

ДОСВІД АТЕСТАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ

О.С. Косторной, М.О. Лактіонов

АТ «Науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут атомного і енергетичного насособудування». 40003, м. Суми, вул. 2-а Залізнична, 2. E-mail: www.vniiaen.sumy.ua

Атестація зварювальних процесів стала невід'ємною частиною систем забезпечення якості продукції. Вітчизняні виробники проводять атестацію залежно від вимог контракту за трьома напрямками по стандартам: ASME, ISO та Правила АЕУ. Методики атестації і переатестації суттєво різняться. Процеси освоєння атестації технології зварювання за міжнародними стандартами потребують часу та кваліфікованого персоналу.

Ключові слова: атестація зварювальних процесів, методики, стандарти: ДСТУ, ISO, EN, ASME

У термінології стандартів систем якості **зварювання** вважається **спеціальним** процесом. Стандарти системи якості вимагають, щоб спеціальні процеси виконувались відповідно до документованих технічних вимог. Технічні вимоги до процедури зварювання необхідні, щоб забезпечити чітко встановлену основу для планування процедур зварювання та управління якістю під час зварювання, тобто забезпечити необхідну основу для відповідності зварних швів вимогам, що висуваються до них. Атестація процедур зварювання є невід'ємною нормою систем забезпечення якості, міжнародних стандартів по зварювальному виробництву, галузевих нормативних документів (ДСТУ, ISO, EN, ASME, API, Європейських директив, Правил АЕУ тощо) та стала безумовною вимогою замовників до виготовлення відповідальних зварних конструкцій. В даний час вітчизняні підприємства проводять атестацію технології зварювання залежно від вимог контракту **за трьома напрямками: ASME, ISO та Правила АЕУ.**

У світовій практиці атестація зварювальних процесів стала невід'ємною частиною промислового виробництва. У США та низці інших регіонів Америки та Азії широко застосовуються норми та вимоги до зварювального виробництва за стандартами AWS (Американське товариство зварників), ASME (Американське товариство інженерів механіків), API (Американський інститут нафти) та ін. Ці організації мають свої комітети, підкомітети та секції, які розробляють та раз на 3-5 років видають нормативні документи (НД), які обумовлюють вимоги до різних аспектів зварювального виробництва: персонал, зварювальне обладнання та матеріали, технології, норми оцінки якості тощо. Вимоги та норми щодо процедур атестації технології зварювання та зварювальників викладені у IX секції ASME та в деяких галузевих стандартах.

У країнах об'єднаної Європи в галузі атестації технології зварювання діють стандарти: європейський EN-288 та міжнародний ISO 9956. Нині вони замінені

на серію міжнародних стандартів – ISO 15607 ... ISO 15614. В Україні діяв стандарт ДСТУ 3951-2000, гармонізований з ISO 9956 та EN 288, який також замінено на відповідні ідентичні міжнародні стандарти: ДСТУ ISO 15607 ... ДСТУ ISO 15614.

На вітчизняних теренах атестацію технології зварювання було регламентовано для атомної енергетики Правилами АЕУ-ПНАЕ Г 7-008-89, ПНАЕ Г-7-009-89, ПНАЕ Г-7-010. Наразі колишні правила АЕУ замінені на нові норми і правила – НП 306.2.227-2020, СОУ НАЕК 158-2020, СОУ НАЕК 159-2020, СОУ НАЕК 160-2020 та ін. Технічні норми з колишніх Правил АЕУ практично перенесені в нову нормативну базу. Наразі вимоги Правил АЕУ до атестації технології зварювання значно відрізняються від норм і положень стандартів ISO та ASME (AWS).

Технічна сторона стандартів з атестації процесів зварювання секції IX ASME та ISO 15614 відрізняються незначною мірою як за методикою виконання, так і по області розповсюдження. Є розбіжності у вимогах по механічним випробуванням, по застосуванню неруйнівних способів контролю. Термін дії атестації за нормами ASME **необмежений**, за винятком випадків погіршення якості. Атестація по ASME виконується підприємствами **самостійно**, при цьому дотримується вимога, що процедури атестації зварювання (WPS) та протоколи, що підтверджують результати атестації (PQR), виконуються у суворій відповідності до секції IX ASME та повинні бути надані технічному інспектору на перший його запит. На вимогу конкретного замовника WPS та PQR узгоджуються чи затверджуються третьою стороною – замовником чи його представником.

У стандартах ISO 15607 ... ISO 15614 відображено, що атестація технології зварювання може виконуватись за участю третьої сторони на вимогу замовника. Галузева НД, зокрема Директива 2014/68 EU щодо обладнання, що працює під тиском, уточнюють вимоги до атестації технології зварювання. Зокрема, за умови проставлення тав-

ра «СЄ» на обладнання, призначене для експлуатації в межах європейської спільноти, процедура атестації зварювання має виконуватися обов'язково за участю Уповноваженого органу. Термін атестації **5 років**. Незважаючи на відмінності в системах атестації з ASME та ISO, є дані щодо взаємного зближення та визнання результатів атестації. Так, у стандарті API-6D 2014 р. зазначається, що атестацію технології зварювання можна виконувати або за вимогами ASME, або за ISO. На практиці замовники часто дозволяють робити вибір системи атестації виробнику. Природно, що фахівці підприємств вибирають систему ASME як простішу.

Замовників насамперед цікавить функціонування системи менеджменту якості – ISO 9001 (API Q1 та ін.), а в галузі зварювального виробництва – сертифікація за ISO 3834. У процесі сертифікації персонал освоює НД, розробляє та впроваджує внутрішні стандарти, що дозволяють підняти рівень виробництва до міжнародних вимог. В Україні сертифікацію ISO 3834 виконує ліцензований орган ВАТ «ПАТОНСЕРТ». Ця організація може виконувати функції третьої сторони під час атестації технології зварювання. Атестовані процедури зварювання за участю третьої сторони викликають у замовника більшу довіру та схвалення.

Стандарти США (ASME, AWS) декларують принцип, що вони не можуть замінити освіту, досвід та інженерну оцінку. Ті аспекти робіт, які не зазначені у стандартах, не слід вважати забороненими. Інженерна оцінка повинна узгоджуватися з принципами стандартів і такі оцінки ніколи не повинні спростовувати чи скасовувати вимоги або спеціальні заборони, які є у стандартах. Розробники стандартів ASME, API, AWS не несуть відповідальності та не приймають претензій щодо точності та повноти інформації, а також за використання будь-якої інформації чи процесу, представлених у нормативній документації. Стандарти видаються для широкого поширення випробуваних практично, обґрунтованих технічних і технологічних методів.

Котли та посудини тиску, які виготовлені відповідно до всіх застосовних правил стандартів ASME, можуть маркуватися клеймом з офіційним символом ASME. Для цього необхідно виробнику пройти процедури, встановлені ASME, AWS та отримати відповідний Сертифікат ASME. Трубопровідна арматура, насоси можуть маркуватися клеймом API за умов повної відповідності виготовлення стандартам API, AWS та отримання виробником Сертифіката API за встановленою процедурою. У процесах атестації процедур зварювання **бере участь технічний інспектор ASME або API**. Через кожні 3 роки необхідно підтверджувати Дозволи та Сертифікати.

Складні відповідальні металоконструкції на вимогу замовника виготовляються відповідно до

норм AWS D1.1/D1.M «Стандартні вимоги до зварювання будівельних конструкцій – сталеві конструкції». У стандарті дохідливо викладені вимоги до основних та зварювальних матеріалів, до конструкції зварних з'єднань, до перевірки та атестації технологічних процесів зварювання, до контролю якості зварних з'єднань та системи менеджменту якості, до атестації персоналу – зварювальників та контролерів. В AWS D1.1/D1.M **своя методика атестації зварювальних процесів**.

Ремонт чавунного литва деякі виробники виконували на вимогу замовника відповідно до норм стандарту ANSI/AWS D11.2 «Посібник зі зварювання ливарного чавуну». У даному Керівництві викладається відносна зварюваність різних типів чавуну, розглядаються присадні матеріали та зварювальні процеси, наведені спеціальні вимоги щодо **атестації процедур зварювання чавуну та зварювальників**.

У практиці виробників обладнання за міжнародними стандартами було кілька варіантів взаємодії із замовником. Найпростіший варіант — виготовлення за визначеними стандартами, замовник бере участь у приймальних випробуваннях. Другий варіант – вибіркове здійснення нагляду за виготовленням обладнання представником замовника. За третім варіантом здійснюється повний контроль виготовлення виробів наглядовими органами замовника.

Перед укладанням контрактів зазвичай замовник виконує аудит підприємства, де звертається основна увага на такі фактори:

- наявність сертифікованої системи менеджменту якості (СМЯ) – зазвичай за ISO 9000 або API Q1;
- наявність Керівництва з якості (КЯ) та Програми забезпечення якості (ПЯ);
- документування процесів, простежуваність, ідентифікація;
- функціонування системи Планів якості на кожен виріб;
- сертифікація зварювального виробництва за ISO 3834 (бажано);
- навчання та атестація персоналу зварювального виробництва – зварювальників, контролерів (інспекторів) з неруйнівних видів контролю, керівників зварювальних робіт;
- контроль, зберігання, видача та використання зварювальних матеріалів;
- періодичні перевірки зварювального обладнання та обладнання для руйнівних та неруйнівних методів контролю;
- система атестації зварювальних процесів згідно з наведеними вище нормативними документами.

Усі стандарти обумовлюють необхідність атестації процесів зварювання (або переатестації) у разі зміни суттєвих змінних: способу зварювання, групи марок основного металу, зварювальних

матеріалів, зварюваних товщин та діаметрів, наявність (відсутність) підігріву або термообробки та ін. Істотними вважаються зміни, що вплинуть на механічні властивості. Зміни в умовах зварювання, які вплинуть на ударну в'язкість зварного з'єднання, є істотними додатковими змінними. У стандартах кожного способу зварювання призначені істотні, додаткові істотні і несуттєві змінні параметри.

В стандартах ASME та AWS для підпорядкованих виробів наведено дозволені до застосування марки основних матеріалів, їх хімічний склад та механічні властивості. Ці матеріали згруповані за окремими Р-номерами, на які потрібна окрема атестація. Застосування інших матеріалів (відсутніх в таблицях стандартів) можливе за погодженням із замовником. У такому випадку маркування виробу тавром ASME (API) виключено і атестація зварювальних процесів розповсюджується тільки на конкретну марку матеріалу. В стандарті ISO 15608 сталі згруповані в рамочних межах по хімічному складу та по механічним властивостям без конкретизації марок, що більш прийнятно для вітчизняного виробництва.

В стандартах ASME, AWS, ISO наведено рекомендовані примірники оформлення WPS (Процедура зварювання) і PQR (Протокол підтвердження процедури зварювання). Форми не обов'язкові, але наведено перелік параметрів зварювання, які необхідно відображати у WPS та PQR. Додаток до PQR – усі відомості на основні та зварювальні матеріали, відомості про неруйнівні та руйнівні методи контролю, маршрутні листи виконання контрольних зварних з'єднань, відомості про термообробку тощо. Процедури зварювання (WPS) мають бути на робочих місцях. Протоколи PQR зберігаються у персоналу, призначеного згідно з Керівництвом з якості. PQR та WPS повинні бути надані на першу вимогу інспектора. Зазвичай, виробники виконують WPS та PQR у двомовній формі – вітчизняній та англійській, що спрощує спілкування з англомовною інспекцією.

Наразі Україною взято курс на освоєння стандартів міжнародних (ISO) та європейських (EN). В Україні видано понад 150 стандартів ДСТУ/ISO або ДСТУ/EN у галузі зварювального виробництва. Більшість цих стандартів є ідентичним перекладом. На жаль, частина стандартів не має перекладу – оригінальний текст англійською мовою та обкладинка під назвою українською. Такі обставини **не сприяють** впровадженню міжнародних стандартів в українську промисловість. Безпосередньо вимоги щодо атестації технології зварювання викладені у ДСТУ/ISO 15607...ДСТУ/ISO 15614.

Загальна вимога всіх стандартів – атестація процедур зварювання має бути проведена виробником до виконання зварювання у виробництві. Вироб-

ник виконує атестацію самостійно. Наказом на підприємстві призначається експерт та/або експертний орган для перевірки виконання атестації та її відповідності стандартам. У певних випадках може бути потрібний зовнішній незалежний експерт або незалежний експертний орган. Зазвичай це на вимогу замовника або за галузевими нормами.

ДСТУ/ISO 15607 визначає загальні правила розробки та атестації процедур зварювання. У ньому також наведено посилання на **п'ять** можливих методів атестації технології зварювання. На відміну від вимог ASME введено поняття попередніх технічних вимог до процедури зварювання (pWPS), які після підтвердження Протоколами WPQR переходять у статус WPS.

ДСТУ/ISO/TR 15608 групує основні матеріали з точки зору області поширення атестації технології зварювання. Стандарт стосується сталей, чавуну, кольорових металів та їх сплавів: алюмінію, міді, нікелю, титану та цирконію.

ДСТУ/ISO 15609-1 встановлює технічні вимоги до процедури дугового зварювання (WPS). У стандарті наведено параметри, які мають відобразитися у WPS, а також рекомендована форма WPS.

ДСТУ/ISO 15610 деталізує **атестацію, засновану на випробуваннях зварювальних матеріалів**. Метод може бути використаний при застосуванні матеріалів, властивості яких у зоні термічного впливу значно не погіршуються. Стандарт не застосовується там, де для зварного з'єднання встановлені вимоги щодо твердості, ударної в'язкості, підігріву, погонної енергії, термообробки та ін. в межах товщини 3...40 мм; зварювальні матеріали певних марок та конкретних виробників. WPS та WPQR повинні бути оформлені з урахуванням вимог ДСТУ/ISO 15609-1 та підписані експертом або експертним органом.

ДСТУ/ISO 15611 регламентує другий **метод атестації, заснований на досвіді раніше виконаного зварювання**. Виробник може мати WPS, атестовані шляхом посилання на досвід раніше виконаного зварювання, якщо він може довести відповідність та достовірність документів незалежного характеру, що ним у попередній період були успішно зварені дані типи з'єднань і матеріалів.

ДСТУ/ISO 15612 – вимоги **методу атестації шляхом прийняття стандартної процедури зварювання**. Стандартна процедура зварювання повинна бути опублікована у формі WPS та/або WPQR, заснованих на атестації згідно з ДСТУ/ISO 15614. Розроблені виробником WPS є атестованими, якщо діапазони всіх параметрів знаходяться в області, що охоплюється стандартною процедурою зварювання. Стандарт ДСТУ/ISO 15612 єдиний, що надає виробнику можливість використання процедур зварювання на базі ви-

пробувань, проведених іншими організаціями. Обмеження щодо застосування методу: обов'язкове дотримання вимог ДСТУ/ISO 15607, EN719, EN729, зварювальне обладнання аналогічне для атестації стандартної процедури зварювання. Всі записи, на яких базується атестація, повинні простежуватися до першоджерел протягом усього періоду її дії. Ці обставини ставлять під сумнів можливість використання WPS та WPQR, атестованих іншим підприємством.

ДСТУ/ISO 15613 – атестація процедур зварювання шляхом передвиробничих випробувань зварювання. Цей метод є єдиним надійним для специфічних зварних з'єднань, коли граничні умови, тепловідведення тощо. неможливо відтворити стандартними контрольними зразками. Підготовку та зварювання конкретних зразків слід виконувати в умовах зварювання продукції, яку вони мають відтворювати своєю формою та розмірами. При цьому необхідно максимально виконувати вимоги ДСТУ/ISO 15614. Виконання до зварювання виробів контрольних зварних з'єднань (КЗЗ) є неодмінною вимогою галузевих стандартів, у тому числі НПАОП України. Тому у виробників склалася практика при виконанні КЗЗ відповідно до вимог галузевих нормативних правил передбачати всі необхідні випробування для оформлення WPQR.

Ризики, пов'язані із застосуванням вище наведених методів атестації процедур зварювання полягають в тому, що вони мають обмеження щодо застосування та технічного інспектора можуть не задовольнити задокументований обсяг даних минулого досвіду та повнота їх відповідності ДСТУ/ISO 15609. З цієї причини виробники **надають перевагу атестації технології зварювання шляхом зварювання та випробування стандартного контрольного зразка згідно ДСТУ/ISO 15614.**

В ДСТУ/ISO 15614 детально викладено норми кваліфікації WPS за допомогою випробування зварювальних процедур, а також область розповсюдження зварювальних процедур для будь-якої практичної діяльності в межах діапазону параметрів впливу. У стандарті наведено вимоги до форми та розміру контрольних зразків, до положень зразка при зварюванні, визначено обсяги неруйнівних та руйнівних випробувань, критерії оцінки. Докладно викладено норми по області розповсюдження атестованих технологій залежно від наступних умов: способів зварювання, видів зварних з'єднань, основних та зварювальних матеріалів, зварюваних товщин і діаметрів, позиції виробу, що зварюється, погонної енергії зварювання, температури попереднього підігріву та подальшої термообробки.

Загальна вимога всіх стандартів – атестація процедур зварювання має бути проведена виробником

до виконання зварювання у виробництві. Виробник виконує атестацію самостійно. Наказом на підприємстві призначається експерт та/або експертний орган для перевірки виконання атестації та її відповідності стандартам. У певних випадках може бути потрібний зовнішній незалежний експерт або незалежний експертний орган. Зазвичай це на вимогу замовника або за галузевими нормами. Таким чином для виготовлення продукції за міжнародними та американськими стандартами персоналу підприємства необхідно орієнтуватися у вимогах наведеної вище нормативної документації та відповідно вибудовувати виробничий процес. Основне навантаження лягає на фахівців зварювального виробництва та на персонал системи менеджменту якості. Слід зазначити, що стандарти складні для сприйняття і вимагають великих витрат часу на освоєння. Стримуючим фактором є і відомі складності із забезпеченням вітчизняної промисловості актуалізованими стандартами (як зовнішніми так і внутрішніми). В Україні великі складнощі з НД зі зварювального виробництва для різних галузей господарювання. В даний час потрібна координація дій, плани перегляду та доопрацювання численного масиву НД. Для вирішення цих проблем згідно міжнародної практики необхідно вагомо підвищити роль та вплив **Товариства Зварювальників України.**

Висновки

1. З метою забезпечення конкурентоспроможності своєї продукції фахівцям зварювального виробництва необхідно опанувати світові стандартні норми.

2. Замовники визначають нормативні вимоги до своєї продукції або за американською системою стандартів (ASME, API, AWS) або за міжнародною (ISO, EN). Атестація процедур зварювання – невід'ємна частина всіх систем управління якістю.

3. В Україні впроваджуються в галузі зварювального виробництва десятки ДСТУ/ISO/EN, які є ідентичними перекладами з англійської мови. Атестація процедур зварювання згідно серії ДСТУ/ISO 15607...ДСТУ/ISO 15614.

4. За системою ДСТУ/ISO є п'ять методик атестації технології зварювання. Чотири з них на перший погляд простіші, але є ризики, що їх результати можуть бути не прийнятні для уповноваженого інспектора. Тому виробники надають перевагу атестації технології зварювання шляхом зварювання та випробування стандартного контрольного зразка згідно ДСТУ/ISO 15614.

5. Процеси освоєння атестації технології зварювання за міжнародними стандартами потребують часу та кваліфікованого персоналу.

Надійшла до редакції 10.01.2022