, якщо різниця в температурах плавлення металу, що підлягає наплавленню, і металу, який наплавляють (присадного металу), не істотна, наприклад, при наплавленні спеціальних сталей і сплавів на вуглецеві і низьколеговані сталі.

Очевидно, що температура електрошлакового процесу ($T_{\text{ш}}$) повинна задовольняти умові $T_{\text{Л}}^{\text{П}} < T_{\text{ш}} \leq T_{\text{S}}^{\text{О}}$,

где T_L^{Π} - температура ліквідуса присадного металу, а T_S^{O} - температура солідуса металу, що підлягає наплавленню. У цьому випадку виключається небезпека розплавлювання металу, що підлягає наплавленню, шлаковою ванною і його перепалу. У той же час створюються умови для тривалого контакту шлакової ванни і рідкого металу з твердою поверхнею, на яку здійснюють наплавлення. Це сприяє повноті протікання рафінуючих реакцій шлаку з металічною поверхнею і дифузійних процесів між рідким і твердим металом.

Для чорних металів і спеціальних сплавів діапазон температур $T_S^{\text{O}} - T_L^{\Pi}$ досить вузький і складає в більшості випадків 100-200° С, а іноді і того менше.

Це означає, що температура електрошлакового процесу при наплавленні-паянні може змінюватися в досить вузькому інтервалі, що вимагає точного дотримання складу шлака й електричних параметрів плавки. Інакше кажучи, температура шлакової ванни не повинна істотно відрізнятись від заданої при будь-яких флуктуаціях режиму плавки й умов охолодження плавильного простору.

Стабілізувати температуру шлакової ванни можна, довівши її до кипіння. У цьому випадку, незалежно від режиму плавки температура шлакової ванни буде постійна. Збільшення електричної потужності буде приводити лише до більшої інтенсивності кипіння шлаку. Саме цей принцип був покладений в основу найбільш близького до даного винаходу по сукупності суттєвих ознак способу електрошлакового наплавлення зі зменшеною глибиною провару (Авторське посвідчення №228832, МПК H05B, 17.10.68, прототип). У цьому способі електрошлакового наплавлення створюють шлакову ванну, поміщають виріб, що підлягає наплавленню у шлакову ванну, нагрівають його без оплавлення теплом, яке генерують у шлаковій ванні пропусканням крізь неї електричного струму, і потім подають присадний метал на шлакову ванну.

Для зменшення глибини провару можна застосувати легкоплавкий шлак, що містить CaF_2 (В. В. Подгаецкий, И. И. Люборец. Сварочные флюсы / К: Техніка, 1984. -167с, прототип), в якому інші компоненти шлаку вибрані так, щоб їх температура кипіння була близька до температури плавлення металу, що підлягає наплавці, і, таким чином, використати ефект зниження температури шлакової ванни в результаті википання окремих компонентів шлаку. Такими компонентами, що мають низьку температуру кипіння, є, наприклад, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, CaCl_2 , KF. Уведення у флюс 10-20% компонента з низькою температурою кипіння дає можливість знизити температуру шлакової ванни і підтримувати її на одному рівні.

Однак, наплавлення в киплячому шлаці не можна визнати оптимальним рішенням проблеми через зміну його складу в процесі кипіння і необхідності постійної добавки компонентів у міру їхнього зникнення зі шлаку. Але, головне, це екологічні проблеми, що виникають при інтенсивному виділенні шкідливих речовин при кипінні шлаку. Крім того, необхідність розплавлювання витратного електрода безпосередньо в шлаковій ванні, яка передбачена в цьому способі, не дозволяє істотно знизити задану температуру шлакової ванни. Тому указаний процес не дістав належного поширення.

Суть винаходу

В основу винаходу, що пропонується, поставлена задача вдосконалити відомий спосіб електрошлакового наплавлення металу або сплаву шляхом оптимізації температури шлакової ванни та розірвати жорсткий зв'язок між нагріванням металу виробу, що підлягає наплавленню, та плавленням присадного металу.

Поставлена задача вирішена тим, що запропонований спосіб електрошлакового наплавлення металу або сплаву, якому створюють шлакову ванну, поміщають виріб, що підлягає наплавленню, у шлакову ванну, нагрівають його без оплавлення теплом, яке генерують у шлаковій ванні пропусканням через неї електричного струму, і потім подають присадний метал на шлакову ванну, у якому, за винаходом, створюють шлакову ванну з легкоплавкого шлаку, вимірюють температуру шлакової ванни пірометром і підтримують її на 30-50°С нижче температури ліквідусу металу або сплаву, з якого виготовлений виріб, що підлягає наплавленню, подають присадний метал або сплав на шлакову ванну у вигляді розплаву, приготовленого в окремому агрегаті і нагрітого на 50-70°С вище його температури ліквідусу.

У цьому випадку застосування рідкого присадного металу, що готується в окремому агрегаті, звільняє від необхідності мати температуру шлакової ванни, достатню для плавлення витратного електрода і тим самим дає можливість знизити температуру шлакової ванни до будь-якого заданого рівня. Доцільно підтримувати температуру шлакової ванни на 30-50°С нижче температури ліквідусу металу, що підлягає наплавленню, тому, що така температура шлаку забезпечує очистку поверхні металу, що підлягає наплавленню, від окисної плівки, адсорбованих газів та інших забруднень. При більшій температурі виникає небезпека локального підплавлення і перепалу цього металу через нерівномірність температурного поля шлакової ванни, при меншій температурі є небезпека локальної несплавки металу, що підлягає наплавленню, і присадного металу. Перегрів присадного металу на 50-70°С обумовлений необхідністю внесення в плавильний простір додаткової кількості тепла, необхідного для утворення зварного з'єднання, і недопущення підплавлення металу, що підлягає наплавленню, теплом, акумульованим рідким присадним металом.

Доцільно виріб, що підлягає наплавленню, у вигляді тіла обертання поміщати у шлакову ванну, створену в струмопідвідному кристалізаторі, який переміщають відносно вказаного тіла обертання з постійною швидкістю, при цьому керувати процесом наплавлення, регулюючи потужність електричного струму в шлаковій ванні в залежності від показань пірометра.

Таке рішення дозволяє здійснити рівномірне переміщення теплового поля уздовж поверхні, що підлягає наплавленню, і спрощує підтримку постійної температури цієї поверхні.

Поставлена задача вирішена також тим, що запропонований легкоплавкий шлак для електрошлакового наплавлення за згаданим вище способом, що містить CaF_2 , який за винаходом, для забезпечення широкого інтервалу твердіння додатково містить оксиди алюмінію, титану, магнію і фтористий літій при такому співвідношенні компонентів (ваг. %):

Al_2O_3	13-15;
TiO_2	13-15;
MgO	3-4;

LiF
CaF₂

5-10;
інше.

Таке рішення пов'язано з тим, що необхідною умовою здійснимості пропонованого способу наплавлення є застосування легкоплавкого шлаку, тобто шлаку, який при заданій температурі шлакової ванни мав би достатню рідкоплинність і малу адгезію до металу поверхні, що підлягає наплавленню, не змінюючи істотно своєї в'язкості при невеликих відхиленнях температури. Крім того, він повинний забезпечувати збереження вмісту в наплавленому металі легкоокисних елементів і належне формування поверхні наплавленого металу при взаємному переміщенні кристалізатора і виробу, для чого твердіння шлаку повинне відбуватися в досить широкому температурному інтервалі.

Стабільність електрошлакового процесу при використанні шлаку пропонованого складу забезпечується наявністю фтористого кальцію, кількість якого (60-65%) у поєднанні з невеликими добавками (3-4%) оксиду магнію забезпечує низькі значення в'язкості і добру рідкоплинність шлаку при високих і низьких температурах. Наявність у шлаку оксиду алюмінію й оксиду титану в достатніх кількостях (по 13-15%) забезпечує збереження в наплавленому металі легкоокисних елементів, навіть таких як титан і алюміній, і широкий інтервал затвердіння шлаку. Наявність у шлаку 5-10% фтористого літію дозволяє знизити температуру плавлення шлаку до температур на 300-400°C нижче температури плавлення більшості вуглецевих і низьколегованих сталей.

Короткий опис рисунків

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

На доданій фігурі схематично показано розташування довгомірного виробу у вигляді тіла обертання, що підлягає наплавленню, у секційному кристалізаторі, їх під'єднання до джерела живлення і операцію заливання у кристалізатор рідкого металу для наплавлення.

Докладний опис винаходу

Суть способу, що пропонується, полягає у наступному. Виріб 1, що підлягає наплавленню, (див. фіг.) встановлюють у струмопідвідній секційній кристалізаторі 2,3,4 (фіг.).

Кристалізатор є секціонованим по висоті на струмопідвідну секцію 2 і формуючу секцію 3. Між струмопідвідною верхньою секцією кристалізатора і формуючою секцією розташована проміжна секція 4. Струмопідвідну секцію 2 кристалізатора і виріб 1, що підлягає наплавленню, підключають до джерела живлення 7.

Розплавлений у флюсоплавильній печі шлак заливають у плавильну зону, створюючи шлакову вану 8. Після цього вмикають джерело живлення 7 і підводять електричну потужність до шлакової ванни, яку встановлюють залежно від об'єму шлакової ванни шляхом змінення напруги холостого ходу джерела живлення.

Потім потужність на шлаковій ванні змінюють в залежності від температури шлакової ванни, яку вимірюють за допомогою пірометра 9, який через систему вимірювання температури 10 і систему керування II з'єднаний з джерелом живлення 7. Після виходу на заданий електричний режим і досягнення шлаковою ванною температури на 30-50°C нижче температури солідуса металу виробу, що підлягає наплавленню, починають процес наплавлення шляхом поступового заливання на шлакову ванну 8 рідкого присадного металу 12, який виплавляють у окремому агрегаті з перегрівом на 50-70°C вище температури ліквідуса присадного металу, через заливальний пристрій 13. У випадку довгомірних заготовок, що наплавляють з поступовим їх витягуванням з плавильної зони, одночасно починають витяжку зварного з'єднання 14 з кристалізатора, підтримуючи постійним рівень рідкої металічної ванни 15.

Заливання рідкого присадного металу на рідкий шлак можна здійснювати порційно або безперервно з постійною лінійною швидкістю. Оптимальною величиною швидкості буде та, що не потребує суттєвої постійної зміни електричної потужності на шлаковій вані в міру її переміщення відносно заготовки, що зварюється.

Приклад реалізації винаходу

В реальному випадку здійснення наплавлення за заявленим способом конкретні дані такі:

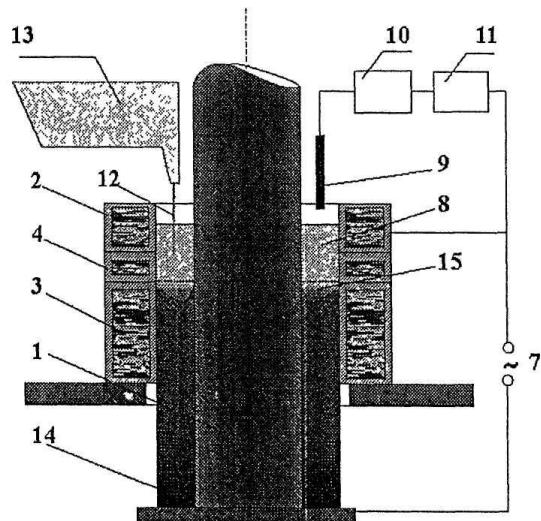
На вісь діаметром 270мм з сталі типу 20 необхідно наплавити шар нержавіючої сталі типу Х18Н9Т товщиною 15мм. Виходячи з цього, для наплавлення обраний струмопідвідний кристалізатор, у якому внутрішній діаметр формуючої секції, як і внутрішній діаметр проміжної секції, становить 300мм. Внутрішній діаметр струмопідвідної секції, що складається у плані з двох частин, під'єднаних послідовно до одного виводу пічного трансформатора промислової частоти потужністю 2500кВт, становить 430мм. Висота формуючої секції - 160мм, а струмопідвідної - 70мм. Вісь, що підлягає наплавленню, має загальну довжину 2500мм. Наплавляють 2350мм сталлю типу Х18Н9Т. Піддон-затравку встановлюють на 15мм нижче верхнього зрізу формуючої секції. В окремій флюсоплавильній печі розплавляють шлак, що має склад (ваг. %): 62 CaF₂ - 14 Al₂O₃ - 14 TiO₂ - 4 MgO - 6 LiF, заливають його до рівня 40мм вище нижнього зрізу струмопідвідної секції і вмикають електричне живлення установки. Шляхом змінення напруги холостого ходу трансформатора встановлюють потужність на шлаковій ванні 150кВт і підігрівають 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 продовжують підігрів при цій потужності доки температура поверхні шлакової ванни, яку вимірюють радіаційним пірометром, не встановиться на рівні 1450°C. Тим часом в окремому агрегаті шляхом електрошлакового перепау витратного електрода у футерованому вогнетривкім матеріалом тіглі розплавляють сталь Х18Н9Т на режимах, що забезпечують перегрівання металу до температури 1450°C, що на 60°C вище його температури ліквідуса, та починають порційне заливання рідкого металу на шлакову вану з середньою швидкістю 1кг/хв. Одночасно з подачею рідкого присадного металу здійснюють безперервну витяжку вісі із кристалізатора з швидкістю 10мм/хв. Частота подачі порцій контролюється датчиком рівня, що встановлений у формуючій секції кристалізатора. Вказана швидкість є оптимальною для вказаних умов

наплавлення. Відхилення температури шлакової вани від заданих 1450°C на протязі усієї наплавки не перевищує $\pm 10^\circ\text{C}$.

Таке здійснення способу забезпечує зварювання металу, що підлягає наплавленню, з присадним металом без оплавлення металу, що підлягає наплавленню. Це дає можливість одержати наплавлену заготовку круглого перерізу з рівномірним проваренням та забезпечити стабільність хімічного складу металу по перерізу і висоті.

Промислова застосованість

Винахід може бути використано у зварюванні та 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 пічей і ін.



ФІГ.