УДК 621.791. 76: 629.76/78 (09)

СТВОРЕННЯ І ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОВІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РАКЕТОБУДУВАННЯ ПІД КЕРІВНИЦТВОМ Б.Є. ПАТОНА

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

Показан вклад директора института электросварки им. Е.О.Патона академика Б.Е.Патона в решение проблемы изготовления ракетно-космической техники. На протяжении 50-ти лет под его руководством и при участии были разработаны уникальные технологии сварки специальных сплавов для конструкций, работающих при сверхвысоких и при криогенных температурах.

The paper describes the contribution of academician B.E.Paton, Director of the E.O.Paton Electric Welding Institute into solution of the problem of manufacturing aerospace systems. During 50 years unique technologies of welding special alloys for structures operating at super-high and cryogenic temperatures have been developed under his direction and with his participation.

Освоєння навколоземного простору стало символом досягнення цивілізації минулого XX століття й фундаментом для подальшого більш масштабного проникнення людства в Космос.

В останній час в країнах, що зробили який-небудь внесок у розвиток ракетно-космічної галузі, з'явилося безліч публікацій з історії проектування, виробництва, випробувань, застосування ракет і космічних апаратів. Найбільш поширені мемуарна література, енциклопедії й дослідження історичного характеру, викладені в популярній формі. У минулому в СРСР на відомості, які несли інформацію військового чи виробничого характеру ракетобудування, було накладено заборону. До сьогодні не систематизовано навіть вже відомі матеріали, зокрема ті, що відносяться до таких технологій виробництва, як зварювання. В цієї роботі встановлено внесок вітчизняних фахівців у рішення проблем зварювання й родинних технологій, що виникли при виготовленні корпусних конструкцій, паливних баків, соплових апаратів, теплообмінників, рулів і систем керування. Особливості розвитку авіаційної і ракетно-космічної техніки визначили основні напрямки в удосконаленні технології виготовлення конструкцій з використанням зварювання, пайки і родинних технологій.

Застування ракетної зброї в Другу світову війну, особливо таку, як радянські твердопаливні «катюші» і німецькі А-4 (Фау-2 - ракети V-2.) на рідкому паливі, продемонструвало, що за цією зброєю майбутнє. В конце 1945 г. в США під керівництвом конструктора німецьких ракет В.Брауна розгортаються роботи по створенню стратегічної ракетної зброї. 16 квітня 1946 року в США відбувся перший пуск ракети А-4. Розвиток ракетобудування почав швидко набирати темпи. Зрозуміло, що і тоді і пізніше конструкції ракет і відповідні технології були засекречені, і радянським ракетобудівникам прийшлося самостійно прокладати шлях у космічний простір. Але спочатку основною метою було захистити СРСР і дружні країні від можливого нападу з баз, що почали будуватися навколо кордонів. Єдина можливість протистояти неприкритим агресивним намірам керівництва

США було швидке розгортання ракетобудування, проектування і серійне виробництво ракет-носіїв, спроможних донести зброю на будь яку відстань На той час (кінець 1950-х років) в жодній з країн таких ракет не було. (Це потім з'ясувалося, що вітчизняні розробки випередили досягнення закордонних колег-опонентів).

1 травня 1946 р. була прийнята Постанова № 1017-419сс Ради міністрів СРСР про розвиток ракетного озброєння, що її підписав Й.О.Сталін. Було створено Комітет по реактивной техніки при Раді Міністрів СРСР під головуванням Г.М.Маленкова, в Держплані СРСР – відділ з ракетної техніки, визначені провідні міністерства. В системі нового напрямку оборонної промисловості – ракетобудування був організований Державний союзний науково- дослідницький інститут №88 (пізніше відомий як ЦНДІ-Маш – п/с 1000, зараз Російська корпорація «Енергія») - головна організація по створенню в країні ракетної техніки. І на старті ракетобудування виявилися такі видатні люди, як Головні конструктори С.П.Корольов і В.П.Глушков, Теоретик космонавтики М.В.Келдиш та ін. Для вирішення безлічі незвичайних проблем були залучені сотні установ, конструкторських бюро, заводів, тисячі спеціалістів, в першу чергу - спеціалістів авіаційної промисловості. Технологіями зварювання зайнялися в Науково-дослідному інституті авіаційної промисловості (НІАТ).

У філії №1 НДІ-88, яку очолив С.П.Корольов, з розрізнених частин була зібрана трофейна німецька ракета, але пуск її був невдалим, перш за все тому, що в ракеті була повторена технологія виробництва, яку застосовували німці в Патдемюнде. Причому, у наслідок холодної війни країна опинилась не тільки в економічній, а й інформаційній блокаді – закордонний досвіт був невідомий.

Але в тому ж 1947 році стартувала сконструйована під керівництвом С.П.Корольова ракета Р-1, в основному виготовлена з вітчизняних матеріалів по технології НІАТ. Наступного року стартувала ракета Р-2, головна частина й несучий бак якої відокремлювалися. Пуски були більш-менш вдалими, але рівень технологічного виконання не забезпечував можливості перебувати тривалий час на бойовому чергуванні у заправленому стані. Серед проблем були недоліки матеріалів і зварних з'єднань, особливо вузлів, що знаходилися при кріогенних температурах.

Менш чим за рік, в ІЕЗ ім. Є.О.Патона в 1952 р був створений новий процес - однодугове зварювання напіввідкритою дугою. Разом із Ждановским заводом ім. Ілліча була спроектована принципово нова конструкція цистерни, яка мала потужну термоізоляцію й була придатна для тривалого зберігання й непомітного перевезення рідкого кисню й для інших компонентів ракетного палива. (По залізницях такі вагони переміщалися під виглядом молочних або бензинових). Надалі вирішувати складні проблеми зварювання ракетних конструкцій попросили Б.Є.Патона, що після смерті батька Євгена Оскаровича очолив Інститут електрозварювання АН УРСР.

Найбільш складні технологічні проблеми виникали через високі експлуатаційні вимоги до ракети-носія: корпусу, баків, двигунів, систем керування. Крім того, певні труднощі зустрілися при виготовленні ще десятків інших конструкцій, таких як: транспорт для перевезення ракет, стартовий комплекс, цистерни для транспортування й баки для зберігання компонентів палива, станції спостереження й багато чого іншого. Тут немає нічого зайвого, все повинне бути надійним, невеличкий дефект може привести (і не раз приводив) до катастроф. Для виготовлення майже всіх нових ракетно-космічних комплексів необхідно було створювати нові надійні технології з'єднання, напилювання, наплавлення. Основні труднощі були викликані двома особливостями: застосуванням нових сплавів з особливими поліпшеними експлуатаційними якостями, які необхідно було зберегти після зварювання, і особливостями конструкцій виробу.

Для розгортання серійного виробництва в ракетобудівну галузь в 1951 р. було переведено Дніпропетровський автомобільний завод № 586 (нині Південний машинобудівний завод). 10.04.1954 р. Постановою РМ СРСР відділ Головного конструктора заводу було перетворено на Особливе конструкторське бюро № 586; головним конструктором призначено М.К.Ян-геля. Почав створюватися найкрупніший центр по розробці ракетних комплексів і ракетно-космічних систем. За допомогою по вирішенню проблем зварювання М.К.Янгель звернувся до директора Інституту електрозварювання ім. Є.О.Патона Б.Є.Патона.

Вирішення проблем ракетобудування стало однією з основних турбот директора ІЕЗ академіка Б.Є.Патона. Для впровадження нової техніки на заводи й в КБ командирувалися провідні спеціалісти інституту і ці відрядження розтягувалися іноді на декілька місяців, до того часу, поки усі питання не будуть зняті. Про стан роботи співробітники доповідали директору не менш ніж раз на тиждень, але ще частіше проходили директорські наради. Завдання вирішувалися на декількох рівнях, як з конкретної проблеми, тек і з випередженням. Технології розроблялися на науковій основі.

По замовленнях ракетників в ІЕЗ ім. Є.О.Патона виконані десятки пошукових науково-дослідних робіт і вирішені проблеми забезпечення якості зварювання й пайки всіх вузлів, контролю якості виготовлення, ремонту дефектів; розроблені для ПМЗ технології контактного зварювання шпангоутів, імпульсно-дугового, полум'яного зварювання стикових і кутових з'єднань різної товщини, кільцевих.

Для дослідної перевірки розробок вибиралися потужні і вимогливі підприємства, куди відряджали досвідчених фахівців, роботу яких систематично контролював Борис Євгенович. В архіві ІЕЗ збережено сотні протоколів, по яким можна скласти уяву про діяльність Б.Є.Патона в цієї галузі.

Ось тільки їх невелика частка:

Протокол № 41 від 18.01.64 р.

Про роботу з контактного зварювання виробу з алюмінієвих сплавів.

Відзначити успішну розробку технології контактного зварювання профілів зі сплавів алюмінію, що завдяки пресефекту, забезпечує конструктивну рівноміцність зварених з'єднань.

Контактне стикове зварювання профілів зі сплавів алюмінію може знайти широке застосування в автобудуванні, суднобудуванні, машинобудуванні, будівництві й інших галузях народного господарства, де раціональне застосування алюмінієвих профілів.

Ін. № 63 від 11.11.64 р.

Про розвиток електронно-променевого зварювання з накидними й крокуючими камерами.

Підготувати технічне завдання на проектування лабораторної установки із крокуючою камерою для електронно-променевого зварювання плоских виробів.

Підготувати технічне завдання на проектування установки для зварювання шпангоутів з накидними камерами.

Підготувати технічне завдання на проектування встаткування по крапковому електронно-променевому зварюванню (з місцевими ущільненням).

Підготувати матеріали по шпангоутів, включивши ескізну схему установки ЕПЗ, для подання цих матеріалів на нараді по зварюванню шпангоутів.

Протокол № 147 від 2.03.64 р.

Розгляд ескізного проекту машини для пресового зварювання алюмінієвих кілець для організації п/я 186. (Дніпропетровськ). Доповідач - провідний конструктор Глаголєв Н.А.

Протокол № 374 від 4.10.63 р.

Про проектування й виготовлення спеціалізованої машини для стикового зварювання великих профілів зі сплаву АЦМ.

Протокол № 485. від 18.11.63 р.

Про твердження ескізного проекту машини для стикового зварювання складних профілів алюмінієвих сплавів на заводі ім. Хрунічева й організаційних заходах щодо подальшої роботи.

Протокол № 362 від 19.08.63 р.

Про застосування плазми для зварювання спец. сталей.

Проведення робіт з розробки технології автоматичного зварювання дугою, стикових з'єднань поздовжніх і кільцевих швів нержавіючої сталі.

Протокол №404 від 16.X.63 р.

Розробити пристосування для зварювання заготовок перетином до 6000 мм^2.

Зобов'язати завідувачів лабораторіями механічних досліджень, повзучості виконувати замовлення, пов'язані з виконанням роботи зі зварювання кілець, у першу чергу.

Під усіма протоколами підпис: Директор інституту академік Б.Є. Патон

Колишній міністр загального машинобудування СРСР і міністр важкого машинобудування СРСР С.А. Афанасьєв, той самий, що багато років керував ракетобудуванням і вирішував долю фінансування проектів, згадує:

«Ракетні комплекси стратегічного призначення (РКСП) створені в нашій країні із застосуванням великого обсягу електрозварювальних робіт. Головною організацією, що розробляла й впроваджувала все різноманіття електрозварювальних робіт, був український Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, директором якого є Борис Євгенович Патон. Він особисто керував розробкою й впровадженням новітніх технологічних процесів електрозварювання на Дніпропетровському Південному машинобудівному заводі. Розроблявся й чітко виконувався план спільних робіт Інституту електрозварювання, КБЮ (Конструкторське бюро Південне), заводу Південмаш - по кожній ракеті. Важливо, що була відпрацьована система: НДР - ДКР - серія.

НДР - розшукові роботи, що забезпечують міцність основного шва й білящовної зони при тривалому стоянні ракет на бойовому чергуванні, вібраціях і теплових навантаженнях; при пуску. ДКР - створення технологічного, нестандартного контрольного встаткування, його виготовлення й випробування. Серія - передача за актом Південмашу на серійне виробництво технологічного встаткування й процесів. Така система себе виправдала й була застосована при роботі із іншими організаціями. При контактному зварюванні шпангоутів міцність звареного шва й основного металу практично була близька (Ракета «Протон»). Американці, будучи на цьому заводі, коли підійшли до цеху зварювання, стали раптом робити замальовки й записи у своїх книжках. Коли їх запитали: Що вас зацікавило? - Відповіли: Це грандіозно, у нас такого немає!

Колосальна заслуга Бориса Євгеновича Патона в тім, що жодна варта на бойовому чергуванні ракета - не потекла, у тому числі й «Сатана» Р-36. Так був створений ракетно-ядерний щит нашої Батьківщини.

Перший секретар ЦК КПРС Н.С. Хрущев, що відвідав Південмаш, характеризуючи рівень технології й організації ракетного виробництва, сказав, щоб пострахати Захід, що ми робимо ракети як сосиски.

По електрозварюванню ракетно-космічна галузь країни вийшла далеко вперед, і це заслуга талановитого вченого, директора Інституту електрозварювання ім. Є.О.Патона, президента Академії наук України, чудової, дуже простої людини з яким приємно працювати».

То, що казав Афанасьєв про роботу Б.Е.Патона з Дніпропетровським ракетобудівним комплексом, беззаперечно можна віднести і до інших КБ і підприємств. Особливо плідне співробітництво склалося з КБ С.П.Корольова вже наприкінці 1960-х років. Слід відмітити, що й досі проводяться роботи по декільком перспективним напрямкам будування ракет-носіїв і космічних апаратів. З початку 1960-х років в лабораторії КБ (п/с 10000) в Москві і Калінінграді (Московська область), і на заводі «Прогрес» в м. Куйбишеві, що був базовим по виготовленню корольовських ракет-носіїв і космічних апаратів, працювало декілька груп досвідчених фахівців ІЕЗ ім. Є.О.Патона. Борис Євгенович розгорнув дослідження і

пошук оптимальних технологій безпосередньо на містах ракетобудування. (Така організація науково-практичних робіт була подібна тій, що встановив Є.О.Патон в роки війни на танковому заводі і що дала можливість швидко розробити і впровадити автоматичне зварювання). Новішим в цієї організації було те, що пошук провадився по усіх напрямках розвитку ефективних процесів зварювання, контролю якості, зменшення деформацій та ін.

Протокол № 165 від 03.64 р.

Про стан робіт, проведених Інститутом разом із заводом «Прогрес» м. Куйбишев.

Зобов'язати Стебловського обладнати в від. №91 пост напівавтоматичного зварювання алюмінію в аргоні для навчання зварювальників імпульснодуговому зварюванню - до 28.3.64 р.

Протокол № 117 від 27/П. 64.

Про розробку й виготовлення устаткування для електроннопроменевого зварювання об'єктів значних габаритів (тема ТМ7-407- 64) для підприємств п/я 186 «Південмаш» і п/я 924 «Прогресс»

Протокол № 368 від 30.09.63 р.

Зобов'язати т. Раєвського терміново розглянути разом з т. Стебловським питання про необхідні зусилля для виправлення місцевих нерівностей аркушів при складанні ємностей.

Зобов'язати т. Стебловського з конкретними розрахунковими даними по п.1-виїхати у відрядження в організації п/я 1000 і п/я 2 для узгодження рекомендацій ІЕЗ за технологією складання елементів ємностей.

Протокол № 442 від 5.11.1963 р.

Відрядити 11 листопада с. р. у м. Москву т. Дудко, Цечаля й Стебловського для участі в нараді по питанню виготовлення ємностей.

Зобов'язати т. Рабкина до 10 листопада ц.р. направити рекомендації із застосування лантанованих електродів для зварювання алюмінію.

Протокол № 475 від 27.11.1963 р.

Про хід робіт зі зварювання виробів на заводі «Прогрес»

Видати керівні матеріали по зварюванню однофазною дугою на заводі «Прогрес».

Протокол № 344 від 7.09.63 р.

Про хід робіт на заводі «Прогрес». Взяти до відома інформацію т.т. Рабкина, Стебловского й Рябова про успішне закінчення першого етапу робіт і узгодженні розроблених рекомендацій з організацією п/я 658.

Протокол № 549 від 26.12.63 р.

Про підготовку техдокументації для заводу «Прогрес».

З МЭЛЗ погоджене виготовлення електродів і випуск ними в 1 кв. спеціальних ТУ; робота з дозволу застосуванню електродів на заводі «Прогрес» виконана

Взяти до відома заяву т. Рабкіна, що на завод «Прогрес» відправлене спеціальне джерело живлення, що має необхідні характеристики.

Протокол № 439 від 26.10.63 р.

Розгляд схем машини для контактного стикового зварювання складних кільцевих профілів зі сплаву АЦМ.

Зобов'язати т. Кучук-Яценко вирішити в Москві на заводі «Хруничева» питання енергоживлення установки потужністю 4000 кВА.

Високі вимоги, що були пропоновані до зварених з'єднань ємностей зі сплаву АМц і технічного алюмінію товщиною 20...30 мм для зберігання й перевезення агресивних продуктів, призвели до розробки високоефективної технології зварювання плавким електродом діаметром 4 мм стаціонарною дугою в суміші інертних газів – гелію й аргону.

Науково-технічні дослідження з розробки устаткування, апаратури керування й технології зварювання неплавким електродом постійним струмом прямої полярності в гелії починаються в 1970-х рр. Для з'єднання товстостінних конструкцій із плит, фасонних профілів сплавів Амг6, 1201 розроблена технологія зварювання імпульсною й стаціонарною дугою електродом, що плавитися, у гелії і його сумішах з аргоном у вузькощілеву розробку крайок. У Дніпропетровську в КБП і на “Південмаші” було створено ра-

кетні потяги (Головний конструктор академік В.Ф. Уткін). Збиралися вони на Павлоградському механічному заводі (Дніпропетровська область), де було побудовано спеціальну збірно-комплектувальну базу. Створення таких потягів вимагало рішення багатьох науково-технічних проблем. (Відомо, що в США відмовилися від розробки такої зброї, коли підрахували задачі, що виникли на шляху реалізації подібної ідеї). Серед таких проблем є вага ракетного комплексу з пусковим контейнером – 126 тон, а разом із вагоном вага досягала 200 т. Щоб не набагато перевищити дозволені норми, було спроектовано спеціальне зчеплення з трьох вагонів, на якого і "розтягнули" комплекс. Зовні потяг, де крім ракетного комплексу розміщувалася складна апаратура керування, інше обладнання й приміщення для бойової команди, нічим не відрізнявся від звичайних пасажирських потягів. Попри того, що кожний вагон розвантажили, навантаження на рейки залишалося більшим норми, тому на залізницях СРСР було змонтовано рейки посиленого профілю. Зміцнення залізниць усе рівно необхідно було для використання багатотонних нафтоцистерн і вугільних вагонів. Для ракетних потягів було реконструйовано і зміцнено мости. В вирішенні цих проблем ефективну участь взяв Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона, інші відповідні науково-дослідні установи й підприємства. Перший серійний ракетний потяг вийшов з території Павлоградського заводу в 1987 році прямо на бойове чергування.

Перехід на новий виток розвитку ракет-носіїв ядерної зброї обумовив подальше удосконалення технологій виробництва. В наукових часописах без посилання на конкретне призначення з'явилися повідомлення про створення нових легких міцних сплавів і про труднощі зварювання. Високі експлуатаційні якості, в першу чергу міцність нових алюмінієвих сплавів з літієм забезпечувалася, зокрема, загартуванням. При зварюванні дільниця біля шву нагрівається й при визначених температурах відбувається відпуск загартованого металу. В результаті в зоні термічного впливу міцність падає, тобто утворюється зона термічного впливу зі зниженою міцністю. Перед зварниками постало завдання розробити технології з мінімальною зоною розігріву. Такими технологіями є електронно-променеве зварювання й контактне зварювання.

Якщо в рідкопаливних ракетах основною проблемою було зварювання несучих конструкцій з алюмінієвих сплавів, то основним проблемним вузлом твердопаливних ракет є двигуни надзвичайно складної конструкції. Причому соплова частина реактивного двигуна, лопатки турбін та деякі інші конструкції мають витримувати тисячоградусні температурні навантаження. Крім того, енергетичне обладнання виготовляється з різних металів, тобто виникала проблема зварювання біметалів.

В 1958 році ОКБ-586 (КБ «Південне») розпочало роботи з твердопаливної тематики. В постанові уряду були визначені завдання щодо створення стратегічних ракет далекої дії на твердому паливі зі стартовою масою 25 т і дальністю 12 тис. км. Були виготовлені й пройшли стендові випробування моделі двигунів серії ДМ, на яких відпрацьовувалися рецептури високоенергетичних змішаних твердих палив, матеріали й конструкції окремих елементів двигуна. Випробувалася також і якість зварних з'єднань.

Про високу якість виготовлення конструкцій ракет говорить той факт, що перші міжконтинентальні двоступеневі ракети 8К64 (SS-7) на висококиплячих компонентах палива (головний розробник КБ «Південне») знаходилися на бойовому чергуванні 12 років (з 1962 по 1974 р.)