УДК 621.791.5:669.14

Слупська Ю.С., PhD., доцент кафедри механічної і біомедичної інженерії.
(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

КІЛЬКІСНИЙ АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ СКЛАДОВИХ СТАЛІ 10Г2ФБ У ЗОНІ ТЕРМІЧНОГО ВПЛИВУ ПІСЛЯ ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ

Сталь 10Г2ФБ є низьколегованою сталлю, яка використовується для виготовлення конструкцій, що працюють в умовах підвищених механічних навантажень. Вона має високі механічні властивості та стійкість до корозії завдяки вмісту легуючих елементів, таких як хром, ванадій і бор. Ці елементи надають сталі підвищену міцність, водночас забезпечуючи кращу зварюваність. Проте зварювання цих сталей супроводжується виникненням зон термічного впливу (ЗТВ), у яких відбуваються значні структурні зміни. Особливо важливим є вивчення цих змін у зоні термічного впливу, оскільки вони можуть впливати на загальні механічні властивості зварного з'єднання.

Кількісний аналіз структурних складових ЗТВ дозволяє зрозуміти процеси, що відбуваються під час зварювання, і їх вплив на механічні властивості з'єднань. Цей аналіз включає визначення об'ємної частки фазових складових, таких як ферит, перліт, бейніт і мартенсит, які формуються під впливом термічних циклів зварювання. Важливо вивчити розподіл цих фаз, оскільки вони впливають на тривалість експлуатації зварених конструкцій. Результати досліджень можуть бути використані для оптимізації параметрів зварювання та підвищення якості зварних з'єднань [1-4].

Метою даного дослідження є проведення кількісного аналізу структурних складових сталі 10Г2ФБ у зоні термічного впливу після процесу зварювання. Особлива увага приділяється визначенню об'ємної частки фериту, перліту, бейніту і мартенситу, які формуються внаслідок термічних циклів зварювання. Дослідження спрямоване на виявлення закономірностей зміни фазового складу в різних ділянках ЗТВ та їх впливу на міцнісні властивості зварних з'єднань.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю підвищення надійності зварних з'єднань у відповідальних конструкціях, які працюють в умовах високих навантажень та агресивних середовищ. Зварні з'єднання сталей, зокрема 10Г2ФБ, часто піддаються впливу зовнішніх факторів, таких як вібрації, перепади температур і корозійні процеси. Структурні зміни, що виникають у ЗТВ після зварювання, можуть значно впливати на поведінку матеріалу під час експлуатації. Тому дослідження кількісного складу структурних компонентів у ЗТВ дає змогу прогнозувати механічні властивості зварних з'єднань і вдосконалити технологічні процеси їх виготовлення.

Автоматичне зварювання сталі 10Г2ФБ було виконано під шаром флюсу за допомогою флюсу АНКС-26 і зварювального дроту Св-10Г1МА, що дозволило отримати високоякісні зварні шви. Проте структура ЗТВ зазнає значних змін під впливом термічних циклів, які супроводжують процес зварювання. Для вивчення цих змін було проведено металографічний аналіз мікроструктури зварних з'єднань, зокрема у ЗТВ.

У результаті автоматичного зварювання під шаром флюсу, структура сталі 10Г2ФБ в зоні зварного з'єднання (рис. 1) демонструє значні зміни у порівнянні з основним металом. На рисунку представлено зони I та II зварного з'єднання, які були досліджені.

Зона I – це зварний шов, де спостерігається дендритна структура, типова для литого металу. Підвищення температури до рівня плавлення, а потім швидке охолодження призводять до утворення дендритної структури зі значною кількістю

домішок між дендритами. Виявлено наявність міждендритної ліквації домішок, що потрапляють до розплаву зі зварювального флюсу. Цей процес є характерним для зварювання сталей під шаром флюсу і пояснює утворення більш грубої структури в зоні I (рис. 1, *1,2,3*) [1].

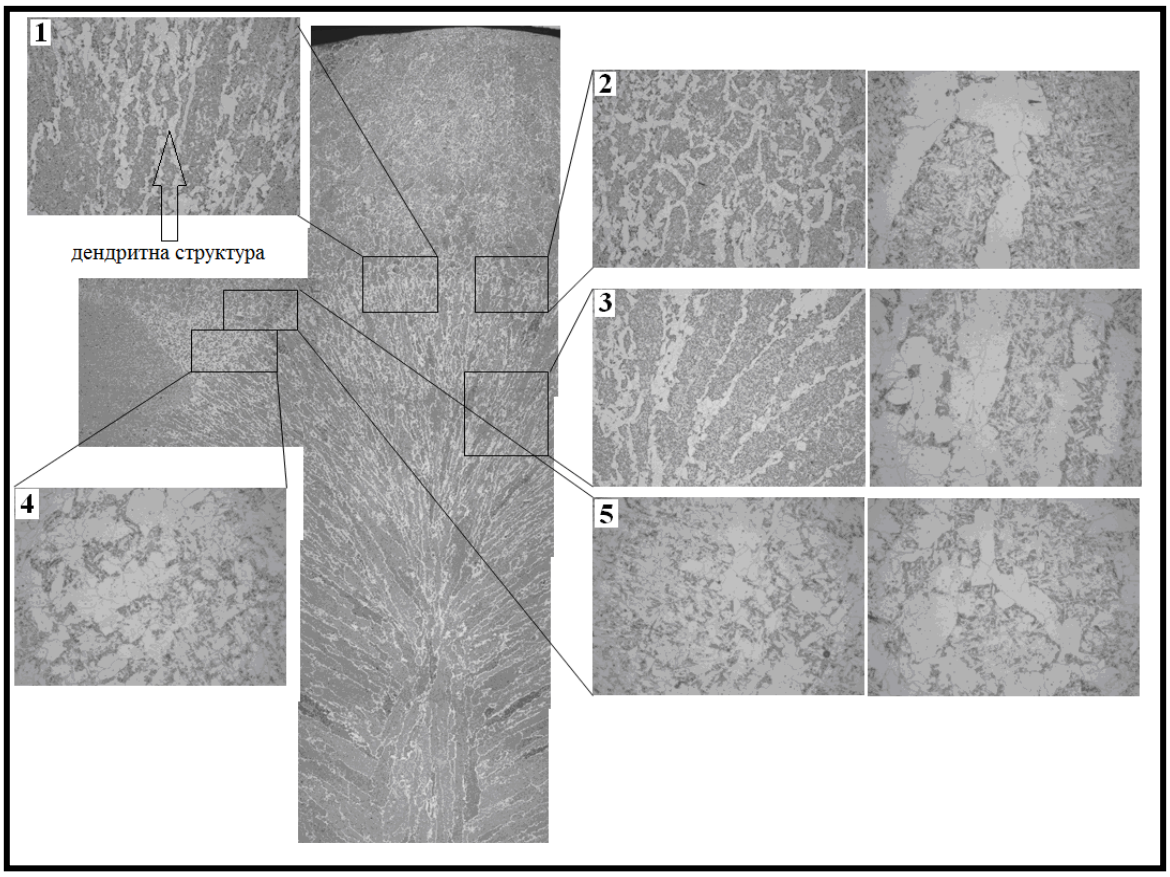

Рисунок 1 – Загальний вид та будова структури зварного з'єднання після зварювання під шаром флюсу: сталь 10Г2ФБ: 1,2,3 – зона I; 4,5 – зона II [1].

Зона II знаходиться на межі між зварним швом і зоною термічного впливу. В цій зоні відбувається зниження температури кристалізації, що призводить до утворення пластинчастих структур відманштеттового фериту (рис. 1, *4,5*). Ферит, що виділяється під кутом 120°, є результатом низькотемпературного $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення, яке відбувається в процесі охолодження. Також у цій зоні відзначається наявність квазієвтектоїдних колоній, збагачених вуглецем, які утворюються внаслідок перерозподілу вуглецю в процесі фазових перетворень [1].

Кількісний аналіз структурних складових сталі 10Г2ФБ показав, що в зоні I переважає дендритна структура, а в зоні II – відманштеттовий ферит та квазієвтектоїдні колонії. Збільшення вмісту фериту в зоні II супроводжується зменшенням кількості бейнітної складової. Ці структурні перетворення впливають на механічні властивості зварного з'єднання, забезпечуючи його високу міцність та зносостійкість.

Висновки

1. В зоні зварного з'єднання сталі 10Г2ФБ після зварювання під шаром флюсу спостерігається утворення дендритної структури, характерної для литого металу.
2. У зоні термічного впливу виявлено пластинчасту структуру відманштеттового фериту, що формується внаслідок $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення при охолодженні.

3. Кількісний аналіз показав збільшення вмісту феритної складової в зоні II та зменшення кількості бейніту, що впливає на міцність та пластичність зварного з'єднання.

Список використаних джерел

1. Слупська Ю.С. Особливості моделювання процесів формування структури в зварних з'єднаннях низьковуглецевих низьколегованих сталей: дис. … доктора філософії: 132 / Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури». Дніпро, 2021.263 с.

2. Власенко А. М. Основи зварювання / Власенко А. М. – Вінниця : ВЕТУ, 2007. – 106 с.

3. Власенко, А. М. Технологія металів та зварювання. Модульний курс : навчальний посібник / А. М. Власенко. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 250 с.

4. Металознавство: / [Бялік О. М., Черненко В. С., Писаренко В. М., Москаленко Ю. Н.]. – [2-ге вид.,перероб. і доп.]. – К. : ІВЦ "Видавництво Політехніка", 2008. – 384 с.