



УДК 621.791.3

*Кравченко Ю.К.¹, Бойко В.П.², Гончаров П.В.³*¹ТОВ «Центроспав-Україна». Україна, м. Київ²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». Україна, м. Київ³Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України. Україна, м. Київ

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПЛАЗМОТРОНУ ПСКГ-400 ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ В ОСОБЛИВО ВІДПОВІДАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ МІКРОПЛАЗМОВИМ ЗВАРЮВАННЯМ

Наведені проблеми зварювання різнорідних з'єднань з корозійностійких хромонікелевих аустенітних сталей та жаростійких хромомолібденових мартенситних сталей. Розглянуті можливі способи зварювання, проведено порівняльне дослідження мікроплазмового та лазерного зварювання. Запропоновано плазмотрон з особливостями конструкції, що забезпечують оптимізацію процесу зварювання та збільшують ресурс роботи витратних частин.

Ключові слова: плазмотрон; зварювання різнорідних сталей; завихрювач; газова лінза; аерокосмічне машинобудування

Відомо, що до зварних з'єднань в особливо відповідальних конструкціях висуваються високі вимоги стосовно механічних, структурних та експлуатаційних характеристик. Широке застосування в аерокосмічному машинобудуванні знайшли тонколистові конструкції (товщина заготовок складає 0,1...0,5 мм) з корозійностійких хромонікелевих аустенітних сталей в поєднанні з жаростійкими хромомолібденовими мартенситними сталями, які часто з'єднують між собою за допомогою зварювання. Труднощі застосування зварювання для з'єднання в цьому випадку пов'язані з різними структурними класами таких сталей – аустенітний та мартенситний. Спостерігається виникнення холодних тріщин та вигорання легуючих елементів [1]. Для застосування зварних з'єднань з цих сталей в особливо відповідальних конструкціях спосіб зварювання має забезпечувати відсутність холодних тріщин у металі шву та відсутність гартівних структур у ЗТВ; рівновісну дрібнозернисту структуру металу шву, і, як наслідок, високі значення зусилля на розрив та відносного видовження. Такі вимоги при зварюванні конструкцій вищевказаних товщин забезпечують тільки лазерне, електронно-променеве та мікроплазмове зварювання.

Відділами №8 та №77 ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України було проведено порівняльне дослідження механічних та структурних характеристик з'єднань зі сталей 08X18N10T та 03X11N10M2T, виконаних лазерним та мікроплазмовим зварюванням. Електронно-променевий спосіб зварювання не досліджувався через надзвичайно високу вартість обладнання та високий показник міжопераційного часу, що неприйнятно для серійного виробництва.

При проведенні металографічних досліджень виявлено, що у зразків спостерігається рівновісна структура (рис. 1). При цьому, у зразків, виконаних лазерним зварюванням, – більш дрібнозерниста (розмір зерна 5...10 мкм), а у зразків, виконаних мікроплазмовим зварюванням, – 10...15 мкм. У зразків, виконаних мікроплазмовим зварюванням, з боку шва спостерігаються кристалізаційні тріщини, кількість яких досягає 10%, а також наявність кристалітів, мікротвердість в яких падає до 1060 МПа. Значення мікротвердості у зразків, виконаних лазерним зварюванням, досягає 2800 МПа, а у виконаних мікроплазмовим зварюванням – 2600 МПа. Розподіл легуючих елементів у зразків, виконаних лазерним зварюванням, більш рівномірний, та засвідчує менше їх вигорання. Також при випробуванні зразків на розрив, максимальні значення зусилля для зразків, виконаних мікроплазмовим зварюванням, були у діапазоні 239...253 МПа, виконаних лазерним зварюванням – 534...541 МПа.

Результати дослідження показали, що найбільш прийнятні характеристики забезпечують з'єднання, виконані лазерним зварюванням. Натомість з'єднання, виконані мікроплазмовим зварюванням, мають нижчі (в середньому на 10%) механічні характеристики, та мають більший бал зерна. Але й такі з'єднання можуть використовуватись у відповідальних конструкціях.

Для виконання зразків був сконструйований плазмотрон прямої дії з ВЧ-запаленням дуги ПСКГ-400 (рис. 2). Його особливість полягає в застосування (як для мікроплазмового, так і для плазмового зварювання широкого діапазону тов-

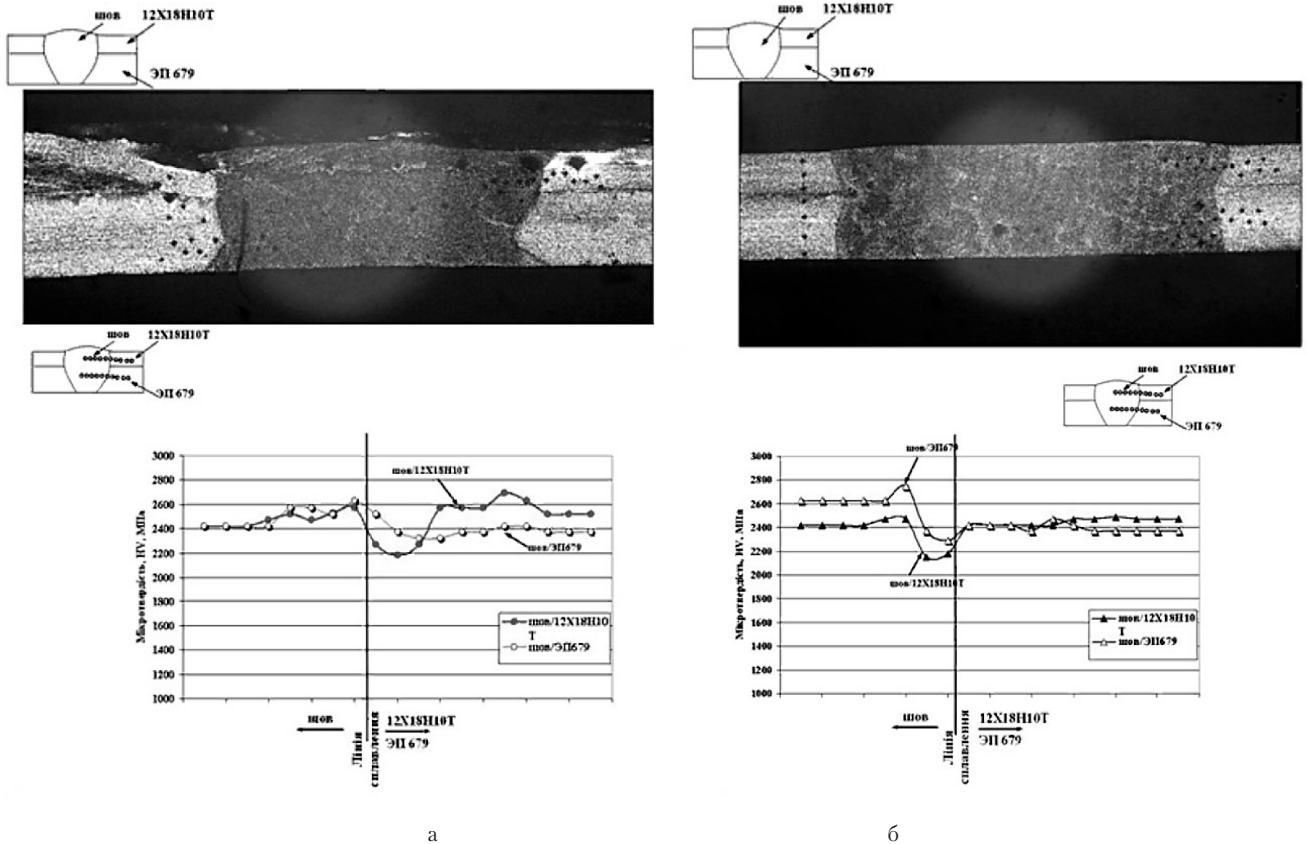


Рис. 1. Зображення зварного шву та розподіл мікротвердості зразків, виконаних: а) мікроплазмовим зварюванням; б) лазерним зварюванням

щин). Таку універсальність забезпечує можливість застосування широкого ряду типорозмірів плазмотворюючих сопел 1. Вони відрізняються діаметром вихідного отвору та довжиною. Від діаметру отвору прямо пропорційно залежить діаметр дуги і як наслідок, сила струму та товщина металу, що зварюється. Також за допомогою складної форми каналу вихідного отвору сопла можливе забезпечення заданих геометричних розмірів дуги (так званий «фокус» дуги на конкретній відстані від торця сопла), від чого залежать геометричні розміри шву. Окрім вихідного отвору для стискання дуги, на відстані S діаметру отвору від цього отвору знаходяться ще два отвори, куди потрапляє плазмотворюючий газ, що не бере участі у плазмотворенні, та здійснює примусове охолодження зварювальної ванни до підсолідусних температур. Для отримання «пристінкового» ефекту потоку газу використовується керамічний завихрювач 2 з отворами, розташованими тангенціально до осі потоку [2]. Частина потоку плазмотворюючого газу при виході з завихрювача не бере участі у плазмотворенні, та знаходячись у місці вихідного отвору сопла, стискає дугу та відтісняє її тонким шаром від стінок отвору, що забезпечує високий ресурс сопла. Для ламінування потоку захисного газу застосовується газова лінза 3 [3]. В якості електроду використовується лантанований вольфрамовий електрод

4. У конструкції захисного сопла передбачені радіальні округлення торця сопла для можливого під'єднання супорту подачі присадкового дроту. Таку можливість раціонально застосовувати при товщині зварюваних заготовок більш ніж 4 мм, а також для компенсації неякісної підготовки кромки під зварювання (змінна величина зазору, депланация кромки).

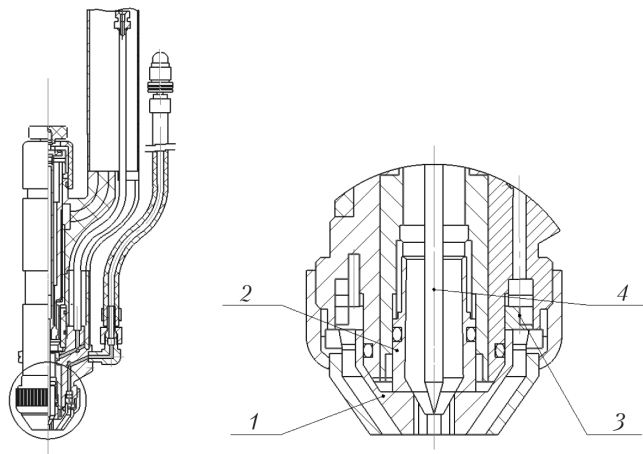


Рис. 2. Схематичне зображення плазмотрону ПСКТ-400



Застосування цих та інших конструктивних особливостей дозволяє отримувати якісні зварні з'єднання у діапазоні регулювання зварювального струму 0,1...400 А з градацією 0,1 А, використовуючи так званий режим «замкової щілини» (Keyhole Mode Plasma Welding) [4]. Особливістю цього режиму є те, що під час зварювання стикового з'єднання струмінь плазми спочатку повністю проплавляє зварюваний метал, та утворює наскрізний отвір. Після цього метал, що знаходиться по крайкам отвору у рідкій фазі, починає замикатись та утворювати єдину зварювальну ванну. Такий режим забезпечує повне проплавлення за один прохід заготовок до 4 мм (в деяких випадках до 6 мм), з якісним формуванням верхнього та зворотнього валику.

Література

- [1] Халимов А.А., Худяков Д.С. Оценка длительной прочности сварных конструктивных элементов оборудования из жаропрочных хромистых сталей // НТЖ «Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов» / ИПТЭР. – 2008. – Вып. 4 (74). – С. 67-70.
- [2] Rybicki, Daniel J., McGee, William F. Plasma arc welding torch having means for vortexing plasma gas exiting the welding torch // Patent National Aeronautics and Space Administration. Marshall Space Flight Center, Huntsville, AL. / NASA Scientific and Technical Information (STI). – 1994 – p. 2
- [3] Erwan Siewert, Gerald Wilhelm Verfahren und Vorrichtungen zum Plasmaschweißen mit Fokussiergas // Deutsches Patent- und Markenamt / DE102010030894 A1 – 2011 – pp. 6
- [4] Tomsic, N. J., Jackson, C. E. Energy distribution in keyhole mode plasma arc welds // Welding Journal / Vol. 53 No. 3 – 1974 – pp. 109-115

Kravchenko Yu.K.¹, Boyko V.P.², Goncharov P.V.³

¹Centrospace-Ukraine LLC. Ukraine, Kyiv

²National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute». Ukraine, Kyiv

³E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU. Ukraine, Kyiv

DESIGN FEATURES OF THE PLASMA TORCH PSKG-400 FOR MICROPLASMA WELDING OF THE RESPONSIBLE CONSTRUCTIONS

There were presented problems welding of dissimilar joints from stainless Cr-Ni austenitic steels and Cr-Mo martensitic steels. Were considered the possible methods of welding, a comparative study of microplasma and laser welding. Were presented plasma torch with the design features that ensure optimization of the welding process and increase the life of consumable parts.

Keywords: plasma torch; welding of dissimilar steels; swirl ring; gas focus lens; aerospace engineering

References

- [1] Halimov A.A., Hudyakov D.S. Otsenka dlitelnoy prochnosti svarnykh konstruktivnykh elementov oborudovaniya iz zharoprochnykh hromistykh staley // NTZh «Problemyi sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov» / IPTER. – 2008. – Vyip. 4 (74). – S. 67-70
- [2] Rybicki, Daniel J., McGee, William F. Plasma arc welding torch having means for vortexing plasma gas exiting the welding torch // Patent National Aeronautics and Space Administration. Marshall Space Flight Center, Huntsville, AL. / NASA Scientific and Technical Information (STI). – 1994 – p. 2
- [3] Erwan Siewert, Gerald Wilhelm Verfahren und Vorrichtungen zum Plasmaschweißen mit Fokussiergas // Deutsches Patent- und Markenamt / DE102010030894 A1 – 2011 – pp. 6
- [4] Tomsic, N. J., Jackson, C. E. Energy distribution in keyhole mode plasma arc welds // Welding Journal / Vol. 53 No. 3 – 1974 – pp. 109-115