

ПЕРШІ КРОКИ ОДНІЄЇ З ПРОВІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ XXI СТОЛІТТЯ

Літвінов О.П., канд. техн. наук, доц.
(Приазовський державний технічний університет)

Рассмотрена история дуговой сварки в инертных газах, возникновение которой обусловлено появлением ответственных конструкций из алюминиевых и нержавеющей сталей. При решении технических проблем был учтен опыт эксплуатации и усовершенствования атомно-водородной сварки. После второй мировой войны этот вид сварки получил широкое применение при сварке цветных металлов и легированных сталей в судостроении, ракетостроении и атомной энергетике.

The history of arc welding in inert gases is considered. Need in this welding method is stipulated by the appearance of aluminum alloys and stainless steel constructions. The experience of usage and improvement of atomic-hydrogen welding was taken into account during deciding the technical problems. After second world war this type of welding has got a broad using at the welding of color metals and alloyed steel in shipbuilding, space and nuclear energy industry.

З початку XX ст. на друге місце після сплавів заліза по об'єму застосування в промисловості поступово виходять алюміній і його сплави. Зразу ж виникли проблеми їх зварювання. Використовувати для захисту зони зварювання інертний газ пропонували ще на початку XX в. Зокрема, в 1918 р. на таку пропозицію був виданий патент США № 1589017 Дж.К.Лінкольну [1]. У 1919 р. Генрі М.Хобарт із фірми "Дженерал електрик" запропонував застосувати при дуговому зварюванні в якості захисного газу гелій. На той час це був надзвичайно дорогий газ і незважаючи на те, що у високій якості металу шва не сумнівалися, технологію й устаткування розробляти не стали. Пройшло багато років, перш ніж виникла гостра необхідність у реалізації цих ідей, у першу чергу для виготовлення виробів з алюмінієвих і магнієвих спла-



вів. Але в перші десять-п'ятнадцять років аргоно- і гелієводугове зварювання неплавким електродом, не конкурувало ні з киснево-ацетиленовим, ні з атомно-водневим, незважаючи на те, що до якості зварених з'єднань кольорових металів, і в першу чергу алюмінієвих сплавів, пред'являлися усе більш високі вимоги, а відомі способи вичерпали свої можливості. Фірмою "Дженерал електрик" було створено й інтенсивне розвивалося атомно-водневе зварювання [2]. Ця фірма стала лідером і в розвитку дугового зварювання в інертних газах.

Метою цього дослідження є вивчення обставин, що обумовили виникнення більш вискоефективного способу зварки, перш за все кольорових металів, встановлення конкретного внеску окремих винахідників і фірм в розвиток зварювання в інертних газах.

У 1926 р. Ф.К.Дьюерс одержав патент США на способи "Геліарк" і "Аргонарк", де описувалася технологія зварювання вугільним електродом і першим спеціалізованим пальником [3]. У той же час ідея зварювання в інертних газах привернула увагу і П.Александера, відомого своїми роботами по створенню атомно-водневого зварювання і зварювання в атмосфері пальних і активних газів [2]. Незабаром пальник для ручного зварювання удосконалили Г.Хобарат і П.К.Деверс [4].

У середині 1930-х рр. у США до удосконалення технології зварювання вольфрамовим електродом в аргоні (ТІГ) приступила фірма "Бернард велдінг екіпмент", засновник якої А.Бернард запатентував удачу конструкцію електродотримача "Шортстаб" [5]. У 1935 р. журнал "Автогенное дело" повідомив, що П.Александр довів можливість захисту металу шва яким-небудь інертним газом [6]. З початку 1930-х рр. атомно-водневе зварювання широко застосовували в Німеччині. Як і в ряді інших країн були спроби при зварюванні вольфрамовим електродом застосувати й інші (крім водню) гази, зокрема в 1938 р. – гелій, а в 1941 р. – аргон. Однак до створення придатної для практики технології справа не дійшла [7].

Із середини 1930-х рр. у Великобританії і Німеччині почалося будівництво кораблів з надбудовами із алюмінієвих сплавів, що викликало додаткові дослідження технології газового зварювання і дугового зварювання під флюсом як вугільним, так і металевим електродом [8].

Розробки Деверса, Хобарта, Александера не знаходили практичного застосування доти, поки не почалася Друга світова війна й авіапромисловість США не зштовхнулася з проблемою зварювання вузлів літаків з алюмінієвих і магнієвих сплавів. Р. Мерedit – інженер-зварник фірми "Нортран Ейрк-

рафт" з початку 1941 р. перейшов на експерименти із вольфрамовим неплавким електродом [8]. У жовтні 1941 р. він подав заявку на патент на технологію зварювання ТІГ і пальник з мідним трубчастим соплом, з якого навколо електрода в зону зварювання подавався інертний газ (гелій) (патент США № 2274631 від 24.02.1942 р.).

Цей спосіб відразу почали впроваджувати у виробництво військових літаків (починаючи із сидінь з алюмінієво-магнієвого сплаву). 18 червня 1942 р. про можливості дугового зварювання вольфрамовим електродом у гелії офіційно повідомила Т.Е.Пайнер (фірма "Норсруп Ейкрафт"), інженер Лос-Анджелоського відділення Американського зварювального товариства. Інженери цієї фірми В.Х.Павлек і Р.Мерedit розробили технологію зварювання подовжніх і точкових швів практично всіх сплавів, що застосовуються на той час, [9]. Однак новий спосіб зварювання застосовували в дуже обмеженому обсязі [10]

На початку 1940-х рр. процесом зварювання ТІГ зацікавилися й у Великобританії (В.С.Деверс, Дж.Р.Хендфорт). Однак застосування цієї технології в країні затримувалося, тому що ціна аргону була дуже висока, а гелію взагалі не було. Оскільки різко зросла потреба в алюмінієвих конструкціях відповідального призначення, уряд спеціально фінансував роботи Британської зварювальної дослідницької асоціації по дослідженню і впровадженню зварювання в інертних газах. Першим результатом цих робіт було застосування зварювання плавким електродом (МІГ) при будівництві алюмінієвого пароплава "Квін Елизабет" під керівництвом П.Т.Хоулдрокфта [11].

Зварювання ТІГ протікало без розбризкування присадкового металу, зона плавлення і формування шва були доступні для огляду. Проблема розбриз-

кування виникла при заміні вольфрамового електрода, на плавкий електрод.

За замовленням Департаменту постачання армії дослідженнями процесів зварювання в інертних газах займався Баттеле меморіал інститут і фірма "Ейр редакшн". На початку 1950-х рр. дослідники з фірми "Ейр редакшн" установили залежність видів плавлення і переносу електродного металу від параметрів режиму зварювання. Струм, при якому "краплинний перенос" стає "струминним" названий перехідним струмом [12]. Струминний перенос відрізняється високою стабільністю.

Швидкий розвиток способів ТГ і МІГ обумовлений широким впровадженням у промислове виробництво кольорових металів і високолегованих сталей і зниженням вартості при одночасному збільшенні чистоти аргону і гелію. Істотним недоліком залишалася висока вартість інертних газів, що витрачаються в досить великих кількостях, тому зварювання в інертних газах металів, якісне з'єднання яких досягалося іншими способами, наприклад, сталей (крім високолегованих) була не вигідною. У США удосконаленням технології й устаткування були зайняті фірми "Бюрин оф Майнез", "Ейр редакшн компани", "Баттл Меморіал інститут" і багато хто ін.

До кінця 1950-х рр. зварювання ТГ застосовували при виготовленні конструкцій з високолегованих сталей, інконеля, монеля, міді і її сплавів, алюмінію [13]. Протягом 30 років найбільш інтенсивні дослідження зварювання в інертних газах велися в "Мілітарі експериментал естемблішмент" (заснуванні при Міністерстві оборони) під посібником Дональда Бейли. Результати розробок використовували не тільки для виробництва озброєнь (ракетобудування, суднобудування), але і для інших галузей промисловості [14,15].

У 1958 р. була виготовлена плавким алюмінієвим електродом в аргоні

найбільша на той час алюмінієва конструкція – бак діаметром 15 і висотою 15 м для збереження 1000 т метану при температурі 180° С. Товщина стінок змінювалася від 15,8 до 9,5 мм [16]. На початку 1950-х рр. автоматичне зварювання МІГ було впроваджено на ряді верфей, зокрема компанією "Саундерс-сусе" (Великобританія). Компанією була побудована суцільнозварна яхта з алюмінію "Мораг мор" довжиною 22 м [17].

У СРСР зварювання нержавіючих сталей в інертному газі як вольфрамовим так і плавким електродами було розроблено наприкінці 1948р. у Науково-дослідному інституті авіаційних технологій. Для зварювання виробів з високоактивних металів товщиною менш 1 мм у НІАТ була розроблена суміш аргону з 5-10% водню, що дозволило активно впливати на хід металургійних процесів, підвищити швидкість зварювання при задовільній якості шва [19].

Згодом НІАТ, ІЕЗ ім. Є.О.Патона й іншими організаціями був розроблений ряд прийомів збільшення продуктивності зварювання вольфрамовим електродом, розширення діапазону товщини і просторового положення швів. Зварювання МІГ стаціонарною дугою знайшла застосування при виконанні протяжних і коротких швів різної конфігурації на конструкціях з кольорових металів і нержавіючих сталей. У НІАТ і ІЕЗ ім. Є.О.Патона розроблені технології зварювання сталевих конструкцій у суміші аргону з 1-2% кисню [20]. Найбільш удосконалені джерела живлення і технологія були створені в ІЕЗ ім. Є.О. Патона (Б.Є.Патон, А.Г.Потапівський і ін.) [21], також у НІАТ (О.В.Петров) [22].

Прикладом максимального обсягу застосування алюмінієвих сплавів і аргонодугового зварювання в суднобудуванні того часу є будівництво пасажирського лайнера "Юнайтед Стейт" на верфі Ньюпорта. У конструкції цього ко-

рабля було використано більш 2000 т легких сплавів для надбудов, а ще близько 1000 т було використано для виготовлення труб, приладів, елементів оснащення, 24 рятувальних шлюпок і лебідок, вентиляційних трубопроводів, переборок, флагштоків, щогл і, нарешті, стільців.

У 1955 р. у Канаді було спущено на воду перше торгове судно з алюмінієвими надбудовами, виконаними МІГ і ТІГ зварюванням. У США із середини 50-х рр. застосування алюмінієвих сплавів і відповідно зварювання в інертних газах швидко поширюється на будівництво спортивних шлюпок і вантажних суден, буксирів і військових кораблів, включаючи сюди і судно для підводних досліджень "Алюмінаут". В ці роки в Америці був побудований найбільший у світі корабель цілком з алюмінію "Сакал Боррикано", а також сама велика алюмінієва яхта "Сериел" [23].

Найважливішою сферою застосування дугового зварювання в інертних газах стало ракетобудування. Початок був покладений компанією "Норт Америкен" у 1946 р. участю у виготовленні з алюмінієвих сплавів балістичної ракети "Редстоун", основою якої послужила німецька модель V-2. При виготовленні корпусу балістичної ракети "Юпітер" з алюмінієвих аркушів було виконано більш 300 м зварених швів. Способи дугового зварювання ТІГ/МІГ усе ширше використовували для кріплення захисних оболонок ракет і їхніх конусів із системами наведення.

Обидва способи застосовували для створення декількох ракет серії "Сатурн" з алюмінієвого сплаву. Тільки при виготовленні самого маленьких з резервуарів для пального і рідкого кисню першої ступені "Сатурн 1" діаметром 1,78 м, виконано більш 120 м зварених швів, що йдуть як подовжньо, так і по окружності. Способи дугового зварювання в інертному газі пізніше були

застосовані для з'єднання елементів зі сталі, компанією "Сан Шипбилдинг енд Драй Докою" для виробництва ракет діаметром 6,6 м і висотою 18,3 м. Такими ж способами були зварені конструкції міжконтинентальної балістичної ракети "Атлас" з нержавіючої сталі, повітряні резервуари "Боінгов" і елементи тактичних ракет з титана [24].

Дугове зварювання у середовищі захисних газів має широкі можливості автоматизації процесів виготовлення виробів різного призначення, виконання швів різної геометрії у всіх просторових положеннях. У 1950-і роки в США, СРСР, Великобританії і ряді інших країн були створені голівки для зварювання неповоротних стиків труб, уварення труб у трубні дошки теплообмінних апаратів (котлів, реакторів і ін.).

Значний обсяг досліджень властивостей зварених з'єднань "екзотичних сплавів", був виконаний у фірмі "Дженерал електрик", НІАТ, ІЕЗ ім. Є.О.Патона, Науково-дослідному інституті рідких металів (Москва) і інших організаціях. Були розроблені технології зварювання ТІГ і МІГ відповідальних виробів [25].

З 1959 р. АТ "Алкан Індастриз" упроваджує технологію дугового зварювання в інертному газі у виробництво танків з високоміцних алюмінієвих сплавів, що відрізняються високою снарядостійкістю. Тут був виготовлений перший у світі алюмінієвий танк "Альвіс Скорпіон" масою близько 8 т, що розвиває швидкість 75 км/год, а також має високу маневреність і прохідність майже по будь-якому ґрунту при номінальному тиску $0,35 \text{ кг/см}^2$ [26].

На початку 1960-х рр. у СРСР з'явилися проекти суден з надбудовами з алюмінієво-магнієвих сплавів. До цього часу в ІЕЗ ім. Є.О.Патона уже було розроблено кілька технологій зварювання подібних сплавів і створене відповідне устаткування. Завод "Ленінська кузня" у Києві, суднобудівні заводи в Микола-

єві стали першими підприємствами, де впроваджувалося аргонодугове зварювання, що було найбільш ефективним для з'єднання листів обшивок, переборок і набору кораблів.

Аргонодугова зварка дозволила вирішити таку технічну проблему як автоматизація виготовлення трубопроводів, у тому числі і на монтажі. Накидні голівки для зварювання МІГ і ТІГ неповоротних стиків труб були розроблені наприкінці 1940-х і початку 50-х рр. у МВТУ ім. М.Е.Баумана, НІАТ і НІКІМТ.

Розвиток атомної енергетики неможливо уявити без корозійностійких і жароміцних сплавів, з титанових, цирконієвих, цезієвих і інших "екзотичних сплавів". Основним способом виготовлення таких виробів стало аргонодугове зварювання. Відповідні технології зварки енергетичного устаткування були розроблені в ІЕЗ ім. Є.О.Патона, ЦНДІМАШ та спеціалізованих лабораторіях СРСР. У 1950-х рр. великий обсяг досліджень властивостей з'єднань, що працюють в екстремальних умовах був виконаний в атомно-енергетичній лабораторії фірми "Дженерал електрик" [27]. В іншій лабораторії цієї ж фірми, відповідно до програми переробки плутонію була розроблена технологія аргонодугової зварки циркалоя. Про масштаби застосування зварювання в інертних газах у США можна судити по тому, що вже в 1957 р. з добутих 10,3 млн. м³ аргону до 8 млн. м³ було використано в зварювальному виробництві.

Висновки:

1. Дугове зварювання в інертних газах виникло як відповідь на потребу виготовлення високоякісних відповідальних конструкцій з кольорових металів і сплавів, а також з нержавіючий сталі у 1930 – 40-х рр.

2. Науково-технічною основою зварювання в інертних газах став відповідний досвід, що його було накопичено

при дослідженні і впровадженні атомно-водневого зварювання, тому і перші спроби застосування інертних газів для захисту замість водню було здійснено в фірмі Дженерал електрик.

3. У 1930-х рр. в ряді країн Європи, США і СРСР розгорнулося інтенсивне удосконалення усіх видів зброї, розширилось застосування алюмінієвих сплавів і нержавіючих сталей у авіації і транспорті, у зв'язку з чим було прискорено вирішення проблем зварки в інертних газах.

4. К початку другої половини ХХ ст. дугове зварювання в середовищі інертних газів розглядається як одна з провідних технологій виробництва конструкцій відповідального призначення, що експлуатуються при високих навантаженнях, агресивних середовищах, в широкому діапазоні температур.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Welson R. A. Vapor-shielded arc welding at 200 imp // *Welding journal* . — 1961. - №1. - P.13 -17.

2. Корниенко А.Н. Истоки газозащитной сварки // *Автоматическая сварка*. — 1996. - № 9. — С. 52-57.

3. An industry in retrospect 50 year progress // *Welding journal* — 1969. — № 4. — P. 165–169.

4. Campbell W. J. The selection of welding processes // *Ibid.* — 1946. — № 8. — P. 704–706.

5. Bernard A. Living Pioneers // *Ibid.* — 1966. — № 12. — P. 62–63.

6. Алов А. А. Обмазка электродов для получения вязкого металла шва // *Автогенное дело*. — 1935. — № 2. — 17 с.

7. West E. G. Aluminium welding in this century // *Сб.: The centenary of modern welding, 1885–1985//Welding Inst. U. K., London*. — 1985. — P. 1 — P. –18.

8. Mair H. Entwicklung und Bedeutung technischer Gase in der Schweißtech-

nik // Сб.: 100 Jahre DVS. — Berlin. — 1997. — S. 127–135.

9. Piper T. R. Heliarc Welding // Ibid. — 1942. — № 11. — P. 770–772.

10. Shanley F. R., Fallon C. T. Discussions on «The heliarc welding process as applied in the aircraft industry» // Ibid. — 1946. — № 1. — P.32–34.

11. Houldcroft P. T. The assembly of the aluminium alloy superstructure of them.l. «Queen Elizabeth» // Welding and Metal fabric. — 1952. — № 6. — P. 228–229.

12. Diebold J. M. Fusion Welding of sheet metal // Ibid. — 1946. — № 8. — P. 724–732.

13. Aluminum pipeline automatically welded // Canadian welder. — 1961. — №8. — P.8–11.

14. Production of the scorpion tank // Welding and Metal fabric. — 1972. — № 6. — P.10–12

15. Handforth J. R. Practical aspects of the argon arc welding of aluminum alloys // Сб.: «Welding and riveting larger aluminum structures». — Alum. Development Associat, 1951. — P. 44–77.

16. Muckle W. Welded aluminum-alloy deckhouses // British Welding journal. — 1957. — P. 161–167.

17. Lancaster J. F. The welding of aluminum tanks for experimental reactors // British Welding Research Association. — 1957. — № 8. — P. 354–359.

18. Маслов Г. А. К итогам совещания по сварочным работам в авиацион-

ной промышленности // Автогенное дело. — 1948. — № 2. — С. 32–33.

19. Бродский А. Я. Аргонодуговая сварка металлов малых толщин // Ibid. — 1948. — № 10. — С. 11–17.

20. Рабкин Д. М., Иванова О. Н. Исследование дуги при сварке вольфрамовым электродом // Автоматическая сварка. — 1968. — № 5. — С. 9–15.

21. Патон Б. Е., Потапьевский А. Г., Подола Н. В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом // Ibid. — 1964. — № 1. — С. 1–6.

22. Петров А. В. Технология дуговой сварки в среде инертных газов. Справочник по сварке. Т.1. / Подред. Е. В. Соколова. — М.: Машгиз, 1961. — С. 372–375.

23. La piu grande nave oceanica da carico completamente costruita con alluminio // Ing. Mecc. — 1969. — № 5. — P.54–58.

24. Bangs S. Space Orbiter Cabin Extends Aluminium Welding Capacity // Welding Des. — 1976. — № 4. — P.71–73.

25. Бродский А. Я. Аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом. — М.: Машгиз, 1956. — 398 с.

26. Ogorkiewicz R. M. First All-aluminium tank // Engng. — 1969. — № 5. — P.264–265.

27. Bland J., Owczarski W. A. Arc welding of Ni–Cr–Fe alloy for nuclear power plants // Welding journal. — 1961. — № 1. — P. 22–32.