

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

С. М. Герук, к.т.н., доцент, ст. наук. співр., член-кор. Інженерної академії України

ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільськогосподарства»

О. М. Сукманюк, к.і.н., ст. викладач

Житомирський національний агроекологічний університет

О. М. Калнагуз, ст. викладач

Сумським національним аграрним університетом

Постійне підвищення вартості енергоносіїв, які використовуються у процесі відновлення деталей за допомогою електричної дуги, змушує ставити перед дослідниками, науковцями і виробниками завдання щодо можливості створення ефективніших та економічніших матеріалів та технологій для відновлення деталей сільськогосподарських машин. Робота присвячена складному і актуальному питанню подальшому розвитку зварювального виробництва

В статті описано роботу дослідників основна увага яких приділялась аналізу матеріалів, які використовувалися при відновленні деталей сільськогосподарської техніки зварюванням та наплавленням та якості металу після проведення цих відновлювальних процесів.

Ключові слова: історія, матеріали, зварювання, наплавлення, відновлення.

Постановка проблеми в загальному вигляді. На початку ХХ ст. рівень розвитку металургії визначав розвиток виробництва в цілому. Вся техніка, особливо сільськогосподарська, працювала в умовах надзвичайно інтенсивного спрацювання їхніх робочих елементів внаслідок контакту з ґрунтом. А це вимагало неабияких невикористаних та експлуатаційних втрат металів і необхідності ремонту та відновлення деталей машин, що сприяло розширенню й удосконаленню вже відомих методів зварювання і наплавлення, кожен з яких давав позитивні наслідки та отримував в подальшому наукове обґрунтування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як свідчать дослідження, в літературних джерелах недостатньо висвітлено розвиток матеріалів для відновлення деталей сільськогосподарських машин зварюванням і наплавленням, тому виникла об'єктивна необхідність більш широко висвітлити етапи даного розвитку.

Метою даного дослідження є висвітлення діяльності винахідників матеріалів для відновлення деталей машин зварюванням та наплавленням та перспективам зварювального виробництва.

Основним завданням даної роботи стала спроба розглянути розвиток матеріалів в історії науки електродугового зварювання і наплавлення та спрогнозувати перспективи зварювального виробництва.

Об'єкт статті – історія розвитку матеріалів для відновлення деталей сільськогосподарських машин зварюванням і наплавленням та перспективи розвитку зварювального виробництва, а предметом – виступають наукові здобутки винахідників.

Методологічною основою дослідження є загальні принципи об'єктивності, історизму, які передбачають об'єктивний опис і аналіз подій на основі науково-критичного використання

різноманітних джерел.

Результати досліджень. Зварювальна техніка і технології займають одне з провідних місць у сучасному виробництві. Розвиток техніки ставить нові вимоги до способів виробництва і, зокрема, до технології зварювання.

З історії розвитку зварювання відомо, що основоположниками дугового зварювання є російські вчені та інженери - В.В Петров (1761-1834гг), М.М. Бенардос (1842-1905гг), М.Г Славянов (1854-1897гг).

Зварювання належить до числа великих російських винаходів. Вона перетворила багато технологічних процесів виробництва машин і механізмів, будівництва суден і споруд, надає велику допомогу в освоєнні космосу.

Важливою проблемою є застосування зварювальних технологій в космічному просторі, де перспективним способом вважається електронно-променева, лазерна зварка. Інститутом електрозварювання ім. Є. О. Патона разом з НВО «Енергія» проведено експерименти електронно-променевого зварювання, різання, пайки і нанесення покриття у відкритому космосі, при яких були вивчені особливості отримання зварних з'єднань в умовах вакууму і мікрогравітації, оцінені можливості людини в скафандрі виконувати функції зварника.

Льотчики-космонавти Г. Шонін і В. Кубасов на борту космічного корабля «Союз-6» вперше в світі здійснили зварювання в умовах космічного вакууму і невагомості. Космонавтами В. Джанібєковим і С. Савицькою під час польоту станції «Союз-7» у відкритому космосі протягом 3 годин проводилося зварювання, різання та паяння металів, що довело можливість виконання різних ремонтних робіт космічних апаратів.

До області зварювальних технологій відносять так само різання металів, наплавку одного металу на інший, напилення і металізацію. Пайку, яка за своєю природою

відрізняється від зварювання, також традиційно відносять до зварювальних технологій. Практично будь-яке сучасне виробництво складно уявити без використання технологій зварювання.

Обладнання і технології. На ринку зварювального устаткування перше місце займає апаратура для дугового зварювання. Зростає виробництво апаратури для зварювання порошковими і суцільними проводами при зменшенні частки обладнання для ручного дугового зварювання покритими електродами. У промислово розвинених країнах частка металу, наплавленого ручного дугового зварювання, зменшилася майже в 3 рази і становить 20-30%, в інших країнах таке зниження менш інтенсивний.

Друге місце займає виробництво обладнання для контактного зварювання. При цьому частка обладнання для газового зварювання і різання зменшується. У світовій практиці останнім часом почали широко використовувати інверторні джерела живлення мають великі можливості для автоматичного керування зварювальними процесами.

В даний час існує дві проблеми, пов'язані із застосуванням контактної зварювання опором.

Перша полягає в зниженні ймовірності появи дефектів у з'єднаннях. Вона буде вирішуватися шляхом створення більш ефективних систем автоматичного управління, а в області мікрозварювання - також за рахунок застосування нових систем живлення.

Друга проблема - підвищення енергетичних показників потужних машин - буде вирішуватися за допомогою розробки досконаліших перетворювачів числа фаз, які забезпечують підвищення ККД і коефіцієнта потужності.

Розвиток контактної зварювання опаленням пов'язано з подальшим вдосконаленням систем автоматичного управління і живлення потужних машин. Це дозволить вирішити багато технічних проблем, особливо при зварюванні виробів з великим поперечним перерізом з різних металевих матеріалів. Зокрема, представляється можливим в 2-3 рази зменшити час зварювання, знизити втрати металу і споживану потужність.

При цьому досягається високотемпературний нагрів металу, необхідний при зварюванні високоміцних сталей і сплавів. Зазначені системи забезпечують не тільки багатофакторне управління процесом зварювання, а й одночасне діагностування якості з'єднань. Буде розвиватися контактна шовне зварювання для з'єднання рулонізованих смуг щодо малої товщини і великої ширини. Велика увага буде приділена розробкам серійного високопродуктивного обладнання для контактної зварювання на основі уніфікованих, модульних блоків, оснащеного засобами

механізації допоміжних операцій і легко вбудовується в складально-зварювальні лінії.

Можливо, контактне зварювання кілька потіснить лазерне зварювання. При цьому можна виділити наступні напрямки вдосконалення обладнання і систем управління. Найпростішим удосконаленням стандартного процесу лазерного зварювання є використання пристрою для прецизійної подачі присадного дроту в зазор. Це забезпечує цілеспрямований вплив на металургійні процеси в металі шва, придатність лазерного зварювання для матеріалів, схильних до утворення тріщин, а також для виконання з'єднань різних матеріалів з проміжними шарами. Створення пристроїв для дистанційного наведення променя лазера.

Розширюються області застосування лазерних технологій, в тому числі потужних діодних зварювальних лазерів з високим ККД. Широкі можливості використання електронно-променевого зварювання, яким за один прохід можна зварювати метали товщиною до 200-300 мм.

Перш за все слід зазначити твердотілі лазери з діодним накачуванням. Основними перевагами цього типу лазерів є тривалий термін служби діодів (більше 10000 годин), більш високий ККД перетворення електричної енергії в лазерне випромінювання і високу якість випромінювання. Іншим напрямком розвитку обладнання є використання активних елементів на основі волоконної оптики з діодним накачуванням. Цей тип обладнання забезпечує високу якість променя, ККД перетворення електроенергії - до 20%, можливість розробки надійної і компактної конструкції лазера за рахунок виключення потребують юстирування оптичних пристроїв. Виробники цієї апаратури досить швидко збільшують потужність волоконних лазерів, яка в даний час складає близько 6,5 кВт, а найближчою метою розробників є досягнення 25 кВт.

Оскільки волоконні лазери працюють на довжині хвилі, що співставима з довжиною хвилі твердотільних лазерів, вони мають всі переваги своїх прототипів, що особливо проявляється при зварюванні легких сплавів. У перспективі можливе ефективне використання для зварювання потужних діодних лазерів, перевагами яких, порівняно з газорозрядними і звичайними твердотільними, є більш високий ККД (до 30%) і компактність конструкції, що дозволяє легко вбудовувати їх в автоматизовані промислові комплекси. Фокусна пляма потужних діодних лазерів зазвичай являє собою прямокутник з довжиною сторони в кілька міліметрів.

У лазерному центрі Санкт-Петербурзького ЦНДІ РТК ведуться дослідження в області нових технологій зварювання металів. Вчені

досліджують процес, який представляє собою взаємодію двох теплових джерел нагріву: лазера і плазмового пучка. Зв'язавши ці два процеси, можна отримати нову ефективну та відносно недорогу технологію зварювання. Область її можливого застосування простирається від автомобілебудування до будівництва магістральних трубопроводів.

Ідея скомбінувати - не нова. Комбінують зараз багато, не тільки плазму з лазером. Суміщувати дорогий лазер з дешевим теплом, наприклад світловим, індукційним - це сьогодні одне з основних перспективних напрямків у світі. Попередньо цей процес був промодельований математично, і одним із завдань досліджень є і перевірка математичної моделі на адекватність, на точність відтворення процесу.

Актуальність даної роботи полягає в ряді проблем, які існують в суднобудуванні і автомобілебудуванні. Наприклад, проблема необхідності деформації тонколистової сталі після зварювання. Це характерно для кузовних деталей автомобілів. Після зварювання їм повинна бути надана певна форма. Повинна бути певна пластичність звареної заготовки.

Для розвитку важкого машинобудування велике значення має електрошлакове зварювання при виготовленні крупногабаритних товстостінних виробів. Успішно розвивається контактне зварювання (роликове, точкове і рельєфне).

Розвиток електронної техніки і приладобудування призвів до створення ультразвукового, дифузійного, пресового та інших видів зварювання. Забезпечення з'єднань високої якості в складних умовах вимагає вдосконалення техніки і засобів підготовки до ремонтної зварювання.

Актуальною залишається проблема зварювання нових матеріалів на основі заліза, міді, нікелю, алюмінію, титану та ін. В Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона знайшли нове рішення поліпшення зварюваності перспективних сплавів алюмінію і титану. Створені нові технології, які дають можливість отримання зварних з'єднань товщиною 0,5-1000 мм. Для отримання нероз'ємних з'єднань з різномірних матеріалів (сталь - титан, мідь - алюміній, сталь - алюміній і ін.) Перспективними є такі процеси: зварювання магнітно-імпульсна, зварювання вибухом, дифузійної зварювання, пайки, склеювання, механічні (штепсельні з'єднання).

У виробництві впроваджено нові технології для зварювання полімерів і композитів на їх основі, зварювання труб з термопластів, які використовуються при будівництві газу - і водопроводів та інших комунікацій. Перспективними є з'єднання цих матеріалів за допомогою ультразвукового зварювання,

зварювання тертям і струмами високої частоти.

Значно розширилися можливості підводного зварювання і різання, які використовуються на глибині декількох десятків метрів. Для цього використовують зварювання плавкими і не плавляться електродами, лазерне випромінювання. Розробляються нові механізовані способи зварювання і різання, а також обладнання, які були б придатні для використання на кілометровій глибині для прокладки газу - і нафтопроводів по дну океанів.

Обсяг обладнання для газового зварювання і різання буде скорочуватися, хоча частка його залишиться значною. Створення гнучких модулів для плазмових зварювання, різання і нанесення покриттів, автоматизація процесів плазмової обробки є найважливішими напрямками робіт інженерів і конструкторів. Підвищення якості та працездатності зварних конструкцій безперервно пов'язано з удосконаленням такого важливого і трудомісткого процесу, як неруйнівний контроль якості зварних з'єднань.

Обсяг обладнання для газового зварювання і різання буде скорочуватися, хоча частка його залишиться значною. Створення гнучких модулів для плазмових зварювання, різання і нанесення покриттів, автоматизація процесів плазмової обробки є найважливішими напрямками робіт інженерів і конструкторів.

Підвищення якості та працездатності зварних конструкцій безперервно пов'язано з удосконаленням такого важливого і трудомісткого процесу, як неруйнівний контроль якості зварних з'єднань.

Тому повинні отримати подальший розвиток роботи зі створення сучасної апаратури для неруйнівного контролю якості як в заводських умовах, так і на монтажі. Особливо актуальна робота зі створення портативної апаратури для ультразвукового контролю, яка дала б змогу з великою вірогідністю визначати і описувати дефекти в трикоординатних площинах в автоматичному режимі.

В даний час все більш широке застосування знаходить технологія акустоемісійної діагностики, заснованої на аналізі сигналів, що виникають при деформації матеріалів конструкції. Вона забезпечує можливість експлуатації конструкцій за фактичним станом. Успішно пройшов промислові випробування електромагнітно-акустичний дефектоскоп.

Акустоемісійні системи дозволяють ідентифікувати такі небезпечні явища, як втрата пластичності, зародження і розвиток тріщини, корозійні пошкодження. Ультразвуковий томограф реєструє інформацію про конфігурації, розмірах, орієнтації дефектів. Для вимірювання об'ємних двохосових напруг пропонується

використовувати спектрально-акустичні системи контролю.

Матеріали. Відчутні зміни спостерігаються на світовому ринку зварювальних матеріалів. Матеріали для механізованих видів зварювання, в першу чергу порошкова і суцільна дроту, впевнено тіснять за обсягами продажів на ринку покриті електроди для ручного дугового зварювання.

Основні напрямки - розробка зварювальних матеріалів спеціального призначення, що забезпечують з'єднання високоміцних сталей і сплавів, різномірних, багат шарових і композиційних матеріалів. Крім того, актуальною є задача створення зварювальних матеріалів, оптимальних як за кількісним вмістом компонентів, так і за економічними показниками. При цьому необхідно дотримуватись санітарно-гігієнічних вимог.

Відомо, що для зварних конструкцій потрібні матеріали, що добре зварюються, тому потрібне раціональне використання нових конструкційних матеріалів з високими показниками механічних властивостей. Буде безперервно розширюватися застосування високоміцних сталей в відповідальних зварних конструкціях. Все більш широке застосування знаходять високоміцні алюмінієво-літєві сплави, сплави з гранично високим легуванням, а також сплави, які містять в своєму складі ефективні модифікатори - скандій, цирконій, одночасно поліпшують сварюваність матеріалів і механічні властивості зварних з'єднань. Ведуться роботи по створенню нових конструкційних, добре зварюються титанових сплавів, що володіють високою міцністю і корозійну стійкість.

Заходи щодо вдосконалення зварювального виробництва можна умовно розділити на три основні групи:

- вдосконалення зварних конструкцій;
- розробка нових і вдосконалення відомих зварювальних процесів;
- розробка нових зварювальних матеріалів.

При виробництві зварювальних матеріалів можна виділити наступні напрямки:

- підвищення міцності і ударної в'язкості при необхідній корозійної стійкості для сталей нових типів;
- збереження високої ударної в'язкості при високих температурах у сталей, що використовуються в жорстких умовах навколишнього середовища, для підтримки міцності і в'язкості швів, наплавлених за допомогою високопродуктивних процесів.

Великі переваги зварюваності конструкційних сталей з'явилися при використанні термомеханічних (ТМ) процесів обробки сталей на початку 1980-х років. У порівнянні з традиційними нормалізованими сталями нові сталі мають меншу кількість

легуючих елементів при тому ж межі текучості. Зміст вуглецю в ТМ-сталях нижче, міцність підвищується за рахунок мілкозернистості і підвищеної щільності дислокацій. Іноді застосовується прискорене охолодження, що дає додаткову міцність. Поряд з низьким вмістом вуглецю якість сталі було значно покращено в результаті зниження вмісту фосфору і сірки.

Розширюється використання сталей з підвищеним рівнем міцності.

Сталі з межею текучості близько 500 МПа використовуються в стандартних несучих сталевих конструкціях, устаткуванні для екскаваторів, трубопроводах, вантажопідіймальному обладнанні, в конструкціях покрівлі шахт і, звичайно, в конструкціях, що працюють в воді. Високоміцні сталі з межею текучості 690 МПа використовуються для трейлерів, що перевозять важкі вантажі, в кранах з високою несучою здатністю, візках. Сталі з межею текучості 900 МПа і вище зазвичай використовуються в конвеєрних системах, мостах, турбінах.

Широке поширення отримали сталі з підвищеним вмістом легуючих елементів. У цій групі сталь 12Cr-1Mo має найвищий вміст легуючих елементів. Однак найбільший інтерес зараз викликають сталі з 9% Cr і 1% Mo. Очікується, що якщо використання сталей з 9% Cr в нафтохімічній промисловості буде зростати, то це стане однією з перспективних галузей розробок зварювальних матеріалів в наступні роки. Зварювальні матеріали для зварювання модифікованих сталей 9Cr-1Mo поки тільки розробляються.

Алюміній знаходить все більш широке застосування в більшості інженерних проектів. Нові високошвидкісні судна типу Stena Line, що курсують між Швецією і Данією і перетинають Ірландське море, - хороший приклад використання алюмінію, який дозволяє знизити масу конструкції, збільшити вантажопідйомність, підвищити швидкості пересування. Однак використання алюмінію викликає необхідність видозміни конструкції суден.

В цілому можна відзначити наступні основні тенденції в розробці зварювальних матеріалів:

- розробка порошкових дротів для конструкційних і корозійно-стійких сталей;
- розробка матеріалів з поліпшеними характеристиками теплотривкості і корозійно-нестійкості;
- розробка матеріалів з низьким вмістом водню.

Особливості різних типів композиційних матеріалів (волокнистих, шаруватих, дисперсно-зміцнених) практично виключають застосування традиційних видів зварювання.

Необхідно окремо зупинитися на новинках,

безпосередньо пов'язаних з газовим зварюванням і різкою.

Так, одним з цікавих напрямків роботи є створення портативних апаратів: легких і компактних. Сьогодні виробники вже пропонують повністю готові до використання комплекти (включаючи систему автоматичної подачі дроту) вагою менше 10 кілограмів, їх досить лише під'єднати до газового балона.

До того ж такий апарат оснащується цифровою системою управління. За допомогою дисплея і кнопок налаштування не тільки професіонал, але навіть «любитель» (тобто людина, що займається відповідними роботами лише час від часу) виставляє вихідні показники: наприклад, вид газу і діаметр дроту. Далі апарат налаштовується сам. Це робить його виключно простим в управлінні, а значить зручним для найширшого кола споживачів.

Ще один напрямок - вдосконалення газових пальників. Здавалося б, що може бути більш примітивним? Однак пальника сучасних конструкцій здатні, наприклад, дуже важливо щоб протягом тривалої роботи при найвищих температурах пальник давав рівне полум'я: без смолоскипів і ударів. високоякісної зварюванні. Застосування подібних пальників дозволяє не переривати роботу, а значить, відчутно підвищує продуктивність праці зварника.

Актуальним є розвиток науково-технічних підходів з достовірної оцінки залишкового ресурсу експлуатованих зварних конструкцій машин і устаткування і його гарантованого продовження. Такі підходи повинні базуватися на комплексному аналізі всіх стадій життєвого циклу конструкцій. Не виключено, що в майбутньому, завдяки успіхам у різних областях фізики, будуть створені нові засоби нагріву металу, придатні для зварювання плавленням. Зокрема, був би доцільним пошук джерел нагріву, в яких поверхневе виділення енергії поєднувалося б з об'ємним. Безсумнівно, і далі будуть продовжуватися пошуки більш досконалих способів і засобів захисту розплавленого металу від впливу навколишнього середовища для використання їх при рафінуванні і легуванні металу шва, а також формування з'єднання.

Фахівці в області зварювання з Німецького зварювального суспільства Д. фон Хоффе і К. Мидделдорф на підставі аналізу публікацій останніх років у промислово розвинених країнах виділяють наступні аспекти перспектив розвитку технологій зварювання: Люди - Технологія - Екологія – Якість.

Висновки. Невід'ємною частиною виробничого процесу стають нові економічні технології, що забезпечують поєднання високої продуктивності і якості. Оптимальні рішення можна забезпечити шляхом підбору найкращих варіантів можливих технологічних процесів, що

постійно автоматизуються. В майбутньому невід'ємною складовою частиною проектування технологій стане застосування методів моделювання. Нові розробки в області інформатики зроблять можливим моделювання повного циклу виробництва в зручній для користувача формі («включай і працюй»). Вирішальну роль при цьому відіграватимуть широкі можливості віртуального простору. Цикли розробки виробів стануть коротшими, збережуться існуючі і відкриються нові перспективні галузі застосування технологій з'єднання. Виконання високоякісних швів і покриттів, що не вимагають подальшої перевірки і контролю, а також використання точних методів прогнозування терміну служби конструкцій і виробів додадуть виробів статус безпечних і надійних.

Список використаної літератури:

1. Герук С.М. Відновлення деталей сільськогосподарських машин зварюванням і наплавленням: становлення і розвиток. Монографія /С.М.Герук, О.М.Сукманюк //К.,2011.-198 с.
2. Шалимов М. П. Сварка вчера, сегодня, завтра.. (введение в специальность) : учебное пособие / М.П. Шалимов, В. И. Панов. - Екатеринбург: Изд-во УГТУ-УПИ, 2006.:226 С.
3. Пупань Л.И., Кононенко В.И. Перспективные технологии получения и обработки материалов: Учеб. пособие / Л.И. Пупань, В.И. Кононенко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 261 с.
4. Герук С.Н. Зарождение теоретических основ технологического процесса сварки и наплавки при восстановлении деталей машин [Текст] /С.Н.Герук, Е.Н.Сукманюк// Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: матер. Междунар. Науч.техн. конф. в 3т.Т.1-Минск:НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского х-ва, 2014.-С.230-237.

С.М. Герук, Е.Н. Сукманюк, А.Н. Калнагуз Перспективы развития сварочного производства

Постоянное повышение стоимости энергоносителей, используемых в процессе восстановления деталей с помощью электрической дуги, заставляет ставить перед исследователями, учеными и производителями задачи по возможности создания эффективных и экономичных материалов и технологий для восстановления деталей сельскохозяйственных машин. Работа посвящена сложному и актуальному вопросу дальнейшего развития сварочного производства

В статье описано работу исследователей основное внимание которых уделялось анализу материалов, которые использовались при восстановлении деталей сельскохозяйственной техники сваркой и наплавкой, качества металла после проведения этих восстановительных процессов.

Ключевые слова: история, материалы, сварки, наплавки, восстановления.

S. Geruk, E. Sukmaniuk, A. Kalnaguz Perspectives for development of welding production

The constant increase in the cost of energy used in the process of restoring parts with the help of an electric arc causes the researchers, scientists and manufacturers to put the task of creating, if possible, efficient and economical materials and technologies for the restoration of parts of agricultural machinery. The work is devoted to the complex and urgent question of the further development of welding production

The article describes the work of researchers whose main focus was on the analysis of materials used for the restoration of parts of agricultural machinery by welding and surfacing, the quality of the metal after carrying out these regenerative processes.

Keywords: history, materials, welding, surfacing, restoration