

УДК 621.791.052:691.81
DOI [https://doi.org/10.15589/znp2025.1\(499\).3](https://doi.org/10.15589/znp2025.1(499).3)

MODERNIZATION AND DEVELOPMENT DIRECTIONS OF THE TOOL FOR ELECTRIC ARC WELDING OF ANCHOR RODS MADE OF REINFORCING STEEL

РОЗВИТОК ТА НАПРЯМКИ РОЗРОБКИ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ПРИВАРЮВАННЯ АНКЕРНИХ СТРИЖНІВ ІЗ АРМАТУРНОЇ СТАЛІ

Stanislav V. Drahan

dragan.welding@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8634-782X

Yuriy O. Yaros

yaros.amity.mk.ua@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5274-3514

Dmytro S. Hladchenko

dmytro.hladchenko@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0002-7948-6079

С. В. Драган,

канд. техн. наук, професор

Ю. О. Ярос,

канд. техн. наук

Д. С. Гладченко,

аспірант

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Abstract. The technology of electric arc welding of anchor rods has been actively used for more than 50 years in various industries. During this time, it went through a long path of changes and development, the tool for arc welding of anchors, which was called the "welding gun", underwent a corresponding change.

The **purpose of the research** is to analyze the development of the design of the welding gun for welding anchor rods and to identify directions for the development of improved technology based on the new design of the gun when using anchors made of reinforcing steel.

The **methodology** is a patent search and critical analysis of gun designs for electric arc welding of anchor rods.

The work includes a retrospective analysis of the design of guns for welding anchor rods with a smooth cylindrical surface. Particular attention was paid to the analysis of rod clamping devices and drives for moving anchors during the welding process, means of ensuring high-quality weld formation. Disadvantages of the considered design solutions of guns, which prevent their use for reinforcing steel rods, have been revealed. Possible directions for improving the design of the gun and developing technology for welding anchor pins based on it are indicated.

The **scientific novelty** of the work is the introduction of the fact that in modern scientific and technical literature, the technology of welding studs is considered only within the framework of existing welding methods described by the ISO 4063 standard. There is also no information about attempts to find alternative methods of welding anchors, in particular from reinforcing steel, or the use of elements of other technologies within the framework of existing methods of welding elements.

The **introduction into production** of improved technology based on a new design of the gun will reduce the cost of anchoring steel-reinforced concrete structures for various purposes, including in shipbuilding and the construction of marine infrastructure, and will open up new prospects for the development of the technology of electric arc welding of anchor rods.

Key words: welding; anchor rod; reinforcing steel; welding gun; construction; analysis.

Анотація. Технологія електродугового приварювання анкерних стрижнів активно використовується вже більше 50 років у різних галузях промисловості. За цей час вона пройшла тривалий шлях змін та розвитку, відповідної зміни зазнав інструмент для дугового зварювання анкерів, який отримав назву «пістолет».

Мета дослідження – аналіз розвитку конструкції зварювального пістолету для приварювання анкерних стрижнів та виявлення напрямків розробки удосконаленої технології на основі нової конструкції пістолету при використанні анкерів із арматурної сталі.

Методика – патентний пошук та критичний аналіз конструкцій пістолетів для електродугового приварювання анкерних стрижнів.

У роботі виконано ретроспективний аналіз конструкції пістолетів для приварювання анкерних стрижнів з гладкою циліндричною поверхнею. Особливу увагу приділено аналізу затискних пристроїв стрижнів та приводів для переміщення анкерів у процесі зварювання, засобам забезпечення якісного формування зварного шва. Виявлені недоліки розглянутих конструктивних рішень пістолетів, які перешкоджають їх використанню для стрижнів із арматурної сталі. Вказані можливі напрямки удосконалення конструкції пістолету та розробки на його основі технології приварювання анкерних шпильок.

Науковою новизною роботи є встановлення факту, що у сучасній науково-технічній літературі технологія приварювання шпильок розглядається лише в рамках існуючих способів зварювання, описаних стандартом ISO 4063. Також відсутня інформація про спроби пошуку альтернативних способів зварювання анкерів, зокрема із арматурної сталі, або використання в рамках існуючих способів зварювання елементів інших технологій.

Впровадження у виробництво удосконаленої технології на основі нової конструкції пістолету дозволить знизити собівартість анкерування сталезалізобетонних конструкцій різного призначення, у тому числі у суднобудуванні та при будівництві споруд морської інфраструктури, і розкриє нові перспективи розвитку технології електродугового приварювання анкерних стрижнів.

Ключові слова: зварювання, анкер; арматурна сталь; пістолет; конструкція; аналіз.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Технологія електродугового приварювання шпильок розтягнутою дугою активно використовується у будівництві та суднобудуванні з 30-х років ХХ сторіччя. За класифікацією міжнародного стандарту ISO 4063 цей спосіб зварювання має позначення “783 Приварювання дугове шпильок з керамічною шайбою дугою, що розтягується, або у захисному газі”.

Для 783 способу зварювання характерні певні особливості, які негативно впливають на стабільність зварювального процесу. Тривалість зварювання дуже коротка і складає від кількох десятків мілісекунд до кількох секунд. Протягом цього часу зварювальна дуга постійно змінює свою довжину, а сила струму при цьому сягає 1–1,5 кА. Для отримання якісного з’єднання всі стадії процесу формування шва мають бути синхронізовані у часі із процесом плавлення металевго стрижня. Якщо стрижень не встигає достатньо розплавитися, то відбувається його «холодне» занурення у зварювальну ванну внаслідок чого утворюється непровар у перерізі шва. Якщо ж має місце надмірна кількість розплавленого металу, то в процесі опускання шпильки він може розплескатися, що призведе до формування шва неправильної форми та зниження його механічної міцності.

Якість зварного шва напряму залежить від глибини та швидкості занурення шпильки у рідкий метал зварювальної ванни, а також притисного зусилля робочого поршня. Разом з тим тривалість стадії процесу формування шва мають бути синхронізовані зі зміною електричних параметрів дугового розряду – струм в зварювальному контурі повинен спадати до нуля не раніше, ніж шпилька опуститься у зварювальну ванну.

Для часткового вирішення описаних проблем формоутворення зварного шва при зварюванні 783 способом використовуються спеціальні керамічні кільця, які обмежують виплески рідкого металу та обмежують його розтікання.

При високому рівні синхронізації стадій зварювального процесу даний спосіб дозволяє збільшити продуктивність праці до 12 разів та відповідно знизити собівартість готової продукції у порівнянні з традиційною технологією приварювання стрижнів [1].

Для зварювання способом 783 використовують джерела живлення зі крутоспадною зовнішньою вольт-амперною характеристикою (ВАХ) та пристрій для позиціонування і приварювання шпильки, за свою форму та принцип дії названий зварювальним пістолетом.

Головні вимоги до джерела живлення – забезпечення стабільності горіння витягнутої електричної дуги за рахунок відповідного нахилу ВАХ; потужність, достатня для забезпечення необхідної для зварювання сили струму в залежності від типорозміру шпильки, що приварюється. Ці вимоги задовольняються вибором джерела живлення з широкою номенклатури джерел, представлених на ринку зварювального обладнання.

Більший інтерес представляє зварювальний пістолет, оскільки його конструкція безпосередньо впливає на якість зварного з’єднання та продуктивність роботи – параметри, які визначаються простотою використання та надійністю роботи цього пристрою. Особливою вимогою до зварювального пістолету будь-якої конструкції є чітке автоматичне виконання дій, синхронізованих між собою в швидкоплинному процесі зварювання. Тому, за час свого існування пістолет зазнав багатьох змін, але сама технологія зварювання при цьому принципово майже не змінилася. Частково це пов’язано з тим, що номенклатура матеріалів для зварювання обмежується вимогами стандарту EN ISO 13918, тому подальший розвиток конструкції пістолету і всієї технології зварювання можливий за рахунок розширення номенклатури приварюваних деталей-анкерів.

Таким нововведенням у технологію зварювання гнучких анкерів, на думку авторів, може стати

використання стрижнів із термічно зміцненої арматурної сталі, які мають низку переваг у порівнянні з класичними анкерами Нельсона: більш високі показники механічної міцності, низьку собівартість, простоту виготовлення. Слід зазначити, що експлуатаційні характеристики арматури забезпечуються особливостями її внутрішньої структури – наявністю твердих мартенситних фаз в приповерхневому шарі у поєднанні з пластичною ферито-перлитною серцевиною стрижня [8]. Така структура сталі потребує приділяти особливу увагу підтриманню заданого закону зміни параметрів протягом всього процесу зварювання для забезпечення необхідного термічного циклу, не допускаючи зниження показників механічної міцності зварного з'єднання.

Іншою особливістю арматурних стрижнів є їх геометрія. Складний профіль із ребристою поверхнею не дозволяє використовувати ті підходи, що використовуються під час зварювання гладких стрижнів або шпильок із різьбою. Крім того, ребристий профіль арматурних стрижнів унеможливує використання формуючих керамічних кілець.

Метою даного дослідження є аналіз патентів стосовно розвитку конструкції зварювального пістолета та виявлення напрямків розробки удосконаленої технології на основі нової конструкції пістолета для приварювання анкерних стрижнів із арматурної сталі.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Першим винахідником зварювального пістолета визнають Едварда Нельсона, який 7 жовтня 1938 року отримав патент за номером 2217964 на «Механізм для стикового зварювання» [2]. Конструкція пристрою та принцип його роботи, описані в даному патенті, були результатом аналізу всього попереднього етапу становлення технології приварювання шпильок, тому дану модель зварювального пістолета можна вважати першою, придатною для використання в масовому серійному виробництві.

Конструкція пістолета була суто механічною. Рух робочого поршня (рис. 1) 1 забезпечувався дією різнонаправлених пружин 2 та 3, які по чергово стискалися циліндрами 4 та 5. Шпилька 6 надійно обтискала за рахунок пальців 7 у патроні 8. Оператор зварювання притискав патрон 8 до корпусу пістолета, пружини 2, 3 стискалися та фіксувалися засувками кривошипу 9. Спусковий гачок пістолета 10 з'єднувався із кривошипом 9 та реле струму 11. Після того, як оператор натискав гачок 10 замикалося реле 11 та вивільнялася пружина 2, рух якої приводив до підняття патрону 8. Між шпилькою 6 та деталлю 12 виникала зварювальна дуга. Коли оператор відпускав гачок 10, вивільнялася пружина 3, яка переміщала поршень із патроном у зворотному напрямку. Таким чином оплавлена шпилька 6 занурювалася у ванну розплавленого металу на поверхні деталі 12.

Принцип роботи та конструкція даного пістолета характеризуються наступними недоліками. По-перше, оператор сам визначав момент часу коли оплавлений торець шпильки та зварювальна ванна досягають температури, необхідної для формування якісного зварного з'єднання. Це іноді призводило до того, що деталі з'єднувалися до моменту переходу металу у розплавлений стан, внаслідок чого не забезпечувалася потрібна міцність зварного шва.

По-друге, зварювальна дуга могла горіти лише з одного краю торця шпильки, викликаючи його нерівномірне оплавлення. В процесі зварювання такий ефект призводив до утворення несправу та неякісного формування з'єднання.

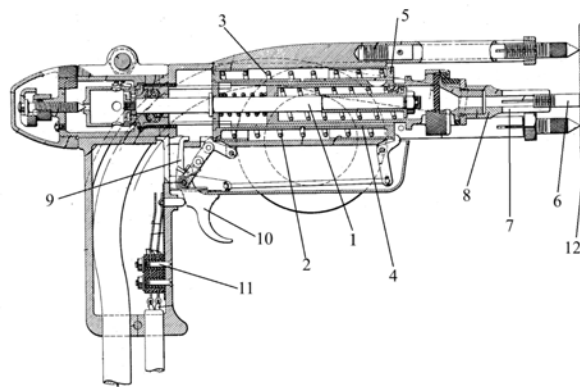


Рис. 1. Головні елементи «механізму для стикового зварювання» конструкції Е. Нельсона

По-третє, величина дугового проміжку, яка, як відомо, визначає теплову енергію дуги, залежить від моменту натискання та відпускання пускового гачка пістолета. Таким чином, при неконтрольованому процесі зварювання шпилька може, у залежності від дій оператора, оплавитися швидше або повільніше, що також призводить до формування швів неоднакової міцності.

Для вирішення зазначених проблем Е. Нельсон провів модернізацію зварювального пістолета, яка полягала у заміні механічного приводу переміщення шпильки електромагнітним рушієм [3].

В удосконаленій конструкції пістолета (рис. 2) головний робочий поршень 1 виконував роль магнітного осердя, розташованого всередині котушки електромагніта 2. Коли оператор натискав кнопку 3 на корпусі пістолета, замикалося реле і одночасно подавалася напруга у зварювальний контур та на котушку магніта. Під дією електромагнітної сили робочий поршень 1 втягувався всередину магніту 2, підіймав шпильку 3 над поверхнею деталі 4 і тим самим автоматично встановлювалася довжина дугового проміжку.

Рухаючись в бік котушки головний поршень стискав пружину 5; при цьому вивільнялася засувка 6, яка фіксує пружину 5 в стисненому стані. Після того як поршень 1 доходив до свого крайнього положення,

він впирався у спусковий механізм, який розмикав електричне коло магнітної котушки та одночасно з цим вивільняв засувку 6. Розпрямляючись, пружина 5 штовхала поршень 1 у зворотному напрямку і шпилька 3 опускалася у ванну розплавленого металу, формуючи зварний шов.

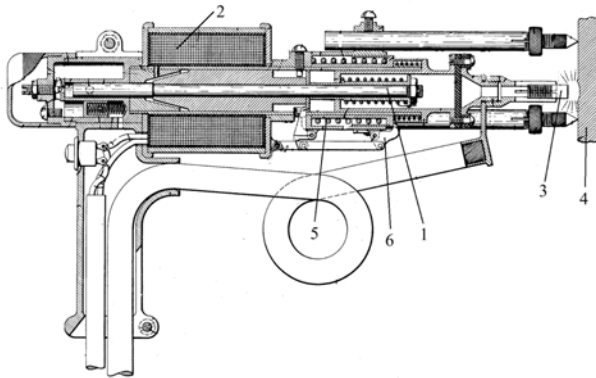


Рис. 2. Зварювальний пістолет Нельсона згідно з патентом [3]

Проведений аналіз показав, що суттєвою проблемою пістолетів із подібним електромагнітним приводом є забезпечення стабільної фіксованої довжини дуги, від якої безпосередньо залежить один з головних параметрів режиму зварювання – напруга на дузі.

Одним із технічних рішень вказаної проблеми стала розроблена в СРСР конструкція пістолету, з використанням двотактної схеми електромагнітного приводу [4, 5]. У цьому пістолеті електромагніт (рис. 3) складається із двох котушок – верхньої 1 та нижньої 2. Скрізь магнітні осердя котушок проходить металевий штовхач 3, верхній кінець якого за допомогою різьби з'єднується із верхнім якорем магніту 4. Нижній кінець штовхача вільний та виступає з магнітного осердя нижньої котушки, формуючи зазор між ним та нижнім якорем 5. Нижній якорь жорстко зв'язаний із тримачем шпильки 6.

При подачі напруги живлення на верхню котушку 1 штовхач 3 опускається і між осердям нижньої котушки магніту та нижнім якорем формується зазор, який дорівнює довжині зварювальної дуги. Величину зазору можна змінювати вкручуючи чи викручуючи вручну штовхач 3. Для вимірювання встановленого зазору (за допомогою щупа) в корпусі пістолету передбачений виріз 7.

Натисненням кнопки 8 напруга керування знімається з верхньої котушки 1 і подається на нижню котушку 2, одночасно із цим подається зварювальна напруга на шпильку 9. Під дією магнітного поля штовхач 3 разом із тримачем зі шпилькою підіймається, утворюючи встановлений зазор між шпилькою та деталлю.

Після закінчення встановленого часу напруга з нижньої котушки 2 автоматично знімається і знову

подається на верхню котушку 1, в результаті чого шпилька опускається в розплавлену ванну рідкого металу.

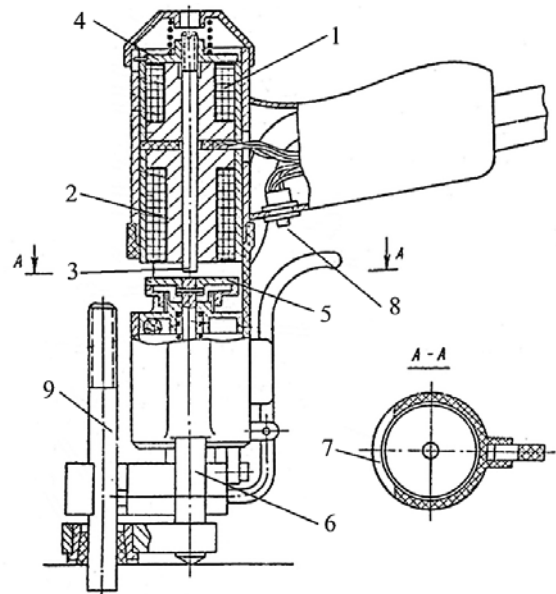


Рис. 3. Конструкція пістолета з патенту [4]

Така будова дозволяє отримати гарантовану величину дугового проміжку, але конструкція приладу суттєво ускладнюється і збільшує його вагу. Наявність вирізу в корпусі призводить до можливості проникнення бруду та вологи всередину зварювального інструмента, завдяки чому надійність роботи пістолета знижується.

Однак, при цьому невирішеною проблемою розглянутих електромагнітних пістолетів залишалися можливі виплески рідкого металу при зануренні шпильки в зварювальну ванну. Глибина та швидкість занурення залежать від жорсткості пружини і не контролюються оператором-зварювальником.

Вихід був знайдений у доповненні електромагнітного пістолету механічним вузлом, конструкція наведена на (рис. 4) [6]. Механізм складається із стрижня 1 з пружиною 2, що проходить крізь кульковий фіксатор, який має нерухомо встановлену обойму 3 та рухому розклинювальну втулку 4. У верхній частині стрижня 1 виконаний паз 5 регульованої довжини, крізь який проходить повідець 6. Переміщення стрижня 1 вниз обмежено довжиною ходу повідця 6, яка задається так, що дорівнює сумарному значенню довжини дугового проміжку та глибини занурення шпильки.

Точність роботи пристрою залежить від акуратності та уважності оператора, а також стану механічної частини. Забруднення чи незначні внутрішні пошкодження або зношення деталей не призведуть до поломки пістолету і неможливості виконання зварювання, але можуть суттєво впливати на точність

занурення шпильки, що нівелює головну ідею, закладену в конструкцію механізму. Загалом, практика показала, що чим менше в конструкції пістолету для зварювання шпильок рухомих деталей та механічних вузлів, тим надійніша його робота та вища якість зварних з'єднань.

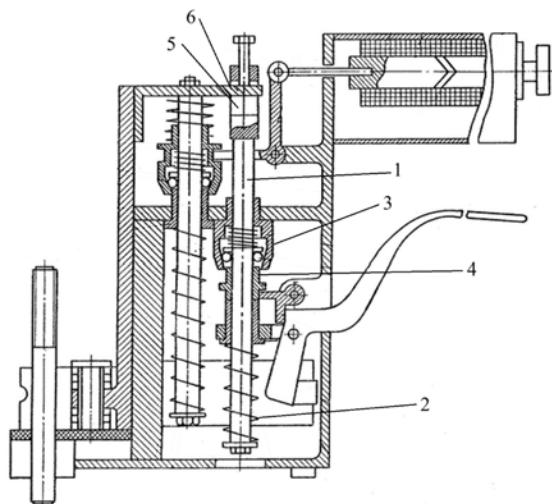


Рис. 4. Пістолет із механізмом керування глибиною занурення шпильки в зварювальну ванну

Тут також слід зазначити, що хід робочого поршня у всіх зварювальних пістолетах із електромагнітним приводом визначається відстанню від торця поршня до патрона. У залежності від моделі пістолета ця відстань складає 4–6 мм, не більше довжини дугового проміжку. Виконані авторами постановочні експерименти зі зварюванням арматурних стрижнів показали, що для якісного формування зварного шва хід поршня має становити не менше 13 мм.

Сьогодні існують зразки пістолетів для приварювання шпильок, які дозволяють більш точно керувати процесом формування зварного шва [9]. Принцип електромагнітного керування процесом руху робочого поршня дозволяє використовувати цифрові комп'ютеризовані системи для моніторингу за процесом зварювання. На дисплеї оператора відображаються осцилограми головних параметрів режиму в реальному часі: струм зварювання, напруга на дузі, переміщення поршня (рис. 5).

Орієнтуючись на зняті з осцилограм дані, можна з достатньою точністю визначити час занурення шпильки в рідку ванну, коли напруга на дузі дорівнює нулю, та глибину занурення. Конструкція пістолету дозволяє регулювати як електричні параметри режиму, так і параметри переміщення шпильки. Таким чином можна більш точно підібрати параметри режиму, знизивши ймовірність «холодного» занурення шпильки.

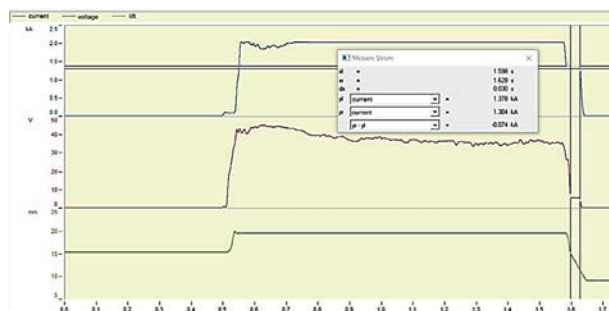


Рис. 5. Осцилограма процесу зварювання [9]

Але навіть у таких умовах запобігти виплесків рідкого металу при зварюванні 783 способом з формуючими керамічними кільцями не можливо через складний ребристий профіль арматурних стрижнів.

Підсумовуючи результати аналізу конструкцій зварювального пістолету протягом всього період розвитку технології дугового приварювання стрижневих анкерів з погляду на придатність для використання для стрижнів із арматурної сталі, можна констатувати наступне:

- відомі конструкції пістолетів повністю визначалися особливостями приварюваних елементів (гладких гнучких анкерів або різьбових шпильок) і абсолютно не придатні для приварювання арматурних стрижнів.
- пальцеві тримачі шпильки через ребристу поверхню арматури не забезпечують надійну фіксацію та необхідний електричний контакт.
- задля збільшення величини заглиблення стрижня у зварювальну ванну необхідно використовувати додаткові механічні вузли.
- використання керамічних формуючих кілець, навіть при програмованому циклі зварювання, неможливе при роботі з ребристим профілем арматури, а без них існуюча технологія приварювання шпильок не забезпечує утворення зварного шва правильної форми.

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Виконаний аналіз конструкцій пістолетів показав, що впровадження в серійне виробництво технології електродугового приварювання арматурних стрижнів неможливе через низку техніко-технологічних проблем, які потребують свого вирішення:

1. Електродугове приварювання шпильок – складний технологічний процес, який містить ряд параметрів режиму, які мають бути чітко синхронізовані між собою в часі. Зважаючи на швидкоплинність процесу зварювання, оператор не може самостійно виконувати контроль за зміною параметрів режиму.

2. Найбільш розповсюджена конструкція пістолету з електромагнітним приводом не вирішує повною мірою проблем, пов'язаних із формоутворенням

зварного шва. Введення додаткових механічних вузлів в конструкцію збільшує складність інструменту та знижує надійність його роботи.

3. Загальний недолік всіх пістолетів з електромагнітним приводом, який суттєво впливає на процес формування зварного з'єднання, полягає в тому, що глибина занурення шпильки в рідкий метал зварювальної ванни залежить від жорсткості пружини і не контролюється оператором зварювання. Внаслідок цього можуть виникати виплески рідкого металу, які призводять до формування нерівномірного зварного шва або виникнення несправу.

Вказані проблеми потребують подальших пошуків шляхів удосконалення конструкції зварювального пістолета з забезпеченням повної автоматизації процесу приварювання шпильок з арматурної сталі.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Одним із практичних варіантів забезпечення якісного формування шва при використанні арматурних стрижнів стала розроблена в СРСР технологія дугового механізованого зварювання під флюсом без присадного матеріалу. Ця технологія повторює основні етапи 783 способу, за винятком того, що замість керамічних кілець або газового захисту використовується зварювальний флюс. Таким чином, енергія зварювальної дуги майже не розсіюється в навколишнє середовище, а процес плавлення арматурного стрижня відбувається більш рівномірно. До того ж шар зварювального флюсу забезпечує достатньо рівномірне формування зварного з'єднання, попереджаючи виплески розплавленого металу. Практика показує, що зварні з'єднання стрижнів, приварених під флюсом, мають більш рівномірну правильну форму без різких переходів та гострих кутів (рис. 6).

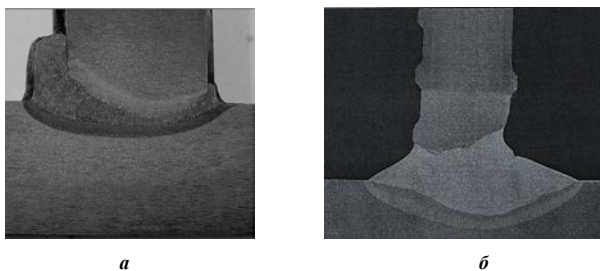


Рис. 6. Макрошліфи з'єднань, виконаних в різних умовах формування зварного шва: *а* – гнучкий анкер, приварений в захисному газі з використанням формуючого керамічного кільця; *б* – стрижень з арматурної сталі, приварений під флюсом з вільним формуванням шва

До того ж використання зварювального флюсу усуває необхідність застосування керамічних формуючих кілець, що суттєво впливає на зниження собівартості технології зварювання.

Разом з тим, цілком зрозуміла необхідність дозованої подачі флюсу в зону зварювання. Відомо [7] про пристрій для механізованої подачі флюсу з бункера

з механічним дозатором при зварюванні пістолетом аналогічним описаному у [5]. Відмінністю є лише наявність закріпленого на пістолеті, перед тримачем шпильки, раструбу для подачі флюсу.

В нижній частині бункера (рис. 7) встановлений ежектор 1, проходячи крізь який стиснене повітря захоплює дозу флюсу та направляє її у раструб пістолета. Механічний дозатор 2, розташований в бункері, в верхній частині має діафрагму 3, з'єднану зі штоком 4. Під дією стисненого повітря діафрагма прогинається і шток дозатора переміщується вниз, завдяки чому подається необхідна кількість флюсу.

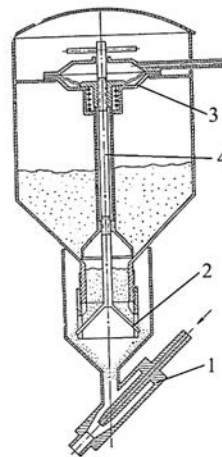


Рис. 7. Бункер для флюсу з механічним дозатором [7]

До недоліків такого технічного рішення можна віднести те, що за його допомогою механізовано здійснюється лише подача флюсу в зону зварювання, видалення залишків відбувається вручну.

Змонтований на пістолеті раструб суттєво обмежує візуальний контроль за процесом зварювання.

Нарешті, приварювання шпильок за допомогою такого інструменту можливо тільки у нижньому положенні.

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Технологія зварювання арматурних стрижнів під флюсом не має достатнього для серійного виробництва ступеню механізації і обмежується лише нижнім просторовим положенням.

Для розширення обсягів застосування та доведення удосконаленої технології приварювання арматурних стрижнів під флюсом до рівня серійного виробництва необхідно розв'язати наступні задачі:

1. Змінити конструкцію зварювального пістолета в напрямку забезпечення більшої величини робочого ходу поршня, мінімізувавши при цьому кількість механічних вузлів.

2. Удосконалити конструкцію патрону пістолета з можливістю надійної фіксації арматурних стрижнів різного діаметра зі складним ребристим профілем.

3. Розробити пристрій для механізованої подачі та видалення нерозплавленої частини флюсу із зони зварювання.

4. Розробити конструкцію пістолету для приварювання під флюсом стрижнів із арматурної сталі на вертикальній поверхні.

ВИСНОВКИ

1. Ретроспективний огляд розвитку конструкції інструменту (пістолету) для електродугового приварювання анкерних стрижнів показав неперервний пошук оптимального конструкторського рішення, яке забезпечує високу якість зварного з'єднання в умовах швидкоплинності зварювального процесу. Наразі найбільш розповсюдженою є конструкція пістолету із електромагнітним

приводом, однак і вона не вирішує проблем, пов'язаних із формоутворенням зварного шва, особливо при використанні анкерів-шпильок із арматурної сталі.

2. Некероване переміщення шпильки у процесі приварювання призводить до виплесків розплавленого металу або занурення шпильки в недостатньо розплавлений шар металу – «холодне» занурення. Технологія приварювання шпильок під флюсом та відповідна конструкція пістолету може розглядатися як один з напрямків вирішення даної проблеми.

3. Для розширення обсягів застосування технології приварювання шпильок під флюсом конструкція пістолету повинна забезпечити автоматизацію зварювальної операції, у тому числі при виконанні робіт у вертикальній площині.

REFERENCES

- [1] Maliushytskiy, O.V., & Pents, V.F. (2013). Vplyv novitnikh zvariuvalnykh tekhnologii na vygotovlennia zakladnykh detalei ta protses montazhu vuzlovykh ziednan budivelnnykh konstruktсий [The influence of the latest welding technologies on the production of embedded parts and the process of installing nodal connections of building structures]. *Zbirnyk naukovykh prats (galuzeve mashinobuduvannia, budivnytstvo)*. PltNTU, Issue. 4 (39), Vol. 1, pp. 165–170.
- [2] Edward F. Nelson, "Mechanism for butt-welding", US Patent Application No. US2217964A, Priority 1938-10-07, Filing 1938-10-07, Grant 1940-10-15.
- [3] Edward F. Nelson, "Stud welder", US Patent Application No. US2191494A, Priority 1938-07-05, Filing 1938-07-05, Grant 1940-02-27.
- [4] Pistolet dlia privarki shpilek [Stud welding gun]: pat. 521091 USSR. B 23K 9/20; № 2126184/27; Filing 21.04.1975; Grant 15.07.1976, Bul. № 26.
- [5] Pistolet dlia privarki shpilek [Stud welding gun]: pat. 912436 USSR. B 23K 9/20; № 2948925/25-7; Filing 01.07.1980; Grant 15.03.1982, Bul. № 10.
- [6] Pistolet dlia privarki shpilek [Stud welding gun]: pat. 733908 USSR. B 23 K 9/20; № 2444248/25-27; Filing 18.01.1977; Grant 15.05.1980, Bul. № 18.
- [7] Ustroistvo dlia privarki shpilek [Stud welding device]: pat. 189968 USSR. МПК Н 05b; № 822539/25-27; Filing 23.11.1963; Grant 16.12.1966, Bul. № 1.
- [8] Kliuev D. Yu., Komlev S.B., Matsyshyn S.O. (2013). Struktura i svoistva termouprochnenogo armaturnogo prokata iz stali St3Gps [Structure and properties of heat-strengthened reinforcing bars made of steel St3Gps]. *Vostochno-Evropeiskii zhurnalпередовых технологий*, no 5, Vol. 2 (62), pp. 46–50.
- [9] Rainer Trillmich. (2021). New perspectives in stud welding quality management. *Welding and Cutting* 20 no. 4. pp. 316–320.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Малюшицький, О.В., & Пенц, В.Ф. (2013). Вплив новітніх зварювальних технологій на виготовлення закладних деталей та процес монтажу вузлових з'єднань будівельних конструкцій. *Збірник наукових праць (галuzeve mashinobuduvannia, budivnytstvo)*. ПЛТНТУ, Вип. 4 (39), Т. 1, С. 165–170.
- [2] Edward F. Nelson, "Mechanism for butt-welding", US Patent Application No. US2217964A, Priority 1938-10-07, Filing 1938-10-07, Grant 1940-10-15.
- [3] Edward F. Nelson, "Stud welder", US Patent Application No. US2191494A, Priority 1938-07-05, Filing 1938-07-05, Grant 1940-02-27.
- [4] Пістолет для приварки шпильок: авт. св-во 521091 СРСР. В 23К 9/20; № 2126184/27; заявл. 21.04.1975; опубл. 15.07.1976, Бюл. № 26.
- [5] Пістолет для приварки шпильок: авт. св-во 912436 СРСР. В 23 К 9/20; № 2948925/25-7; заявл. 01.07.1980; опубл. 15.03.1982, Бюл. № 10.
- [6] Пістолет для приварки шпильок : авт. св-во 733908 СРСР. В 23 К 9/20; № 2444248/25-27; заявл. 18.01.1977; опубл. 15.05.1980, Бюл. № 18.
- [7] Устройство для приварки шпильок: авт. св-во 189968 СРСР. МПК Н 05b; № 822539/25-27; заявл. 23.11.1963; опубл. 16.12.1966, Бюл. № 1.
- [8] Ключев, Д.Ю., Комлев, С.Б., & Мацишин, С.О. (2013). Структура и свойства термоупрочненного арматурного проката из стали Ст3Гпс. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. № 5, Т. 2 (62). С. 46–50.
- [9] Rainer Trillmich. (2021). New perspectives in stud welding quality management. *Welding and Cutting* 20 no. 4. pp. 316–320.

© Драган С. В., Ярослав Ю. О., Гладченко Д. С.
Дата надходження статті до редакції: 24.02.2025
Дата затвердження статті до друку: 07.03.2025