

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТАВРОВИХ СПОЛУК ПРИ ЗВАРЮВАННІ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

Кошкін Д. Л., канд. техн. наук, доцент,

e-mail: Koshkindl@mnau.edu.ua

Мартиненко В. О., канд. техн. наук, доцент

e-mail: martynenko@mnau.edu.ua

Миколаївський національний аграрний університет

Анотація. У роботі було проведено аналіз нормативних вимог до таврових з'єднань. У процесі розгляду було встановлено, що вимоги до значення мінімальної величини катета не досить обґрунтовані. У різних випадках вони можуть дуже відрізнятися. Висловлено пропозицію, щоб призначати мінімальний розмір катета з урахуванням фактичного хімічного складу металу.

Ключові слова: катет шва, зварне з'єднання, таврове з'єднання.

Таврові з'єднання в зварних металоконструкціях займають перше місце за протяжністю у будівельних металоконструкціях (балках, рамах, перекриттях тощо) їх частка ще більша. З погляду ступеня відповідальності всі ці сполуки прийнято поділяти на робітники та сполучні [2]. Перші призначені передачі навантаження з одного елемента конструкції на інший, другі тільки об'єднують ці елементи в єдине ціле (так звані поясні шви) і практично не беруть участь у передачі робочих навантажень. Природно, як і вимоги до розмірів цих швів різні.

Віднесення зварного з'єднання до тієї чи іншої групи та визначення ступеня відповідальності (завантаженості) тієї чи іншої сполуки іноді встановлюються нормами на проектування, як це робиться, наприклад, у Правилах класифікаційних товариств у суднобудуванні [3–6]. Однак у зв'язку з різноманіттям зварних металоконструкцій в інших галузях промисловості здебільшого вирішувати це завдання доводиться проєктантам чи технологам. Дуже часто внаслідок відсутності досвіду, а частіше небажання брати на себе відповідальність, останні йдуть шляхом призначення якомога більших розмірів катетів або необґрунтованого застосування з'єднань зі скосом кромки, що забезпечує повне проплавлення по товщині елемента, що приєднується. Звичайно, це призводить до суттєвого збільшення витрат на зварювання (витрати зварювальних матеріалів, електроенергії, трудомісткості зварювання та подальшого усунення зварювальних деформацій).

Метою роботи була розробка рекомендацій щодо призначення оптимальних розмірів катетів сполучних таврових з'єднань при зварюванні низьколегованих та низьковуглецевих сталей.

З різних таврових з'єднань найбільш поширені сполуки типу ТЗ (двосторонні, безперервні, без скося кромки) [7–9], що пояснюється їхньою досить високою міцністю у поєднанні з високою технологічністю та економічністю порівняно з іншими. Основними параметрами з'єднання ТЗ, які

призначаються при проектуванні, є катет шва k (у вітчизняній практиці) або розрахункова товщина a (відповідно до Європейських Норм). Остання однозначно пов'язана з катетом і здебільшого приймається $a = 0,7k$ [2–6]. Необхідна величина k або для робочих з'єднань повинна визначатися розрахунком міцності, а для сполучних – призначатися проектантом чи технологом за рекомендаціями норм і стандартів. І в тому і в іншому випадку останні встановлюють величини мінімального та максимального катетів (товщин шва). У вітчизняних стандартах [7–9] ці величини наводяться у додатках і мають рекомендаційний характер, а у Будівельних Нормах [10], Правилах класифікаційних товариств [3–6], Європейських Нормах [11] та в Американському стандарті [12] вони включені до Основний текст документів і розглядається як обов'язковий. Порівняння вимог зазначених документів показує, що вони багато спільного, але є й відмінності.

Практично у всіх Нормах основними параметрами, що визначають величину катета (розрахункову товщину), є мінімальна зі сполучних товщин s_{\min} для максимального катета і максимальна зі сполучних товщин s_{\max} - для мінімального. Виняток становлять Правила класифікаційних товариств. Так, у Правилах Німецького Ллойда [4] при призначенні мінімального катета враховують як максимальну s_{\max} , так і мінімальну s_{\min} товщини деталей, що з'єднуються, і мінімальний катет визначають за емпіричною формулою. Зазвичай це товщина елемента, що притикається, і становить 4 мм для товщин від 4 до 10 мм, 5 мм для товщин від 11 до 15 мм і $0,35s_{\min}$ для великих товщин. При з'єднанні деталей з великою різницею мінімальної та максимальної товщин (≥ 2 рази) призначення катета потребує окремого узгодження з Реєстром.

Максимальний катет обмежується Нормами залежно від величини мінімальної товщини s_{\min} [3–6, 11, 12] чи $1,2s_{\min}$ [7–10], що визначається, очевидно, суто економічними міркуваннями. Справді, нескладні розрахунки показують, що при катете, рівному товщині приварюваного елемента, площа розрахункового перерізу сполуки типу ТЗ довжиною l , що становить $2 \cdot 0,7kl$, в 1,4 рази перевищує площу перерізу основного металу sl . Тому при роботі на зріз таке з'єднання має надмірну міцність, а при відриві воно практично рівномірне основному металу.

Як зазначалося, основним критерієм, що визначає величину мінімального катета, в більшості випадків є велика з товщин деталей, що з'єднуються. Аналіз показує, що вимоги різних норм багато в чому збігаються, але є й відмінності. До товщини 20 мм включно різниця у величині мінімального катета за всіма нормами не перевищує 1 мм.

Норми зазвичай не пояснюють, з яких міркувань як критерій для призначення мінімального катета обрана саме максимальна товщина. Тільки в Американському стандарті [12] це мотивується обмеженням швидкості охолодження металу ЗТВ та вмісту мартенситу у цій зоні. Очевидно, цей фактор можна вважати обґрунтованим лише в тому випадку, якщо зварювання шва зазначеного катета виконується за один прохід, оскільки швидкість охолодження визначається погонною енергією одного проходу. Тому призначення мінімальних катетів вище 8 мм, які зазвичай зварюються більш ніж за один прохід, недоцільно.

Аналіз графіків залежності часу охолодження ЗТВ (850...500 °С) від зварюваних товщин і катетів показує, що відмінність хімічного складу сталей Ст3 і 09Г2 мало впливає на величину мінімально необхідного катета (менше 0,5 мм), тоді як зміна фактичного хімічного складу сталі не більше, встановлених нормами (стандартами), змінює його величину на 2...3 мм. Очевидно, що для зменшення ризику отримання з'єднання зі зниженою тріщиностійкістю при призначенні мінімального катета доцільно, з точки зору обмеження швидкості охолодження та утворення мартенситу ЗТВ, виходити з максимального вмісту елементів.

Одним з основних критеріїв, що визначає величину мінімального катета таврового з'єднання, є швидкість охолодження металу ЗТВ у діапазоні температур 850...500 °З. 2. Швидкість охолодження, що призводить до утворення 50% і більше мартенситу в ЗТВ, а отже, і мінімальний катет суттєво залежить від фактичного вмісту елементів сталі. 3. Існуючі нормативні обмеження мінімальної величини катета часто виявляються заниженими і забезпечують отримання досить високої тріщиностійкості зварного з'єднання. Не гарантує цього при зварюванні великих товщин (понад 20 мм) і призначення мінімальних катетів вище 8 мм, які, зазвичай, заварюються більш ніж за один прохід.

Список використаних джерел:

1. Бельчук Г.А., Гатовский К.М., Кох Б.А. (1980) Сварка судовых конструкций. - Л.: Судостроение, 448 с.
2. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуров В.А. (1971) Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций. - М.: Высшая школа, 760 с.
3. Российский Морской Регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. - СПб.: Морской Регистр, 2008. - 540 с.
4. Germanischer Lloyd (GL) Rules for Classification and Construction. Materials and Welding. - Hamburg.: Germanischer Lloyd Aktiengesellschaft, 2009.
5. Правила Норвежского бюро Веритас, 1992.
6. ABS Rules for building and classing. Materials and welding PART 2. - Houston.: American Bureau of Shipping, 2009.
7. ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. - М.: Изд-во стандартов, 1986.
8. ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. - М.: Изд-во стандартов, 1981.
9. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. - М.: Изд-во стандартов, 1983.
10. Строительные нормы и правила. СНИП 11-23.11. DIN 18800. Ч. 1: Стальные конструкции. Выбор параметров и конструирование, 1990. 12. AWS D1.1/D1.1M:2006. An American National Standard - Structural Welding Code - Steel.

Abstract. The paper analyzed the regulatory requirements for branded connections. During the review process, it was established that the requirements for the value of the minimum value of the leg are not sufficiently substantiated. In different cases, they can be very different. A proposal was made to determine the minimum size of the leg taking into account the actual chemical composition of the metal.

Keywords: seam leg, welded joint, branded joint.