

Дитюк В.Е. асистент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну
Науковий керівник: Ротт Н.О., к.т.н., доцент кафедри конструювання, технічної естетики і дизайну
(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ МІКРОТВЕРДОСТІ ПО СТРУКТУРАМ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ

В якості матеріалу для досліджень було обрано маловуглецеву низьколеговану сталь для зварних конструкцій 10Г2ФБ, яка часто використовуються в металургійній, нафтогазовидобувній та інших галузях промисловості.

Сталь 10Г2ФБ застосовується для зварних металевих конструкцій відповідального призначення, у тому числі при виготовленні прямошовних труб групи міцності К60 для магістральних газо- та нафтопроводів. Сталь відноситься до матеріалів з поліпшеною зварюваністю.

Дослідження мікротвердості зварних з'єднань. Деформації та напруження, що виникають від нерівномірного нагріву та охолодження виробу, називається тепловими чи термічними. Як відомо, при нагріванні усі метали розширюються, а при охолодженні – стискаються. Не закріплений шматок металу, будучи нагрітим, а потім охолодженим до початкової температури, набуде тих самих розмірів, котрі він мав до нагрівання.

При зміні структури металу відбувається зміна розмірів та взаємного розташування його зерен (кристалів). Цей процес супроводжується зміною об'єму металу, що викликає утворення внутрішніх напружень. Напруження, що виникають в наслідок зміни структури металу, можуть мати практичне значення лише при зварюванні легованих та високо вуглецевих сталей, що мають схильність до закалювання. При зварюванні звичайної мало вуглецевої сталі, котра не загартовується, виникаючі від зміни структури металу напруження незначні та не приймаються до розрахунку при виготовленні зварних конструкцій.

Результати досліджень мікротвердості по структурним складовим зварного з'єднання після зварювання в середовище захисних газів наведено на рис. 1 - 3.

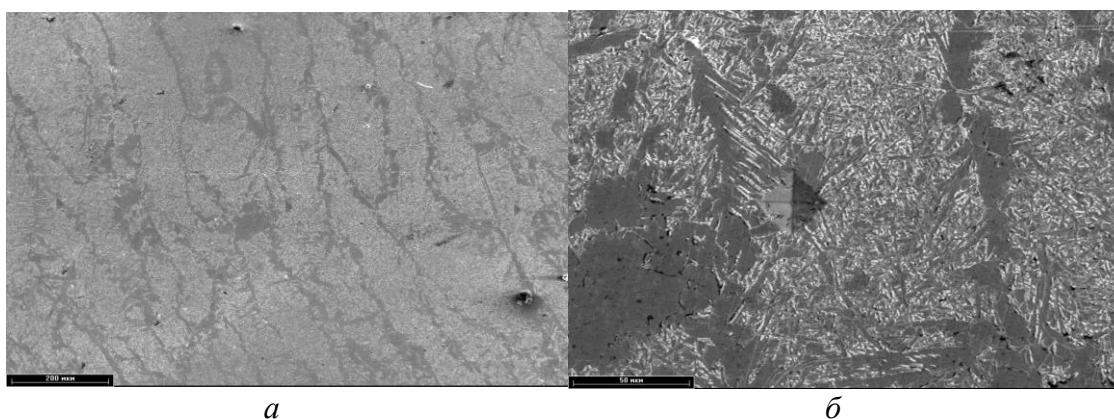


Рисунок 1 – Дослідження мікротвердості зварного шва сталі 10Г2ФБ після зварювання в середовище захисних газів

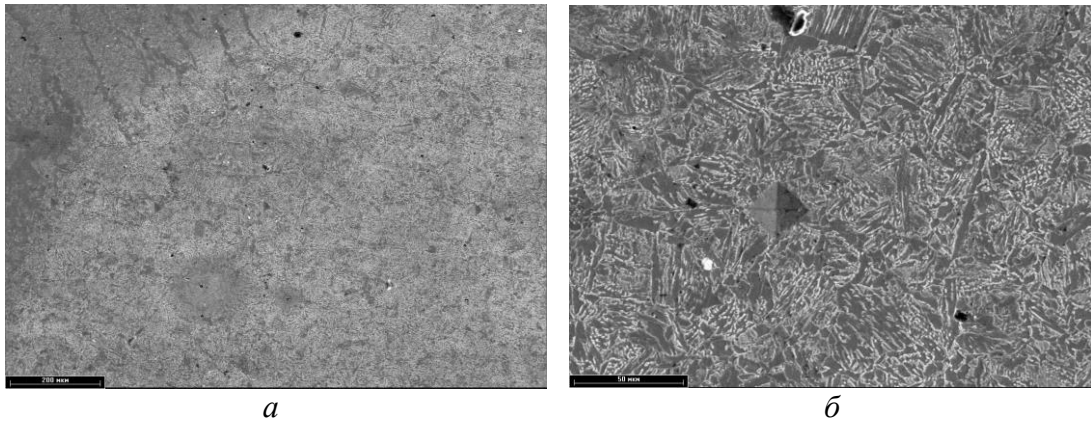


Рисунок 2 – Дослідження мікротвердості ЗТВ сталі 10Г2ФБ після зварювання в середовище захисних газів

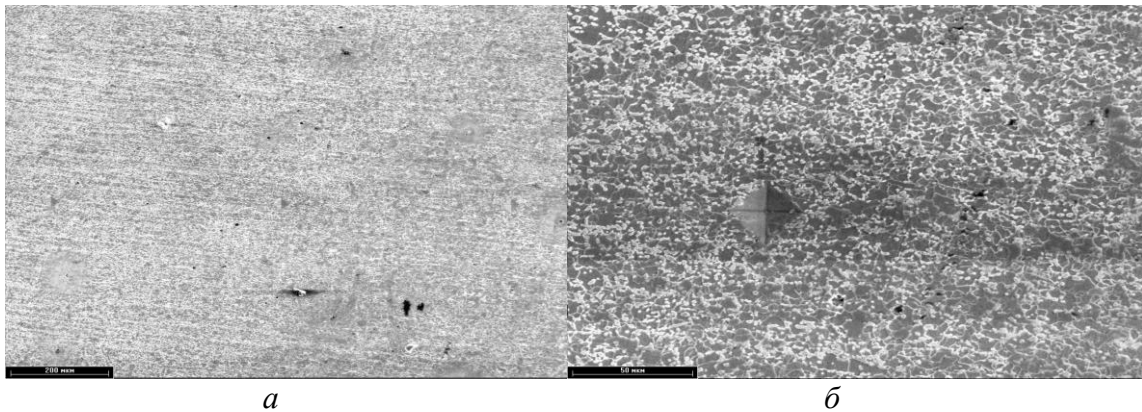


Рисунок 3 – Дослідження мікротвердості основного металу сталі 10Г2ФБ після зварювання в середовище захисних газів

Фазові та структурні перетворення при нагріванні та охолодженні супроводжуються додатковим розширенням чи скороченням металу та зміною його властивостей. У випадки завершення перетворення при високих температурах вони впливають тільки на часові напруження. Тому залишкові напруження у сталях перлітного класу майже такі самі як в аустенітних. При низькотемпературних структурних перетвореннях (мартенситне перетворення сталі) можливо утворення смуг розтягу та стискання що чергуються між собою, у шві та в околшовній зонах, а також утворення залишкових напружень стискання у шві, та розтягування у всіх інших частинах виробу (замість усадки може відбуватися подовження деталі).

Кількісний аналіз отриманих даних. Міцність зварного з'єднання характеризується величиною напружень, які виникають у ньому під впливом діючих зусиль. Для того щоб з'єднання було міцним, фактичні напруження у ньому при роботі повинні бути в декілька разів нижче тих, при яких метал шва руйнується.

Згідно даних, отриманих під час виконання даної роботи, дослідження впливу режиму зварювання на властивості зварного з'єднання має сенс виконувати по певним зонам зварного з'єднання. Тобто, при виконанні роботи комплекс відповідних досліджень здійснювали по наступним зонам зварного з'єднання (див. рис. 4).

З метою дослідження розподілу деформаційно-напруженого стану по зонам зварного з'єднання та приблизної оцінки міцності зварного з'єднання були здійснені дослідження мікротвердості по зонам (див. рис. 4). Отриманні результати узагальнено та наведено в табл. 1. У табл. 2 наведено комплекс механічних властивостей сталі 10Г2ФБ після безперервної контрольованої прокатки.

Приблизну оцінку міцності матеріалу на підставі значень мікротвердості здійснювали згідно рекомендацій, наведених у роботі [1].

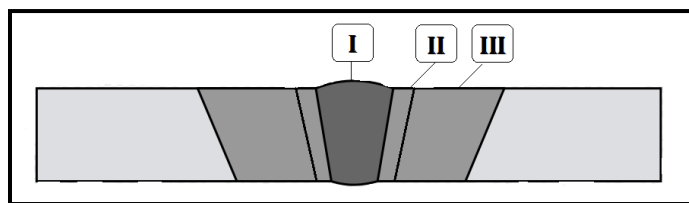


Рисунок 4 – Схематичне зображення зон контролю мікротвердості:
I - зона зварного шва; II - зона сплавлення; III - зона термічного впливу.

Таблиця 1

Значення мікротвердості по зонам зварного з'єднання

| Марка сталі | Зона матеріалу відповідно до рис. 4 | Зварювання у середовищі захисних газів | Зварювання під флюсом | Лазерне зварювання | Електронно-променеве зварювання |
|-------------|-------------------------------------|--|-----------------------|--------------------|---------------------------------|
| 10Г2ФБ | I | 172,5 | 170,9 | 295,6 | 226,3 |
| | II | 179,6 | 171,0 | 295,5 | 217,0 |
| | III | 174,0 | 153,6 | 219,6 | 161,4 |

Таблиця 2

Комплекс механічних властивостей низьковуглецевих мікролегованих сталей 10Г2ФБ після безперервної контрольованої прокатки

| Марка сталі | Механічні властивості | | | | |
|-------------|-----------------------|------------|----------------------|------------------|------------------|
| | δ , % | ψ , % | $\sigma_{0,2}$, МПа | σ_T , МПа | σ_B , МПа |
| 10Г2ФБ | 21,3 | 58,5 | 517,7 | - | 704,7 |

Сумісний аналіз отриманих під час виконання роботи даних показує, що для досліджуваної марочки сталі 10Г2ФБ максимальні значення мікротвердості (як наслідок максимальний рівень напружень) з'являється у наволошовній зоні. При цьому в цій зоні рівень напружень досягає значень, які по величині майже дорівнюють межі текучості. На границі зон 2 та 3 (див. рис. 4) рівень напружень складає 0,5...0,8 σ_T , притому більші значення спостерігаються при збільшенні потужності джерела та швидкості зварювання.

Залишкові розтягуючі напруження утворюють в металі запас енергії, котрий може сприяти руйнуванню металу. Вони також сприяють прискоренню корозійних процесів. Пов'язані з ними пластичні деформації призводять до зменшення пластичності з'єднання. Складаючись з робочими напруженнями, залишкові напруження погіршують робото-спроможність конструкції: в елементах, працюючих при змінних навантаженнях, знижує межу витривалості; в елементах, які працюють на вигин, зменшується жорсткість перетину за рахунок переходу частини перетину в пластичний стан. Залишкові напруження суттєво впливають на точність і стабільність розмірів зварних з'єднань. При механічній обробці за рахунок перерозподілу залишкових напружень відбувається зміна форми і розмірів деталі. Під дією залишкових напружень виникають деформації повзучості, особливо при підвищених температурах. При першому прикладанні робочого навантаження робочі напруги, поєднуючись із залишковими, можуть в окремих місцях перевищити межу плинності й викликати пластичну деформацію.

Перелік посилань

1. Сигайлов М. В., Шувакин А. Е., Матвеевцев В. Е., Манин О. А. Оценка механических свойств металла по твердости при диагностировании технического состояния стальных газопроводов // Молодой ученый. — 2016. — №3. — С. 206-208