

УДК 621.793

**В. Коржик<sup>1,2</sup>, д.т.н, член-кор. НАНУ, В. Квасницький<sup>2,3</sup>, д.т.н, проф., А. Гринюк<sup>1,4</sup>, к.т.н, О. Бабіч<sup>1,4</sup>, к.т.н, О. Сливінський<sup>3</sup>, к.т.н, доц., С. Пелешенко<sup>3</sup>, аспірант, І. Лагодзінський<sup>3</sup>, аспірант.**

<sup>1</sup> Китайсько-Український інститут зварювання ім. Є.О. Патона Академії наук провінції Гуандун, Гуандунська ключова лабораторія передових технологій зварювання, Гуанчжоу, Китай

<sup>2</sup> Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, Київ, Україна

<sup>3</sup> Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

<sup>4</sup> Науково-дослідний інститут імені Є.О. Патона в провінції Чжецзян, Чжецзян, Китай

### **РОЗРОБКА ПЛАЗМОТРОНУ ДЛЯ ГІБРИДНОГО ПЛАЗМОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ПЛАВКИМ ЕЛЕКТРОДОМ З ОСЬОВОЮ ПОДАЧЕЮ ЕЛЕКТРОДНОГО ДРОТУ**

**V. Korzhyk<sup>1,2</sup>, Dr., Corresponding Member of the NAS of Ukraine, V. Kvasnytskyi<sup>2,3</sup>, Dr., Prof., A. Grynyuk<sup>1,4</sup>, Ph.D., O. Babych<sup>1,4</sup> Ph.D., O. Slyvinsky<sup>3</sup>, Ph.D., Assoc. Prof., S. Peleshenko<sup>3</sup>, Ph.D. student, I. Lahodzynskyi, Ph.D. student.**

<sup>1</sup>China-Ukraine E.O. Paton Institute of Welding of the Guangdong Academy of Sciences. Guangdong Key Laboratory of Advanced Welding Technologies, Guangzhou, China

<sup>2</sup>E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. Kyiv, Ukraine.

<sup>3</sup>NTUU «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine.

<sup>4</sup>E.O. Paton Scientific Research Institute in Zhejiang Province, Zhejiang, China

### **DESIGN OF PLASMA TORCH DESIGN FOR HYBRID PLASMA WELDING WITH FUSED ELECTRODE WITH AXIAL ELECTRODE WIRE FEEDING**

**Abstract.** The thesis discusses the development of specialized plasmotrons for hybrid plasma-arc welding with a melting electrode. The ways of technological solutions for the organization of filler wire feeding in combination with the use of a compressed arc of a non-consumable electrode are reviewed. The development of a new, serial plasmatron with coaxial feeding of the filler electrode for welding aluminum alloys is presented.

Гібридні технології зварювання дозволяють об'єднати переваги зварювання при застосуванні енергій стисненої дуги неплавкого та дуги плавкого електроду, що особливо доцільно при зварюванні алюмінієвих сплавів. Такий гібридний процес називають гібридним плазмо-дуговим зварюванням плавким електродом або Plasma-MIG процесом. Використання Plasma-MIG процесу теоретично дозволяє значно зменшити необхідну погонну енергію зварювання та витрати присадного матеріалу для отримання зварних з'єднань з високоміцних алюмінієвих сплавів.

Перші спеціалізовані плазмотрони для Plasma-MIG процесу відомі ще з 1970-х років. Так, в запропонованій в [1] конструкції анодом виступав вольфрамовий електрод, розташовувався з боку від центру осі плазмоутворювального сопла крізь яке здійснювалось подавання електродного дроту. Подальший розвиток плазмотронів для гібридного плазмо-дугового процесу був сфокусований на підвищенні зносостійкості самих частин плазмотронів та варіюванні конструкцій гібридних пальників [2-4]. Розглядалося питання використання стисненої дуги не тільки прямої, але і непрямої дії. Пропонувалися різні варіанти збудження стисненої дуги непрямої дії, та використання її не тільки для стисненої дуги, а й для дуги плавкого електрода [5]. Однак, через

технологічні складнощі виготовлення та налагодження процесу зварювання, такі плазмотрони не набули широкого поширення.

Актуальний розвиток гібридних пальників для Plasma-MIG зварювання іде шляхом застосування порожнинного аноду [6], у якості якого виступала вставка з тугоплавкого матеріалу [7] з коаксіальним подаванням електродного дроту.

На даний час дослідження гібридного Plasma-MIG процесу проводяться у багатьох країнах, але лише одиниці фірм виготовляють обладнання для плазмо-дугового процесу зварювання на струмах до 250-400 А.

Враховуючи даний фактор, задля високопродуктивного зварювання товстих (до 12 мм) листів з алюмінієвого сплаву 1561, розроблено спеціалізований гібридний плазмотрон, з вимогами до загального струмового навантаження у 500 А постійного струму оберненої полярності.

Для отримання оптимальних характеристик при розробці гібридного пальника використано комп'ютерне моделювання та симуляцію протікання технологічних газів з урахуванням загальної газодинаміки пальника (рис. 1-а).

В результаті моделювання та розрахунків, виготовлено прототип гібридного плазмотрона (рис. 1-б). У ході експериментальних випробувань виявлені недоліки газодинаміки та контуру охолодження плазмоутворювального сопла. Спостерігалися часті замикання та «приплавлення» до мундштука електродного дроту.

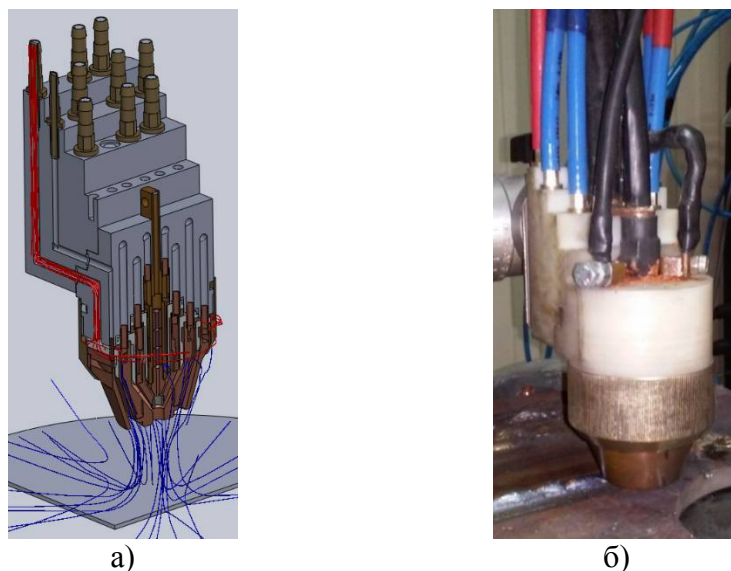


Рис. 1. а) – моделювання газодинаміки захисного та плазмоутворювального газів; б) – робочий прототип гібридного плазмотрона

Для вирішення вищезазначених проблем, запропонована удосконалена конструкція плазмотрону з використанням елементів серійних пальників для зварювання плавким електродом (рис. 2). Для виконання досліджень з гібридного плазмо-дугового зварювання плавким електродом з коаксіальною подачею електродного дроту було розроблено спеціалізований лабораторний комплекс (рис. 3).



Рис. 2. Серійний зразок гібридного плазмотрону

Комплекс включає в себе модифіковане зварювальне інверторне джерело живлення для аргонодугового зварювання неплавким електродом, удосконалений плазмовий модуль, модифіковане джерело живлення для зварювання плавким електродом, блок автономного охолодження, плазмотрон для гібридного плазмо-дугового зварювання плавким електродом з коаксіальною подачею дроту «Plasma-MIG», багатопозиційний лабораторний зварювальний стіл-маніпулятор, загальну систему керування процесом гібридного зварювання «Plasma-MIG», яка забезпечує керування усіма одиницями комплексу обладнання. Закріплення зразків перед зварюванням здійснюється в універсальній складально-зварювальній плиті (рис. 3).



Рис. 3. Експериментальний зварювальний стенд

За результатами порівняльних досліджень зварних зразків зі сплаву 1561 встановлено, що використання Plasma-MIG процесу у порівнянні з традиційним MIG зварюванням, при однаковій швидкості зварювання, дозволяє зменшити ширину шва на 22%, зменшити на 13% кількість використовуваного для формування шва дроту. При цьому на 39% зменшується величина погонного енергії.

#### **Література.**

1. Pat. 3,612,807 US, B23k9/00. Method of and device for plasma arc welding/ Adrianus Christinus Henricus Jozef Liei'kens, Wilhelmus Gerardus Essers // U.S. Philips Corporation – 1971
2. Pat. 3,891,824 US, B23k9/00. Method of Plasma-MIG-Welding/, Wilhelmus Gerardus Essers, Gerardus Jelmorini // U.S. Philips Corporation - 1975
3. Pat. 4,039,800 US, B23k9/00. Method of and device for arc welding/, Wilhelmus Gerardus Essers // U.S. Philips Corporation – 1977
4. Pat. 4,122,328 US, B23k9/00. Device and welding torch for Plasma-MIG-Welding/, Wilhelmus Gerardus Essers, Gerardus Jelmorini, Gerrit Willem Tichelaar // U.S. Philips Corporation – 1978
5. Pat. 4,039,800 US, B23k9/00. Method of and device for arc welding/, Wilhelmus Gerardus Essers // U.S. Philips Corporation – 1977
6. Pat. 0168810A1 EP, B23k28/00. Schweißbrenner zum Plasma-MIG-Schweißen/ Peter Blechert // Sueddeutsche Kuehlerfabrik Julius Behr GmbH & Co – 1985
7. Гринюк А.А. Основные тенденции развития плазменно-дуговой сварки алюминиевых сплавов. / А.А. Гринюк, В.Н. Коржик, В.Е. Шевченко и др.// Автоматическая сварка – 2015. - №11. – с. 39 – 50.