

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія

ЖАРІКОВ СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 621.791.92

**УДОСКОНАЛЕННЯ САМОЗАХИСНОГО ПОРОШКОВОГО ДРОТУ
ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ ШТАМПІВ ШЛЯХОМ ВВЕДЕННЯ
ЕКЗОТЕРМІЧНОЇ СУМІШІ В НАПОВНЮВАЧ**

Спеціальність 05.03.06 – зварювання та споріднені процеси і технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Краматорськ – 2015

Дисертацією є рукопис.

Дисертація виконана на кафедрі «Обладнання і технологій зварювального виробництва» Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА) Міністерства освіти і науки України, м. Краматорськ.

Науковий керівник кандидат технічних наук, доцент
Гринь Олександр Григорович,
Донбаська державна машинобудівна академія,
м. Краматорськ,
декан факультету інтегрованих технологій
і обладнання

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Размишляєв Олександр Денисович,
ДВНЗ «Приазовський державний технічний
університет», м. Маріуполь,
професор кафедри «Обладнання та технологія
зварювального виробництва»;

доктор технічних наук, професор
Єфіменко Микола Григорович
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків,
професор кафедри «Зварювання».

Захист відбудеться 23 жовтня 2015 р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К12.105.02 у Донбаській державній машинобудівній академії за адресою: 84313, Донецька обл., м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72, корп. 2, ауд. 2313.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Донбаської державної машинобудівної академії за адресою: 84313, Донецька обл., м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72, корп. 1.

Автореферат розісланий 14 вересня 2015 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
канд. техн. наук, доцент

С. Л. Міранцов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасне промислове виробництво в Україні направлене на підвищення якості продукції, зниження витрат матеріалів і енерговитрат. Одним зі шляхів досягнення цих цілей є застосування відновлювального наплавлення штампового інструменту, який виконує операції вирубування в холодному стані. При правильно обраному складі наплавлюваного металу зазначений процес дозволяє не тільки відновлювати інструмент, але й підвищувати його міжремонтну й сумарну стійкість. Робоча поверхня штампа повинна мати високу ударну в'язкість і стійкість до стирання. Відновлення штампового інструменту наплавленням дозволяє одержати метал практично будь-якого складу, який має високі механічні властивості. Разом з тим у зв'язку з розширенням номенклатури конструкційних матеріалів, що піддаються вирубуванню в холодному стані, з'являється необхідність у підвищенні властивостей наплавлюваного металу й зварювально-технологічних характеристик порошкових дротів. При цьому економиться значна кількість легованої сталі, знижуються енерговитрати й загальна собівартість продукції. Отже, розроблення і вдосконалення матеріалу для наплавлення холодноштампового інструменту є актуальним завданням.

Для наплавлення холодноштампового інструменту широко застосовуються самозахисні порошкові дроти. Проте однією з проблем застосування самозахисних порошкових дротів є відставання плавлення осердя від оболонки. При великих швидкостях подавання дроту відставання є серйозним недоліком, який призводить до потрапляння нерозплавленого осердя до зварювальної ванни, що у свою чергу викликає засмічення наплавленого металу неметалевими включеннями й появу хімічної неоднорідності. Це погіршує властивості наплавленого металу й знижує стійкість штампового інструменту.

Важливим резервом поліпшення характеристик плавлення порошкових дротів і забезпечення рівномірності плавлення осердя й оболонки є введення до їхнього складу шихти екзотермічних сумішей. Відсутність промислового виготовлення порошкових дротів з екзотермічною сумішшю пов'язана з недостатнім науковим обґрунтуванням її виробництва й застосування.

У зв'язку з цим є актуальним проведення комплексу теоретичних і експериментальних досліджень, спрямованих на визначення складу й співвідношення компонентів екзотермічної суміші, теплового ефекту екзотермічної реакції, розроблення й вивчення складу самозахисного порошкового дроту, що містить у шихті осердя екзотермічну суміш і забезпечує наплавлений метал з хімічною та структурною однорідністю, низьким вмістом неметалевих включень і високою продуктивністю процесу наплавлення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з планом науково-дослідної роботи кафедри «Обладнання та технологій зварювального виробництва» Донбаської державної машинобудівної академії (ДДМА) в рамках держбюджетної теми Г-02-99 «Розробка та дослідження самозахисних порошкових дротів для наплавлення з екзотермічною сумішшю в осерді» (№ ГР 0199U001564).

Тема дисертаційної роботи відповідає науковій тематиці кафедри «Обладнання та технологій зварювального виробництва» ДДМА в області розроблення електродних матеріалів для наплавлення.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності процесу наплавлення штампового інструменту шляхом введення екзотермічної суміші до складу самозахисного порошкового дроту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

1. Вивчити теоретичні передумови застосування та визначити оптимальний склад і співвідношення компонентів екзотермічної суміші, що забезпечує керовану екзотермічну реакцію з тепловим ефектом, достатнім для підігрівання осердя самозахисного порошкового дроту.

2. Вибрати, удосконалити й розробити методики дослідження зварювально-технологічних властивостей порошкового дроту.

3. Дослідити вплив екзотермічної суміші на характеристики плавлення, розміри зони проплавлення при наплавленні порошковим дротом, хімічну неоднорідність наплавленого металу, фізичні та технологічні властивості шлаків.

4. Розробити склад самозахисного екзотермічного порошкового дроту й технологію наплавлення холодноштампового інструменту.

5. Дослідити вплив складу самозахисного порошкового дроту на структуру й властивості наплавленого металу та температуру попереднього підігріву.

Об'єкт дослідження. Процес зміцнення штампового інструменту, який виконує операції вирубування в холодному стані, наплавленням його робочих поверхонь самозахисним порошковим дротом з екзотермічною сумішшю.

Предмет дослідження. Зварювально-технологічні властивості самозахисного порошкового дроту з екзотермічною сумішшю.

Методи досліджень. Основні завдання роботи вирішували аналітичними й експериментальними методами. Експериментальні зразки самозахисного екзотермічного порошкового дроту виготовляли на волочильному одnobарабанному стані в лабораторії зварювання кафедри «Обладнання та технологій зварювального виробництва» ДДМА.

При виборі складу екзотермічної суміші використано методику визначення ефекту екзотермічної реакції, що дозволяє оцінити тепловий ефект взаємодії елемента-розкиснювача з окиснювачем.

Для оцінювання впливу екзотермічної суміші в шихті на характеристики плавлення самозахисного порошкового дроту застосовано методику інтегрального вимірювання зварювального струму на досить тривалому часовому інтервалі.

Для вирішення поставлених у роботі завдань використовували металографічний, рентгеноструктурний і рентгеноспектральний методи, методи математичного планування експерименту та статистичного оброблення результатів на ПЕОМ з використанням пакета прикладної програми Statistica 6 компанії StatSoft.

Наукова новизна

1. Вперше встановлено й обґрунтовано склад самозахисного екзотермічного порошкового дроту (СЕПД) і кількісні межі екзотермічної суміші в шихті дроту, що забезпечує протікання екзотермічної реакції з тепловим ефектом, який істотно впливає на вирівнювання швидкості плавлення осердя з оболонкою.

2. Розроблено нові методики: методика інтегрального вимірювання зварювального струму, яка базується на порівнянні компаратором напруги на виході інтегратора з опорною напругою; методика оцінювання якості формування наплавленого валика, яка заснована на співвідношенні трьох геометричних характеристик наплавленого валика, що забезпечують кількісне оцінювання результатів досліджень з високою достовірністю.

3. Отримали подальший розвиток методики розрахунку зміни температури нагріву осердя й коефіцієнта розплавлення, які базуються на рівнянні теплового балансу плавлення самозахисного порошкового дроту, що дозволяє регулювати їхню величину за рахунок варіювання вмісту екзотермічної суміші в складі СЕПД.

4. Вперше встановлено, що застосування екзотермічної суміші в складі самозахисного порошкового дроту понад 35 % підвищує питома тепловкладення в одиницю часу й температуру підігріву осердя. Теплота екзотермічної реакції змінює умови нагрівання й газовий склад дугового проміжку, що призводить до зменшення зварювального струму на 12...15 % і підвищення коефіцієнта наплавлення на 10...13 %.

5. Теоретично та експериментально доведено, що застосування екзотермічної суміші в складі порошкового дроту впливає на рівномірність розподілу легувальних елементів у наплавленому металі, зменшення розміру неметалевих включень і їхню форму, зниження глибини проплавлення в 1,4 разу, що забезпечує його механічну однорідність і досягнення заданого хімічного складу вже в другому шарі.

6. Вперше розроблено та досліджено склад газотвірної частини СЕПД для наплавлення штампового інструменту, що дозволяє, за рахунок використання композиції карбонатів лужних металів, які здатні розкладатись у широкому інтервалі температур, у кількості не більше 2 % від складу дроту й інтенсифікації нагрівання осердя, за рахунок використання екзотермічної суміші, забезпечити рівномірність плавлення осердя й оболонки дроту, надійний захист металу краплі й ванни, знизити вміст газів у металі й забезпечити необхідний ступінь легування (патент України № 93865).

Практична цінність отриманих результатів

На підставі теоретичних і експериментальних досліджень, проведених автором, доведено, що введення екзотермічної суміші дозволяє підвищити продуктивність наплавлення й знизити витрати легувальних матеріалів. Розроблено склад самозахисного екзотермічного порошкового дроту для наплавлення штампового інструменту, що виконує операції вирубання в холодному стані. Застосування розробленого складу порошкового дроту дозволяє забезпечити рівномірність плавлення осердя й оболонки, підвищити продуктивність процесу наплавлення й стійкість відновленого штампового інструменту за рахунок зниження кількості неметалевих включень, зміни їхніх форми і розмірів, зниження хімічної неоднорідності наплавленого металу. Розроблено нові методики й удосконалено існуючі, які забезпечують кількісне оцінювання з високою достовірністю результатів досліджень, що дозволяє регулювати вміст екзотермічної суміші й зміну температури нагріву осердя. За результатами виконаних досліджень проведено виробничі випробування самозахисного екзотермічного порошкового дроту на ПАТ «Енергомашпецсталь» при наплавленні холодноштампового інструменту, а також результати досліджень впроваджено в навчальному процесі на кафедрі «Обладнання та технологій зварювального виробництва» і «Технологій та обладнання ливарного виробництва» ДДМА (м. Краматорськ).

Особистий внесок здобувача. Дисертанту належать основні положення наукової новизни, обґрунтування загальної концепції роботи, поставлення мети та завдань досліджень, вибір об'єкта й предмета досліджень, дослідження з оптимізації складу самозахисного екзотермічного порошкового дроту, виготовлення дослідних партій порошкових дротів, наплавлення в лабораторних і виробничих умовах при особистій участі, аналіз отриманих результатів і висновки по роботі.

Апробація результатів дисертації. Основні положення й результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на Міжнародній науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих науковців «Современные сварочные и родственные технологии и их роль в развитии производства» (м. Миколаїв, УДМТУ, 2003 р.); Регіональній науково-практичній конференції «Сварочное производство и технический прогресс» (м. Миколаїв, УДМТУ, 2004 р.); III, V, VI Всеукраїнських науково-технічних конференціях молодих учених і спеціалістів «Зварювання та споріднені технології» (м. Київ, ІЕЗ ім. Є. О. Патона, 2005, 2009, 2011 рр.); X Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Технологія – 2007» (м. Сєверодонецьк, СТІ СНУ ім. В. Даля, 2007 р.); V, X Міжнародних науково-технічних конференціях «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку» (м. Краматорськ, ДДМА, 2007, 2012 рр.); V Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Интеллект молодых – производству – 2007» (м. Краматорськ, НКМЗ, 2007 р.); I, II Всеукраїнських науково-технічних конференціях студентів, аспірантів і молодих науковців «Зварювання та споріднені процеси та технології» (м. Миколаїв, НУК, 2008, 2012 рр.); II Міжнародній науково-технічній конференції «Сварочное производство в машиностроении: перспективы развития» (м. Краматорськ, ДДМА, 2010 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Университетская наука – 2012» (м. Маріуполь, ПДТУ, 2012 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Университетская наука – 2013» (м. Маріуполь, ДНВЗ «ПДТУ», 2013 р.); IV Міжнародній науково-технічній конференції «Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейном производстве» (м. Краматорськ, ДДМА, 2013 р.).

Публікації. За результатами проведених досліджень опубліковано 28 наукових робіт: 8 статей у спеціалізованих виданнях, що входять до переліку ВАК; 2 статті у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз; 1 стаття в електронному науковому фаховому виданні; 14 тез у збірниках доповідей науково-технічних конференцій; отримано 2 патенти України на корисні моделі.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків по роботі, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 179 сторінок; містить 51 ілюстрацію, 13 таблиць, 4 додатки, список використаних джерел зі 170 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі наведено обґрунтування актуальності теми, сформульовано мету й завдання досліджень, показано наукову новизну й практична цінність отриманих результатів, вказано на зв'язок дисертації з науковою тематикою, галузевими та державними планами та програмами. Визначено особистий внесок здобувача у вирішенні науково-технічної задачі удосконалення самозахисного порошкового

дроту для наплавлення штампового інструменту, наведено відомості про апробацію результатів роботи.

У першому розділі проведено аналіз літературних джерел за напрямками досліджень вчених у галузі розроблення матеріалів для наплавлення І. К. Походні, В. М. Карпенка, В. В. Чигарьова, В. М. Шлепакова, О. Д. Размишляєва, М. Г. Єфименка та ін. Встановлено, що застосування самозахисних порошкових дротів (СПД) забезпечує надійний захист металу, його розкиснення, легування і рафінування за рахунок наповнювача дроту, його конструкції й композиції осердя.

Автори відзначають як недолік відставання плавлення осердя від оболонки, що негативно позначається на однорідності й властивостях наплавленого металу, призводить до погіршення зварювально-технологічних показників. На основі аналізу літературних даних встановлено, що забезпечення рівномірності плавлення осердя й оболонки СПД може бути досягнуто підвищенням вмісту залізного порошку в осерді, зниженням вмісту шлакотвірних і газотвірних матеріалів, зміненням хімічного складу осердя і конструкції дроту, збільшенням тепловкладення в осердя СПД.

Перспективним напрямом дослідження є удосконалення СПД шляхом введення до складу осердя екзотермічних сумішей як додаткового джерела теплової енергії, що впливає на рівномірність плавлення порошкового дроту. Проаналізовано особливості нагрівання й плавлення зварювальних екзотермічних електродних матеріалів. Встановлено, що для отримання ефекту екзотермічного процесу, який сприяє виділенню додаткового тепла при наплавленні, необхідно знайти оптимальне співвідношення компонентів суміші, яке дозволить зробити екзотермічну реакцію керованою.

При визначенні складу екзотермічної суміші важливе значення має обґрунтований вибір окиснювача й відновника суміші, які визначають тепловий ефект і склад продуктів реакції, що впливають на зварювально-технологічні характеристики процесу наплавлення й властивості наплавленого металу.

Виконано аналіз умов роботи вирубних штамів і матеріалів для їх наплавлення. З аналізу літературних даних випливає, що підвищення стійкості штампового інструменту може бути досягнуто збільшенням твердості й зносостійкості наплавленого металу при оптимальній величині ударної в'язкості, необхідної для вирубних штамів. Вибрано і обґрунтовано склад наплавленого металу. Встановлено, що найбільшою мірою вимогам, що пред'являються до вирубних штамів, задовольняє сталь 8ХЗГСВ2Ф, яка й була взята за основу в подальших дослідженнях.

Виходячи з результатів аналізу проблеми, сформульовано мету й завдання досліджень. Вирішенню поставленої наукової проблеми присвячено наступні розділи.

У другому розділі наведено основні методики експериментальних досліджень і опис використаного в роботі устаткування.

Дослідження фізичних і технологічних властивостей шлаків проводилося за відомими методиками з використанням високотемпературного мікроскопа типу АЛА-ТОО, ротаційного віскозиметра з обертовим робочим тілом, електричної

нагрівальної печі Таммана, рентгенівської установки УРС - 50IM, маятникового копра МК-30а.

У роботі удосконалено методику розрахунку коефіцієнта розплавлення порошкового дроту, що дозволяє враховувати вплив екзотермічної реакції на збільшення продуктивності плавлення СПД.

При виборі складу екзотермічної суміші використано методику визначення ефекту екзотермічної реакції, що дозволяє оцінити тепловий ефект взаємодії елемента-розкиснювача з окиснювачем.

Для оцінювання хімічної неоднорідності наплавленого металу виконувалося визначення рівномірності розподілу хрому по товщині наплавлення. Визначення вмісту хрому виконувалося на рентгеноспектральному мікроаналізаторі SXFiveFE фірми САМЕСА.

У роботі розроблено нову методику інтегрального вимірювання зварювального струму, що дозволило з високою точністю визначити падіння величини зварювального струму при стійкому протіканні екзотермічної реакції.

Також у роботі розроблено методику оцінювання якості формування наплавленого металу, що дозволяє отримати відносну кількісну оцінку якості формування металу при порівнянні технологічних властивостей наплавленого металу й електродних матеріалів. Суть методу полягає в наплавленні одиночних валиків на поверхню підготовленого зразка, подальшому вимірюванні ширини, висоти й глибини проплавлення валика, і визначення їхнього співвідношення.

Аналіз неметалевих включень у наплавленому металі й вивчення його мікроструктури проводилися за допомогою металографічного мікроскопа МІМ-8м при збільшеннях $\times 100$, $\times 300$, $\times 500$. Твердість металу наплавлення визначали за методом Роквелла за допомогою приладу ТК-2. Визначення хімічного складу наплавленого металу виконували за допомогою оптико-емісійного аналізатора хімічного складу РМІ-MASTER PRO. Дослідження структури виконували також з використанням системи аналізу зображень макро- і мікроструктури матеріалів SIAMS 700 на базі керівної програми SIAMS Photolab, що реалізує сучасні технології автоматизованого аналізу цифрових зображень мікроструктури металів і сплавів.

У **третьому розділі** наведено результати оцінювання теплових ефектів взаємодії різних елементів-розкиснювачів з різними окиснювачами.

На основі аналізу термодинамічних розрахунків і літературних даних встановлено, що по тепловиділенню найбільш доцільним є використання у складі осердя СПД в якості екзотермічної суміші окалини і алюмінієвого порошку, які й використані в подальших дослідженнях. Застосування як окиснювача оксиду заліза призводить до відновлення заліза й підвищення продуктивності наплавлення.

Відомо, що нагрівання СПД з екзотермічною сумішшю здійснюється теплом, яке виділяється струмом, що проходить через оболонку дроту, й теплом екзотермічної реакції, тепла потужність якої визначається за формулою:

$$Q_{\text{э.с}} = K_z \cdot K_{\text{э.с}} \cdot q_{\text{э.с}} \cdot V_n \cdot \gamma_c \cdot F_c. \quad (1)$$

Тепло, яке виділяється, витрачається на нагрівання оболонки дроту, осердя дроту, а також витрачається на нагрівання навколишнього середовища. Використовуючи рівняння теплового балансу

$$K_3 \cdot K_{э.с} \cdot q_{э.с} \cdot V_n \cdot \gamma \cdot F_c + \rho \cdot I_{св}^2 \frac{4 \cdot V_n}{\pi (d_{nn}^2 - d_c^2)} t =$$

$$V_n \left(\gamma \right)^m \frac{\pi (d_{nn}^2 - d_c^2)}{4} \Delta T^m + V_n \left(\gamma \right)^c \frac{\pi d_c^2}{4} \Delta T^c + V_n \alpha \left(T^m - T_o \right) \pi d_{nn},$$
(2)

виведено формулу для визначення величини зміни температури осердя:

$$\Delta T^c = \frac{K_3 \cdot K_{э.с} \cdot q_{э.с} \cdot \gamma \cdot F_c + \rho \cdot I_{св}^2 \frac{4 \cdot t}{\pi (d_{nn}^2 - d_c^2)} \left(\gamma \right)^m \frac{\pi (d_{nn}^2 - d_c^2)}{4} \Delta T^m - \alpha \left(T^m - T_o \right) \pi d_{nn}}{\left(\gamma \right)^c \frac{\pi d_c^2}{4}}.$$
(3)

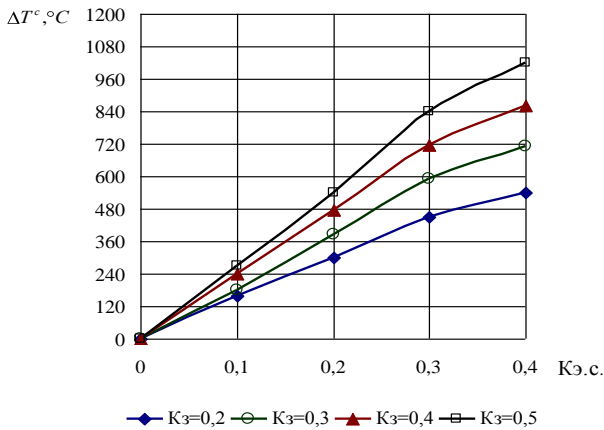


Рисунок 1 – Залежність зміни температури осердя від $K_{э.с}$ для різних значень K_3

при стійкому протіканні екзотермічної реакції, величина зварювального струму зменшується з 450 до 370 А, що є наслідком підвищення коефіцієнта розплавлення електрода за рахунок додаткового тепла, що виділяється в результаті протікання екзотермічної реакції.

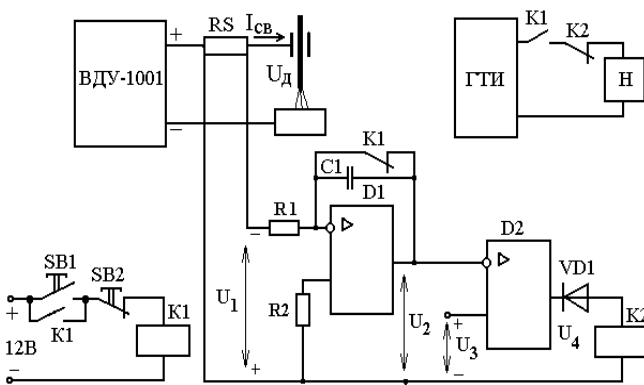


Рисунок 2 – Схема виконання вимірювань

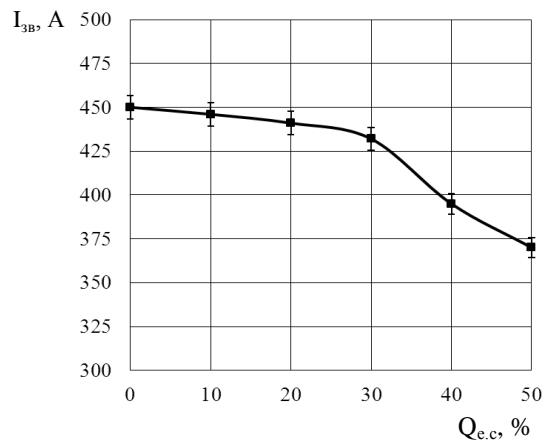


Рисунок 3 – Залежність величини зварювального струму від кількості екзотермічної суміші у складі шихти осердя дроту

Збільшення кількості розплавленого електродного металу в зварювальній ванні дозволяє зменшити зварювальний струм при постійному подаванні дроту.

Дослідження впливу складу дроту на показники розплавлення й наплавлення (рис. 4, 5) показало, що вплив ефекту екзотермічної реакції починає проявлятися при її вмісті в шихті осердя понад 30 %.

ψ , % α_p , г/А·год
 ψ_p , % α_n , г/А·год

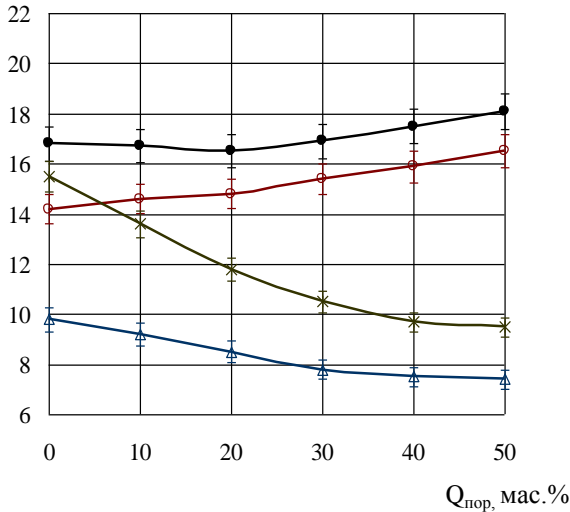


Рисунок 4 – Показники плавлення СПД в залежності від кількості суміші порошків заліза й алюмінію в шихті осердя

ψ , % α_p , г/А·год
 ψ_p , % α_n , г/А·год

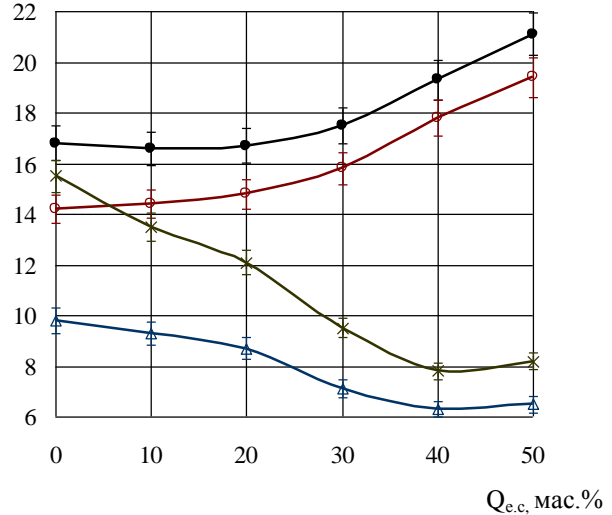


Рисунок 5 – Показники плавлення СПД в залежності від кількості екзотермічної суміші в шихті осердя

Екзотермічна реакція починає протікати стійко при вмісті екзотермічної суміші в складі шихти дроту 35...40 %, при цьому показники плавлення самозахисного екзотермічного порошкового дроту (СЕПД) порівняно з такими самими показниками дротів, що не містять екзотермічної суміші, зростають: α_p – на 10,8 %, а α_n – на 12,6 %. Це пов'язано з виділенням додаткової теплоти при протіканні екзотермічної реакції й зменшенням величини зварювального струму при постійній швидкості подавання СПД. Встановлено, що при стійкому протіканні екзотермічної реакції зменшуються коефіцієнти втрат на розбризування й загальних втрат, що пов'язано з тепловим ефектом екзотермічних реакцій, які підвищують повноту розкладання газотвірних компонентів шихти порошкового дроту як на його вильоті, так і на стадії плавлення, покращуючи захист зони дугового розряду. При цьому усувається дисоціація карбонатів у зварювальній ванні. Додаткове тепло підвищує стабільність дугового розряду без вибухового відділення крапель. Мінімальні втрати проявляються при вмісті екзотермічної суміші 40 %.

Таким чином, встановлено, що з точки зору забезпечення високих коефіцієнтів розплавлення та наплавлення й зниження втрат електродного металу вміст екзотермічної суміші у складі шихти СЕПД доцільно обмежити 40 %.

Отримані результати плавлення СПД показали, що при плавленні порошкового дроту з екзотермічною сумішшю відставання плавлення осердя від оболонки значно зменшується, що підтверджується фотознімками торців порошкових дротів (рис. 6).



а – СЕПД; б – СПД без екзотермічної суміші

Рисунок 6 – Зовнішній вигляд торців СПД після наплавлення (укрупн. 1,5)

Зменшення відставання плавлення осердя від оболонки знижує хімічну неоднорідність наплавленого металу. Для оцінювання хімічної неоднорідності металу наплавлення виконано визначення рівномірності розподілу хрому по товщині наплавлення, в зоні сплавлення й в основному металі (рис. 7).

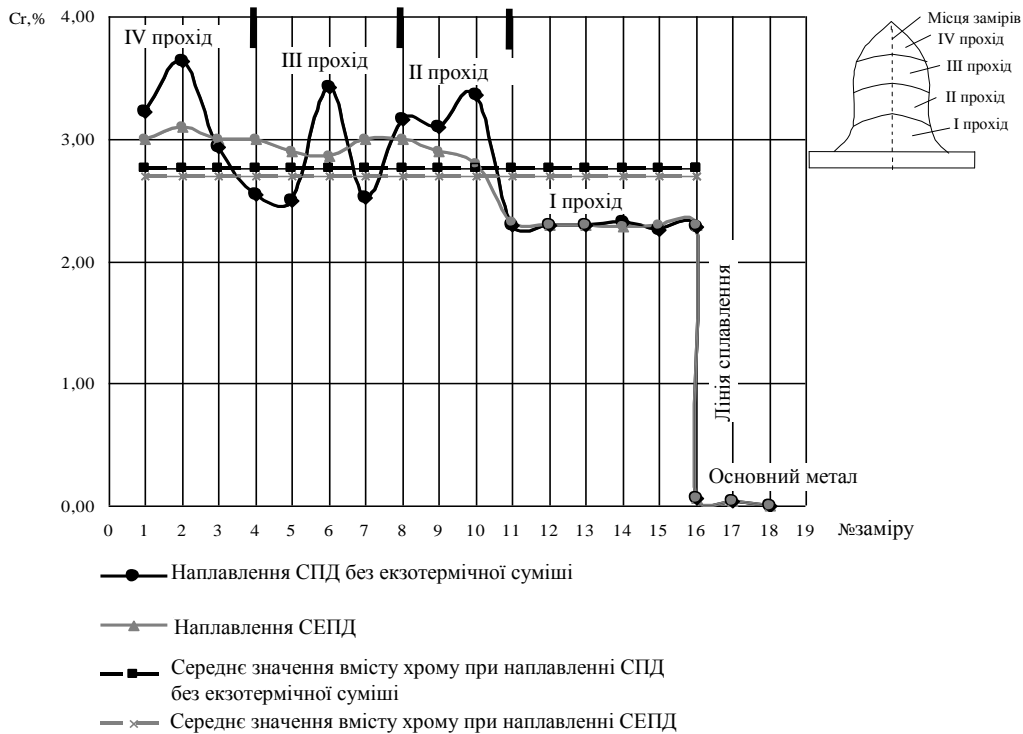


Рисунок 7 – Розподіл хрому по товщині наплавлення

Дослідження показали, що діапазон значень вмісту хрому по товщині шару при наплавленні СЕПД значно менший, ніж при наплавленні дротом, який не містить екзотермічної суміші, що свідчить про хімічну однорідність наплавлення й досягнення заданого хімічного складу в другому шарі.

Проведеними дослідженнями встановлено, що в результаті протікання окиснювально-відновних реакцій у складі екзотермічної суміші при плавленні дроту з'являються сполуки, що змінюють властивості шлаку, який утворюється при наплавленні.

Для дослідження фізичних властивостей і структури шлаків застосовано найбільш часто використовувану шлакову основу СПД: мармур – плавиковий шпат – рутил. При наплавленні СЕПД утворюється шлак, що відноситься до шлакової системи $\text{CaF}_2\text{--CaO--TiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3$. У результаті окиснювання легувальних елементів, що входять до складу дроту, утворюються оксиди хрому – Cr_2O_3 , вольфраму – WO_3 і ванадію – V_2O_5 .

Відомо, що мінералогічний склад шлаку та його структура впливають на його фізичні та технологічні властивості. У роботі досліджено вплив оксидів легувальних елементів Cr_2O_3 , WO_3 , V_2O_5 і Al_2O_3 на властивості шлаків. Встановлено, що введення екзотермічної суміші до складу шихти порошкового дроту сприяє зниженню температури плавлення й поверхневого натягу шлаку, збільшенню його щільності та в'язкості. Така зміна фізичних властивостей шлаку забезпечує добру крийність, віддільність шлакового покриття, формування наплавленого металу.

У четвертому розділі розроблено склад СПД з екзотермічною сумішшю для наплавлення вирубних штампів.

При розробленні СЕПД, що забезпечує отримання комплексно легованого наплавленого металу заданого складу, однією з проблем є обмежений обсяг компонентів шихти, які вводяться. Для збереження захисних властивостей СЕПД, зниження вмісту газів у металі та забезпечення необхідного ступеня легування в якості газотвірних компонентів осердя в роботі використано композицію карбонатів металів. Результати розрахунку показали, що найбільший обсяг CO_2 виділяється при дисоціації карбонатів Li_2CO_3 , MgCO_3 , CaCO_3 , Na_2CO_3 , які й узяті як газотвірна частина осердя. Прийняте поєднання карбонатів забезпечує виділення CO_2 в інтервалі температур від 400 до 1200 °С.

Встановлення якісних і кількісних залежностей між співвідношенням компонентів композиції карбонатів і вмістом азоту й кисню в наплавленому металі виконувалося методами математичного моделювання. Для аналізу результатів і побудови математичної моделі використано програму Statistica 6, сімплексно-центроїдний план експерименту з 4 факторами й спеціальна кубічна модель.

Після математичного оброблення експериментальних даних щодо впливу співвідношення компонентів композиції карбонатів на вміст азоту й кисню в наплавленому металі для 5 %-го рівня значущості отримано такі рівняння регресії:

$$\begin{aligned}
 [N] = & 0,0363 \cdot \text{CaCO}_3 + 0,0325 \cdot \text{MgCO}_3 + 0,0377 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 + 0,028 \cdot \text{Li}_2\text{CO}_3 - \\
 & - 0,004784 \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 - 0,004784 \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 + 0,002616 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{Li}_2\text{CO}_3 + \\
 & + 0,022296 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 - 0,01972 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{Li}_2\text{CO}_3 + \\
 & + 0,01608 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{Li}_2\text{CO}_3;
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
[O] = & 0,0219 \cdot \text{CaCO}_3 + 0,0198 \cdot \text{MgCO}_3 + 0,0214 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 + 0,0243 \cdot \text{Li}_2\text{CO}_3 - \\
& - 0,00322 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{Li}_2\text{CO}_3 - 0,00442 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 + 0,00338 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Li}_2\text{CO}_3 + \\
& + 0,04258 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{Li}_2\text{CO}_3 - 0,025553 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 + \\
& + 0,042922 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Li}_2\text{CO}_3 - 0,078029 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{Li}_2\text{CO}_3 - \\
& - 0,070806 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{Li}_2\text{CO}_3.
\end{aligned} \tag{5}$$

Поверхні відгуку отримано при фіксованих значеннях CaCO_3 і зміні трьох інших факторів.

Спільний аналіз рівнянь регресії та графічних зображень поверхонь відгуку двох математичних моделей показав, що до складу СЕПД доцільно вводити композицію карбонатів у складі $\text{CaCO}_3 = 40\%$, $\text{Li}_2\text{CO}_3 = 20\%$, $\text{MgCO}_3 = 20\%$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 20\%$. При такому вмісті карбонатів наведені математичні моделі дають такі прогнозовані значення відгуків: $[N] = 0,034\%$, $[O] = 0,021\%$.

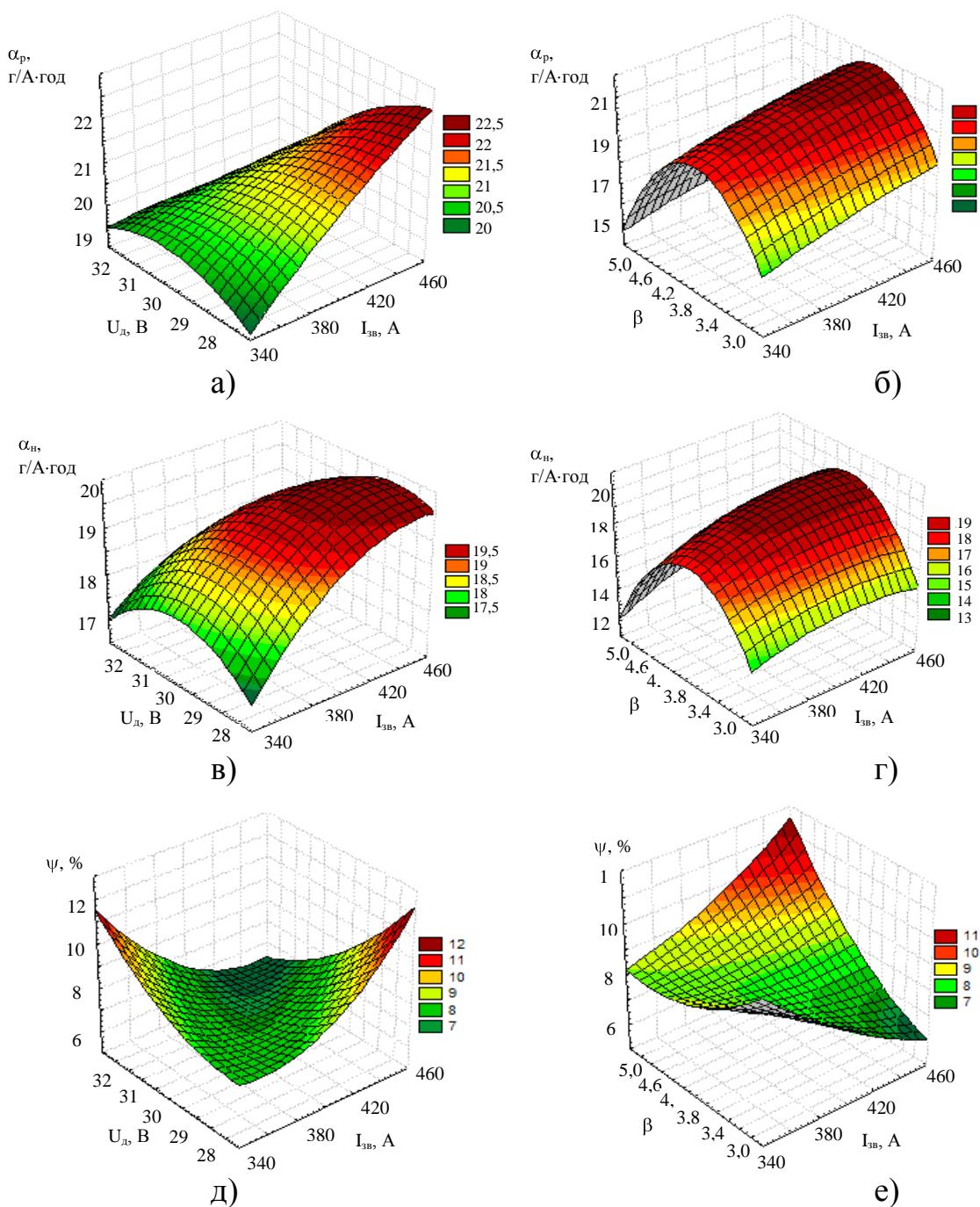
Використовуючи відомі рівняння, розраховано коефіцієнти переходу легувальних елементів у залежності від вмісту газошлакотвірних компонентів порошкового дроту й основності шлаку, що дозволило отримати склад СЕПД для наплавлення штампового інструменту, який забезпечує склад наплавленого металу типу 8ХЗГСВ2Ф (мас.%): $C_{\text{ГШ}} - 9\%$; $Q_{\text{е.с}} - 14...15\%$; $\text{FeMn} - 1,7...2,0\%$; $\text{FeTi} - 1,1...1,2\%$; $\text{FeSi} - 1,6...1,8\%$; $\text{Cr} - 2,9...3,2\%$; $\text{W} - 2,2...2,5\%$; $\text{FeV} - 0,7...0,9\%$; графіт сріблястий $- 0,9...1,1\%$; сталева оболонка – інше.

Визначення технологічно прийнятної області параметрів режиму наплавлення, що забезпечує максимальне значення коефіцієнта наплавлення при мінімальних втратах електродного металу, виконано методом математичного планування експерименту та статистичного оброблення даних. Досліджено вплив величини зварювального струму $I_{\text{зв}}$, напруги на дузі $U_{\text{д}}$, коефіцієнта заповнення порошкового дроту K_3 і співвідношення вмісту окалини й алюмінієвого порошку β на характеристики плавлення порошкових дротів з екзотермічною сумішшю в складі наповнювача: коефіцієнт наплавлення – $\alpha_{\text{н}}$, коефіцієнт розплавлення – $\alpha_{\text{р}}$ і коефіцієнт загальних втрат – ψ .

Для аналізу результатів і статистичного оброблення даних використовувалася програма Statistica 6. Дані, отримані в результаті досліджень, подано у вигляді графіків Statistica 6 (рис. 8).

Аналіз отриманих даних дозволив встановити технологічно прийнятну область параметрів режиму наплавлення: $I_{\text{зв}} = 380...400 \text{ А}$, $U_{\text{д}} = 29...30 \text{ В}$, $b = 4$, $K_3 = 37\%$, що забезпечує показники плавлення СЕПД: $\alpha_{\text{р}} = 19,5...21 \text{ г/А}\cdot\text{год}$; $\alpha_{\text{н}} = 18...19 \text{ г/А}\cdot\text{год}$; $\Psi = 7...8\%$.

При наплавленні на зазначених режимах експериментальними дротами отримано валики, вимірювання поперечних перерізів яких показало, що введення екзотермічної суміші викликає збільшення висоти посилення й ширини наплавленого валика. Це пояснюється тим, що для забезпечення заданих параметрів режиму наплавлення СЕПД збільшувалася швидкість подавання порошкового дроту. Наслідком є зростання коефіцієнтів розплавлення й наплавлення, а отже, і збільшення площі наплавлення.



а – залежність α_r від U_d і $I_{зв}$; б – залежність α_r від β і $I_{зв}$; в – залежність α_n від U_d і $I_{зв}$;
 г – залежність α_n від β і $I_{зв}$; д – залежність ψ від U_d і $I_{зв}$; е – залежність ψ від β і $I_{зв}$

Рисунок 8 – Графічні залежності α_r , α_n і ψ від величин зварювального струму $I_{зв}$, напруги на дузі U_d і співвідношення окалини й алюмінієвого порошку β

Глибина проплавлення наплавленого валика зменшується, що пов'язано з тим, що частка тепла екзотермічної реакції, у порівнянні з тепловою потужністю дуги, мала й не створює додаткового тиску на рідку зварювальну ванну. При цьому зростає загальна тепла потужність, що є причиною збільшення рідкого прошарку. Це викликає зменшення теплопередачі від дуги до основного металу внаслідок екранувального впливу прошарку рідкого металу в зварювальній ванні.

Таким чином, встановлено, що введення екзотермічної суміші до складу шихти осердя СПД викликає збільшення ширини наплавленого валика на 8...10 %, висоти посилення – на 25...30 % і зменшення глибини проплавлення на 32...37 %.

У п'ятому розділі виконано дослідження розробленого порошкового дроту стосовно наплавлення штампового інструменту.

Відомо, що при наплавленні штампового інструменту найбільш небезпечними дефектами є гарячі й холодні тріщини в наплавленому металі й холодні тріщини в зоні сплавлення. Основним засобом запобігання тріщин є попереднє підігрівання й зниження швидкості охолодження.

Температуру попереднього підігрівання при наплавленні СЕПД, що забезпечує необхідну швидкість охолодження, визначили, виходячи з балансу швидкостей охолодження металу при наплавленні порошковими дротами з екзотермічною сумішшю й без неї.

$$T_0'' = T(1 - \sqrt{1 + \frac{q_{e.c.}}{q_v}}) + T_0' \sqrt{1 + \frac{q_{e.c.}}{q_v}} \quad (6)$$

На підставі розрахунків побудовано графіки залежності температури попереднього підігрівання при наплавленні від співвідношення теплової потужності, що виділяється в результаті протікання екзотермічної реакції $q_{e.c.}$, до теплової потужності нагрівання виробу q_v . За рахунок додаткового нагрівання металу в результаті екзотермічної реакції зменшується температура попереднього підігрівання на 30...40 °С.

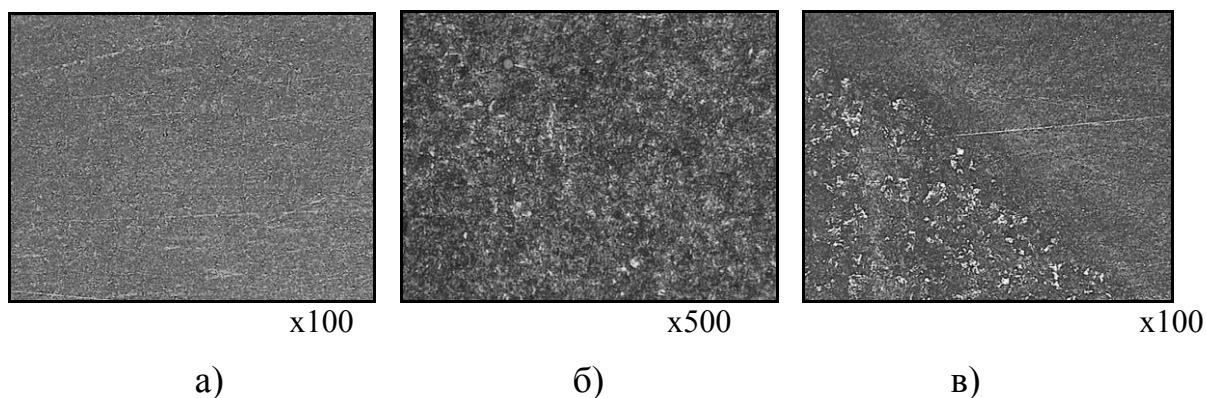
Досліджували вплив складу СПД на наявність неметалевих включень і структуру наплавленого металу. Встановлено, що неметалеві включення в металі, наплавленому СПД без екзотермічної суміші розташовані по зерну і по його межах, велика кількість включень витягнутої форми. Наплавлення СЕПД зменшує кількість і розмір неметалевих включень, а також кількість включень витягнутої форми. Значно чистіше межі зерна. Вміст неметалевих включень у наплавленому металі становить 0,046...0,049 %. Така зміна пов'язана з наявністю тугоплавких сполук алюмінію.

Дослідження структури наплавленого металу проводилися з використанням системи автоматизованого аналізу зображень макро- і мікроструктури матеріалів SIAMS 700. Аналіз результатів дослідження величини зерна аустеніту наплавленого металу показав, що введення екзотермічної суміші до складу шихти осердя СПД викликає зменшення розміру зерна аустеніту. Відомо, що найбільший вплив величина зерна чинить на ударну в'язкість сталі. Встановлено, що введення екзотермічної суміші призводить до зростання ударної в'язкості до 30 %.

Дослідження структури металу, наплавленого розробленим СЕПД на оптимальних режимах за рекомендованою технологією наплавлення, показали, що після термооброблення (гартування й відгартування) структура наплавленого металу й зони сплавлення – дрібноголчастий мартенсит і карбіди (рис. 9).

Встановлено, що розроблена технологія наплавлення штампового інструменту дозволяє отримати метал з твердістю 57...59 HRC і ударною в'язкістю 380...410 кДж/м², структуру наплавленого металу – дрібноголчастий мартенсит з рівномірно розподіленими карбідами.

Промислові випробування розробленого порошкового дроту показали підвищення на 45...50 % стійкості наплавленого інструменту, що експлуатується на ПАТ «Енергомашспецсталь», і зниження енергоємності процесу відновлення зношеного інструменту за рахунок додаткового тепловкладення від екзотермічної реакції.



а і б – мікроструктура наплавленого металу; в – мікроструктура зони сплавлення
Рисунок 9 – Мікроструктура металу, наплавленого СЕПД, після термооброблення

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У дисертаційній роботі дано теоретичне обґрунтування й розв'язано актуальну науково-технічну задачу зміцнення штампового інструменту шляхом його наплавлення самозахисним порошковим дротом (СПД) з екзотермічною сумішшю, що дозволило розширити знання в області розроблення наплавочних матеріалів і застосування екзотермічної суміші, підвищити якість продукції, знизити витрати енергетичних і матеріальних ресурсів.

2. Доведено, що введення в шихту осердя СПД понад 35 % екзотермічної суміші у вигляді окалини й алюмінієвого порошку в співвідношенні 4:1 забезпечує протікання екзотермічної реакції з тепловим ефектом, який є достатнім для підігрівання осердя порошкового дроту з метою вирівнювання швидкості його плавлення й оболонки, що сприяє зниженню хімічної неоднорідності наплавленого металу, підвищенню коефіцієнтів розплавлення й наплавлення на 10...13 %, зменшенню втрат електродного металу й величини зварювального струму з 450 до 370 А.

3. Розроблені методики інтегрального вимірювання зварювального струму та кількісного оцінювання якості формування наплавленого валика дозволяють з великою достовірністю встановити вплив екзотермічної суміші на зварювально-технологічні властивості порошкового дроту й наплавленого металу. Отримала подальший розвиток методика розрахунку коефіцієнта розплавлення, що дозволяє враховувати вплив екзотермічної реакції на збільшення продуктивності плавлення СПД.

4. Встановлено, що введення екзотермічної суміші до складу шихти порошкового дроту сприяє зниженню температури плавлення й поверхневого натягу шлаку, який відноситься до шлакової системи $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, збільшенню його щільності й в'язкості. Така зміна фізичних властивостей шлаку забезпечує добру крийність, віддільність шлакового покриття, формування наплавленого металу.

5. При розробленні самозахисного екзотермічного порошкового дроту (СЕПД) визначено раціональний склад газшлакової складової наповнювача, що дозволяє за рахунок використання композиції карбонатів лужних металів $\text{CaCO}_3 = 38\text{...}42\%$, $\text{Li}_2\text{CO}_3 = 12\text{...}25\%$, $\text{MgCO}_3 = 20\text{...}25\%$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 17\text{...}23\%$ забезпечити в наплавленому металі вміст азоту $[\text{N}] = 0,034\%$ і кисню $[\text{O}] = 0,021\%$.

6. Розраховано коефіцієнти переходу легувальних елементів з урахуванням вмісту газшлакотвірної складової дроту й основності шлаку, що дозволило отримати склад СЕПД марки 8ХЗГСВ2Ф для наплавлення штампового інструменту, який виконує операції вирубування в холодному стані, (мас.%): $\text{C}_{\text{ГШ}} - 9\%$; $\text{Q}_{\text{e.c}} - 14\text{...}15\%$; $\text{FeMn} - 1,7\text{...}2,0\%$; $\text{FeTi} - 1,1\text{...}1,2\%$; $\text{FeSi} - 1,6\text{...}1,8\%$; $\text{Cr} - 2,9\text{...}3,2\%$; $\text{W} - 2,2\text{...}2,5\%$; $\text{FeV} - 0,7\text{...}0,9\%$; графіт сріблястий – $0,9\text{...}1,1\%$; сталева оболонка – інше. Встановлено, що застосування екзотермічної суміші у складі осердя дроту викликає збільшення ширини наплавленого валика на $8\text{...}10\%$, висоти посилення – на $25\text{...}30\%$ і зменшення глибини проплавлення на $32\text{...}37\%$, підвищення продуктивності наплавлення.

7. Доведено, що розроблена технологія відновлювального наплавлення штампового інструменту дозволяє отримати метал з твердістю $57\text{...}59\text{ HRC}$ і ударною в'язкістю $380\text{...}410\text{ кДж/м}^2$, структуру наплавленого металу – дрібногочастий мартенсит з рівномірно розподіленими карбідами.

8. Промислові випробування розробленого порошкового дроту показали підвищення на $45\text{...}50\%$ стійкості наплавленого інструменту, що експлуатується на ПАТ «Енергомашспецсталь», і зниження енергоємності процесу відновлення зношеного інструменту за рахунок додаткового тепловкладення від екзотермічної реакції.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Жариков С. В. Исследование шлаков образовавшихся при наплавке экзотермическими порошковыми проволоками / С. В. Жариков, А. Г. Гринь // Сварочное производство. – 2014. – № 5. – С. 17–21.

2. Zharikov S. V. Investigation of slag in surfacing with exothermic flux-cored wires / S. V. Zharikov, A. G. Grin // Welding International. – 2015. – Volume 29, Issue 5. – P. 386–389.

3. Карпенко В. М. Характеристики плавления самозащитной экзотермической порошковой проволоки / В. М. Карпенко, С. В. Жариков // Проблемы технологии, управления и экономики. – Краматорск : НКМЗ, 1999. – С. 41–43. – ISBN 966-95591-6-2.

4. Карпенко В. М. Выбор режимов наплавки порошковой проволокой для упрочнения деталей металлоконструкций / В. М. Карпенко, С. В. Жариков, С. Г. Плис // Захист металургійних машин від поломок : зб. наук. праць. – Маріуполь : ПДТУ, 2000. – Вип. 5. – С. 277–280.

5. Жариков С. В. Влияние экзотермической смеси, входящей в состав наполнителя самозащитной порошковой проволоки на повышение производительности наплавки / С. В. Жариков, В. М. Карпенко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ, 2002. – № 7 (53). – С. 133–137.

6. Жариков С. В. Расчет состава самозащитной порошковой проволоки для наплавки штампового инструмента / С. В. Жариков, В. М. Карпенко, С. Г. Плис // Вісник ДДМА. – Краматорськ, 2006. – № 2 (4). – С. 92–95.

7. Жариков С. В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на кроющую способность и отделимость шлаковой корки при наплавке металла типа 8ХЗГСВ2Ф / С. В. Жариков, В. М. Карпенко // Вісник ДДМА. – Краматорськ, 2007. – № 3 (9). – С. 61–64.

8. Жариков С. В. Состав и свойства шлака, образовавшегося при наплавке штампового инструмента экзотермической порошковой проволокой / С. В. Жариков // Захист металургійних машин від поломок : зб. наук. праць. – Маріуполь : ПДТУ, 2008. – Вип. 10. – С. 270–274.

9. Жариков С. В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на химическую неоднородность наплавленного металла / С. В. Жариков // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ, 2008. – № 8 (126), ч. 2. – С. 97–101.

10. Жариков С. В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С. В. Жариков // Вісник ДДМА. – Краматорськ, 2010. – № 2 (19). – С. 102–105.

11. Жариков С. В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на характеристики плавления / С. В. Жариков, В. К. Лысак, А. В. Журавлев // Вісник ДДМА. – Краматорськ, 2011. – № 1 (22). – С. 82–85.

12. Жариков С. В. Определение газовыделения карбонатами металлов при плавлении самозащитных порошковых проволок / С. В. Жариков, А. Г. Гринь, А. А. Богущкий, Р. С. Недодай // Науковий вісник ДДМА. – Краматорськ, 2014. – № 3 (15Е). – С. 22–26.

13. Жариков С. В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на состав и некоторые свойства шлака, образовавшегося при наплавке металла типа 8ХЗГСВ2Ф / С. В. Жариков, В. М. Карпенко // Современные сварочные и родственные технологии и их роль в развитии производства : материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых научных работников. – Николаев : УГМТУ им. адмирала Макарова, 2003 – С. 101–102.

14. Жариков С. В. Влияние количества экзотермической смеси на параметры сварного шва при наплавке самозащитной порошковой проволокой / С. В. Жариков, В. М. Карпенко // Сварочное производство и технологический прогресс : материалы Региональной научно-практической конференции. – Николаев : УГМТУ им. адмирала Макарова, 2004 – С. 87–88.

15. Жариков С. В. Влияние экзотермической смеси в составе шихты самозащитной порошковой проволоки на химическую неоднородность наплавленного металла / С. В. Жариков, В. М. Карпенко // Зварювання та суміжні технології : матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених та спеціалістів. – К. : ІЕЗ ім. Є. О. Патона, 2005 – С. 49.

16. Жариков С. В. Влияние экзотермической смеси на кроющую способность и отделимость шлака при наплавке самозащитной порошковой проволокой / С. В. Жариков // Технологія – 2007 : збірник тез доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. – Северодонецьк. : СТІ СНУ ім. В. Даля, 2007 – С. 24.

17. Жариков С. В. Влияние экзотермической смеси на температуру плавления и вязкость шлака при наплавке самозащитной порошковой проволокой металла типа 8ХЗГСВ2Ф / С. В. Жариков, В. М. Карпенко // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку : матеріали 5-ї Міжнародної науково-технічної конференції. – Краматорськ : ДДМА, 2007. – С. 39. – ISBN 978-966-379-150-0.

18. Жариков С. В. Влияние экзотермической смеси на температуру предварительного подогрева при наплавке штампового инструмента / С. В. Жариков, В. М. Карпенко // Интеллект молодых – производству – 2007 : материалы V Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. – Краматорск : НКМЗ, 2007. – С. 110.

19. Жариков С. В. Наплавка штампов холодной деформации самозащитной порошковой проволокой / С. В. Жариков, В. М. Карпенко, А. А. Богущкий // Зварювання та споріднені процеси та технології : матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих науковців. – Миколаїв : НУК ім. адмірала Макарова, 2008 – С. 91.

20. Жариков С. В. Оптимизация режимов наплавки самозащитной порошковой проволокой с экзотермической смесью в составе шихты сердечника / А. Г. Гринь, А. В. Свиридов // Зварювання та споріднені технології : матеріали V Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених та спеціалістів. – К. : ІЕЗ ім. Є. О. Патона, 2009 – С. 97.

21. Жариков С. В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на характеристики плавления / С. В. Жариков // Зварювання та споріднені технології : матеріали VI Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених та спеціалістів. – К. : ІЕЗ ім. Є. О. Патона, 2011 – С. 90.

22. Гринь А. Г. Восстановление инструмента наплавкой / А. Г. Гринь, И. А. Бойко, С. В. Жариков // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку : матеріали IX Міжнародної науково-технічної конференції. – Краматорськ : ДДМА, 2012. – С. 28. – ISBN 978-966-379-567-6.

23. Гринь А. Г. Повышение качества наплавки самозащитными экзотермическими порошковыми проволоками / А. Г. Гринь, С. В. Жариков, С. Г. Плис // Университетская наука – 2012 : материалы Международной научно-технической конференции. – Мариуполь : ГВУЗ «ПГТУ», 2012. – С. 306.

24. Жариков С. В. Улучшение характеристик плавления самозащитных порошковых проволок для наплавки / С. В. Жариков, А. Г. Гринь // Университетская наука – 2013 : материалы Международной научно-технической конференции. – Мариуполь : ГВУЗ «ПГТУ», 2013. – С. 127.

25. Жариков С. В. Исследование структуры шлаков при наплавке штамповых сталей / С. В. Жариков, А. Г. Гринь, Р. С. Недодай // Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейном производстве : материалы IV Международной научно-технической конференции. – Краматорск : ДГМА, 2013. – С. 103.

26. Жариков С. В. Определение композиции карбонатов металлов для наплавочных самозащитных порошковых проволок / С. В. Жариков, А. Г. Гринь, А. Д. Дудинский // Зварювання та споріднені технології : матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених та спеціалістів. – К. : ІЕЗ ім. Є. О. Патона, 2015 – С. 101.

27. Пат. 76962 Україна, МПК⁷ В 23 К 35/40. Склад самозахисного порошкового дроту / Гринь О. Г., Жаріков С. В., Гринь В. О. – № u201207545; опубл. 25.01.2013, Бюл. № 2. – 4 с.

28. Пат. 93865 Україна, МПК⁷ В 23 К 35/40. Склад порошкового дроту / Жаріков С. В., Гринь О. Г., Богуцький О. А., Недодай Р. С. – № u201401543; опубл. 27.10.2014, Бюл. № 20. – 4 с.

Особистий внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві: [1, 2, 25] – досліджено вплив екзотермічної суміші в складі осердя самозахисного порошкового дроту на склад шлаку; [3, 5, 11, 24] – проведено експериментальні дослідження з визначення впливу екзотермічної суміші на характеристики плавлення самозахисного порошкового дроту; [4, 20] – виконано статистичне оброблення експериментальних даних щодо визначення технологічно прийнятної області параметрів режиму наплавлення; [6] – розроблено склад самозахисного порошкового дроту з екзотермічною сумішшю; [13, 17] – досліджено вплив екзотермічної суміші в складі осердя самозахисного порошкового дроту на фізичні властивості шлаку; [7, 22] – досліджено вплив екзотермічної суміші на зварювально-технологічні властивості порошкових дротів; [14] – проведено експериментальні дослідження з визначення впливу екзотермічної суміші на параметри наплавленого валика; [15, 23] – досліджено вплив екзотермічної суміші в складі порошкового дроту на хімічну неоднорідність наплавленого металу; [18] – розраховано температури попереднього підігрівання при наплавленні екзотермічним порошковим дротом; [12, 26] – розраховано об'єм вуглекислого газу, який виділяється при дисоціації карбонатів металів і визначено склад композиції карбонатів як газотвірної частини осердя самозахисного порошкового дроту.

АННОТАЦІЯ

Жаріков С. В. Усовершенствование самозащитной порошковой проволоки для наплавки штампов путем введения экзотермической смеси в наполнитель. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.03.06 – сварка, родственные процессы и технологии. – Донбасская государственная машиностроительная академия, Краматорск, 2015.

Диссертация посвящена усовершенствованию самозащитной порошковой проволоки для наплавки штампового инструмента. Проведен анализ литературных источников в области разработки наплавочных материалов. Известно, что существенным недостатком применения СПП является отставание плавления сердечника от оболочки. Рассмотрены существующие способы обеспечения равномерности плавления сердечника и оболочки. Доказано, что перспективным направлением исследования является введение в состав сердечника СПП экзотермических смесей. Проведен анализ особенностей нагрева и плавления экзотермических электродных материалов и их состав. Проанализированы условия работы вырубных штампов и современные наплавочные материалы для их

восстановления. Произведен выбор и дано обоснование состава наплавленного металла.

В работе определены методики проведения теоретических и экспериментальных исследований по изучению физических и технологических свойств шлаков, структуры и свойств наплавленного металла, сварочно-технологических свойств разрабатываемой СПП. Разработаны новые методики интегрального измерения сварочного тока и оценки качества формирования наплавленного валика, усовершенствована методика определения сварочно-технологических характеристик порошковых проволок.

С целью определения оптимального состава экзотермической смеси выполнена оценка тепловых эффектов взаимодействия различных элементов раскислителей с различными окислителями. Проведены исследования влияния количества экзотермической смеси на величину сварочного тока. Исследовано влияние состава проволоки на показатели ее расплавления и наплавки. Доказано, что введение в шихту сердечника СПП более 35 % экзотермической смеси в виде окалина и алюминиевого порошка в соотношении 4:1 обеспечивает протекание экзотермической реакции с тепловым эффектом, достаточным для подогрева сердечника порошковой проволоки с целью выравнивания скорости его плавления и оболочки, что способствует снижению химической неоднородности наплавленного металла и получению заданного химического состава уже во втором слое.

Проведенными исследованиями определено, что при наплавке СЭПП образуется шлак, относящийся к шлаковой системе $\text{CaF}_2\text{--CaO--TiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3$. Установлено, что введение экзотермической смеси в состав шихты порошковой проволоки способствует снижению температуры плавления и поверхностного натяжения шлака, увеличению его плотности и вязкости. Такое изменение физических свойств шлака обеспечивает высокую кроющую способность, хорошую отделимость шлакового покрытия и качественное формирование наплавленного металла.

Методом математического моделирования определен рациональный состав газообразующей части наполнителя СЭПП, позволяющий, за счет использования композиции карбонатов щелочных металлов, обеспечить низкое содержание газов в наплавленном металле. Рассчитаны коэффициенты перехода легирующих элементов с учетом содержания газошлакообразующей составляющей проволоки и основности шлака, что позволило получить оптимальный состав СЭПП для наплавки вырубных штампов. Определена технологически приемлемая область параметров режима наплавки, обеспечивающая получение максимального значения коэффициента наплавки при минимальных потерях электродного металла. Установлено, что применение экзотермической смеси в составе СПП приводит к увеличению ширины и высоты усиления наплавленного валика, уменьшению глубины проплавления.

Исследовано влияние состава СПП на наличие неметаллических включений и структуру наплавленного металла. Разработана технология восстановительной наплавки штампового инструмента. Промышленные испытания разработанной СЭПП показали повышение стойкости наплавленного инструмента по сравнению с аналогами на 45...50 %.

Ключевые слова: самозащитная порошковая проволока, экзотермическая смесь, шлаки, штамповый инструмент, математическая модель, неметаллические включения

АНОТАЦІЯ

Жаріков С. В. Удосконалення самозахисного порошкового дроту для наплавлення штамів шляхом введення екзотермічної суміші в наповнювач. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – зварювання, споріднені процеси і технології. – Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, 2015.

Дисертація присвячена удосконаленню самозахисного порошкового дроту для наплавлення штампного інструменту. Проведено аналіз літературних джерел в області розроблення наплавочних матеріалів. Перспективним напрямом дослідження є введення до складу осердя СПД екзотермічних сумішей. Проаналізовано умови роботи вирубних штамів і сучасні наплавочні матеріали для їхнього відновлення.

У роботі визначені відомі та розроблено нові методики проведення теоретичних і експериментальних досліджень з вивчення зварювально-технологічних властивостей СПД і властивостей наплавленого металу.

Проведено дослідження впливу кількості екзотермічної суміші на величину зварювального струму. Досліджено вплив складу дроту на показники розплавлення і наплавлення. Проведеними дослідженнями визначено, що при наплавленні СЕПД утворюється шлак, що відноситься до шлакової системи $\text{CaF}_2\text{--CaO--TiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3$.

Методом математичного моделювання визначено раціональний склад газотвірної частини наповнювача СЕПД, що дозволяє за рахунок використання композиції карбонатів лужних металів забезпечити низький вміст газів у наплавленому металі. Розраховано склад СЕПД для наплавлення вирубних штамів. Визначено технологічно прийнятну область параметрів режиму наплавлення.

Досліджено вплив складу СЕПД на наявність неметалевих включень і структуру наплавленого металу. Розроблено технологію наплавлення штампного інструменту. Промислові випробування розробленого СЕПД показали підвищення стійкості наплавленого інструменту в порівнянні з аналогами на 45...50 %.

Ключові слова: самозахисний порошковий дріт, екзотермічна суміш, шлаки, штампний інструмент, математична модель, неметалеві включення

ANNOTATION

Zharikov S. V. Perfection of self-shielding flux-cored wire for surfacing of dies by introducing exothermic mixture into filler. – Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.03.06 – Welding, allied processes and technology. – Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, 2015.

Dissertation is devoted to the perfection of self-shielding flux-cored wire for surfacing of punching tools. The analysis of the literature in the field of surfacing materials is conducted. A promising line of research is the introduction of the core SFW exothermic mixtures. The conditions of work of cutting dies and advanced coating materials for restoration are analyzed.

The paper identifies the known and develops new methods of theoretical and experimental research of welding and technological properties of the SEFW and the properties of the deposited metal.

Investigations of the influence of the exothermic mixture on the welding current are fulfilled. The effect of the wire composition on the performance of melting and surfacing is investigated. It is determined by the conducted research that when SEFW surfacing slag is formed, relating to the slag system $\text{CaF}_2\text{-CaO-TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$.

By the method of mathematical modeling the rational composition of the SEFW gasifying filler is defined, allowing for the use of the composition of alkali metal carbonates to provide low gas content in the deposited metal. The composition of SEFW for surfacing cutting dies is calculated. Technologically acceptable range of the surfacing mode parameters is determined.

The influence of the SEFW composition on the presence of non-metallic inclusions and the structure of the deposited metal is investigated. The technology of punching tools surfacing is elaborated. Industrial tests of the developed SEFW showed an increase of the resistance of the surfaced tool in comparison with analogues by 45...50 %.

Keywords: self-shielding flux-cored wire, exothermic mixture, slag, punching tools, mathematical model, non-metallic inclusions

Підп. до друку 04.09.2015. Формат $60 \times 84/16$.

Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 0,9.

Тираж 100 пр. Зам. № 86.

Видавець і виготівник

Донбаська державна машинобудівна академія

84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК №1633 від 24.12.2003