

«ЗТВ»
(шифр)

**« ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА
СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ЗОНИ ТЕРМІЧНОГО ВПЛИВУ В
НАПЛАВКАХ І ЗВАРНИХ З'ЄДНАННЯХ ІЗ ВИСОКОХРОМИСТОЇ
СТАЛІ»**

Галузь:
Матеріалознавство

2020-2021 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	3
1.1 Структура та властивості високохромистих сталей.....	3
1.2 Зварювання, наплавлення, зона термічного впливу.....	6
1.3 Структура та властивості зони термічного впливу в зварних з'єднаннях та наплавках високохромистих нержавіючих сталей.....	9
2 МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	11
2.1 Підготовка зразків для дослідження.....	11
2.2 Металографічні дослідження	11
2.3 Вимірювання мікротвердості.....	12
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНЬОГО ПІДГРІВАННЯ ТА КІЛЬКОСТІ НАПЛАВЛЕНИХ ШАРІВ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ЗТВ У СТАЛІ 15Х11МФ.....	13
ВИСНОВКИ.....	20
ЛІТЕРАТУРА.....	21

ВСТУП

В процесі виготовлення та ремонту деталей машин і механізмів широко використовуються прогресивні технології зварювання і наплавлення, які можуть суттєво впливати на конструкційну міцність виробів. Під дією термічного циклу зварювання (наплавлення) в розташованих поблизу межі сплавлення областях металу виробів (особливо з легованих сталей, наприклад, 12%-хромистих) утворюється характерна зона термічного впливу (ЗТВ) з полярно протилежними властивостями. Так, на біляшовній ділянці, де температура нагрівання найбільша, відбувається загартування, в результаті якого метал отримує високі показники твердості і крихкості; на ділянці, де під дією температурного впливу мають місце процеси відпускання, метал знеміцнюється. Як правило, саме ці ділянки стають відповідальними за конструкційну міцність виробів після зварювання чи наплавлення.

Оскільки на термічний цикл наплавлення (зварювання) впливає, в першу чергу, технологія процесу обробки в даній роботі досліджувався ефект від спільної дії на структуру та властивості металу ЗТВ головних технологічних факторів процесу наплавлення: кількості наплавлених шарів та температури попереднього підігрівання виробу на прикладі наплавки з нержавіючої сталі 15Х11МФ, яка широко використовується в турбобудуванні.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Структура та властивості високохромистих сталей

Хромисті сталі є матеріалами широкого використання у машинобудуванні і знаходять застосування у виготовленні різного роду техніки, яка працює в умовах високого тиску та температур, в умовах впливу агресивних середовищ.

Легування хромом не тільки забезпечує корозійну стійкість сталей в окислювальних середовищах, а й визначає їх структуру, механічні властивості, жароміцність, технологічні властивості. Утворюючи з залізом безперервний ряд твердих розчинів при концентраціях до 12 %, хром потім сприяє замиканню γ -області, що є основною причиною формування у хромистих сталях різної структури і різноманіття їх властивостей.

Відповідно до діаграми Fe - Cr (рисунок 1.1) γ -область обмежена праворуч двома лініями, що замикають гетерогенну ділянку α (δ) + γ . Хром суттєво впливає на стан критичних точок, які відзначають $\alpha \rightarrow \gamma$ -перетворення. Напочатку збільшення вмісту хрому призводить до зниження точки A_3 . При концентраціях до 8 % хром відноситься до елементів, що сприяє стійкості аустеніту і розширенню його температурної області. Великі концентрації хрому підвищують точку A_3 . Також у сплавах з $\alpha \rightarrow \gamma$ -перетворенням легування хромом значно знижує критичну швидкість охолодження. В результаті цього при низькому вмісті вуглецю у хромистих сталях можливе формування однофазної мартенситної структури. Наочним прикладом цього є формування мартенситу в структурі сталі X9M під час охолодження від 800 °C навіть з вельми низькою швидкістю (~ 1 °C / c) [1].

У безвуглецевих сплавах γ -область замикається при 11...12% Cr. Але при більш високому вмісті хрому аустеніт зустрічається тільки в сплавах з високим вмістом вуглецю (рисунок 1.2). За утримання 12 % Cr у низьковуглецевих сталей після охолодження поряд з мартенситом в структурі виявляється деяка кількість феритної складової, а під час > 12 % Cr усі безвуглецеві сплави є феритними.

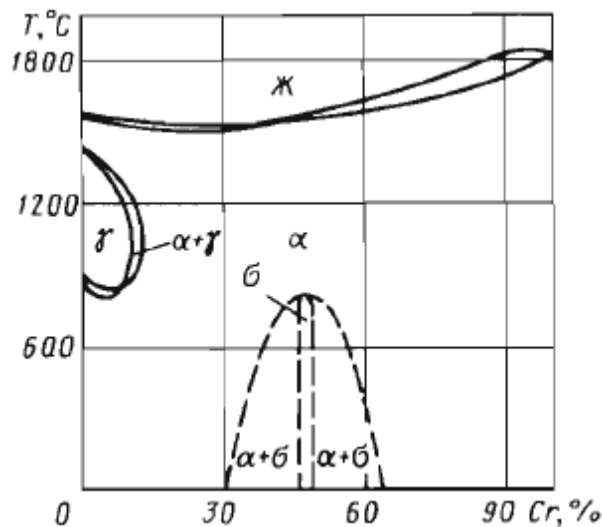


Рисунок 1.1 – Діаграма стану сплавів Fe - Cr.

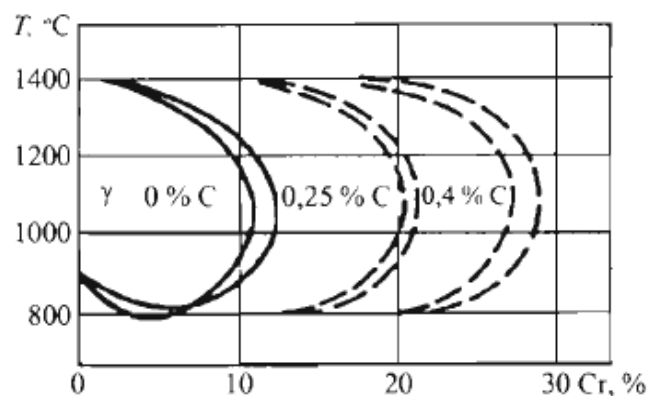


Рисунок 1.2 – Вплив вуглецю на замикання γ -області у сплавах Fe - Cr

Хром ефективно підвищує корозійну стійкість сталей при концентраціях $> 12\%$. Тому менш легovanі хромисті сталі застосовують загалом як

конструкційний матеріал для високонавантаженого енергетичного і нафтохімічного обладнання. З сталей з $\geq 13\%$ Cr виготовляють обладнання для роботи в агресивних рідких і газових середовищах (морській воді, кислотах, продуктах згоряння палива і т. п.). Маючи високу корозійну стійкість, високолеговані хромисті сталі феритного класу не придатні для обладнання, що працює в умовах високотемпературної повзучості. Це пов'язано з низькою жароміцністю, обумовленої феритною структурою високохромистих сталей.

В залежності від співвідношення легуючих елементів та структури, отриманої після високотемпературного нагрівання і подальшого охолодження на повітрі, сталі умовно поділяються на наступні класи [2, 3]:

феритний – має структуру фериту (08X17T, 15X25T, 15X28);

мартенситний – має структуру мартенситу (08X13, 15X11МФ, 18X11МНФБ);

аустенітний – має структуру аустеніту (08X18Н10, 45X14Н14В2М);

аустенітно-феритний – має структуру аустеніту та фериту з широким діапазоном зміни співвідношення структурних складових (08X22Н6Т, 09X17Н7Ю);

мартенситно-феритний – містить у структурі, крім мартенситу, не менш 10 % фериту (15X6С10);

б) аустенітно-мартенситний – має структуру аустеніту і мартенситу, кількість яких змінюється в широких межах.

Хромисті нержавіючі сталі застосовують трьох типів: з 13, 17 і 27 % хрому, при цьому сталі з 13 % Cr, в залежності від вимог, мають різний зміст вуглецю (від 0,04 до 0,45%).

Сталі з 17 ÷ 18 % і 25 ÷ 28 % хрому мають іноді невеликі добавки титану та нікелю. Титан вводять для подрібнення зерна, а нікель для поліпшення механічних властивостей.

1.2 Зварювання, наплавлення, зона термічного впливу

Зварювання – це процес отримання нероз'ємних з'єднань за допомогою встановлення міжатомних зв'язків між частинами, що зварюються, під час їх місцевого або загального нагріву, пластичної деформації або спільної дії того та іншого [4].

Нероз'ємне з'єднання, виконане за допомогою зварювання, називають зварним з'єднанням. Найчастіше за допомогою зварювання з'єднують деталі з металів. Однак, зварювання застосовують і для неметалів - пластмас, кераміки або їх поєднання [4-6].

При зварюванні використовуються різні джерела енергії: електрична дуга, електричний струм, газове полум'я, лазерне випромінювання, електронний промінь, тертя, ультразвук. Розвиток технологій дозволяє в даний час проводити зварювання не тільки в умовах промислових підприємств, але в польових і монтажних умовах (степ, поле, відкрите море і т. п.), під водою і навіть у космосі. Процес зварювання пов'язаний з небезпекою загорянь; уражень електричним струмом; отруєнь шкідливими газами; поразок очей і інших частин тіла тепловим, ультрафіолетовим, інфрачервоним випромінюванням і бризками розплавленого металу.

Наплавлення – це нанесення шару металу або сплаву на поверхню виробу за допомогою зварювання плавленням [4, 6].

Відновлювальне наплавлення застосовується для отримання початкових розмірів зношених або пошкоджених деталей. В цьому випадку наплавлений метал близький за складом і механічними властивостями до основного металу.

Наплавлення функціональних покриттів служить для отримання на поверхні виробів шару з необхідними властивостями. Основний метал забезпечує необхідну конструкційну міцність. Шар наплавленого металу надає особливі задані властивості: зносостійкість, жаростійкість, жароміцність, корозійну стійкість і т. п.

Найважливіші вимоги, що пред'являються до наплавлення, полягають в наступному:

- мінімальне проплавлення основного металу;
- мінімальне перемішування наплавленого шару з основним металом;
- мінімальне значення залишкових напружень і деформацій металу в зоні наплавлення;
- зниження до прийнятних значень припусків на подальшу обробку деталей [4, 7, 8].

На сьогоднішній день відомо багато різноманітних методів та методик наплавлення: автоматичне під флюсом, ручне дугове, автоматичне у захисних газах, вібродугове, електрошлакове, плазмове та інші

В процесі зварювання чи наплавлення під дією температури в металі виробу, який обробляється, утворюється зона термічного впливу.

Зона термічного впливу (далі ЗТВ) — частина основного металу прилегла до зварювального шву, яка не розплавлялась, але її структура і властивості змінюються під впливом нагрівання при зварюванні або напавленні [9].

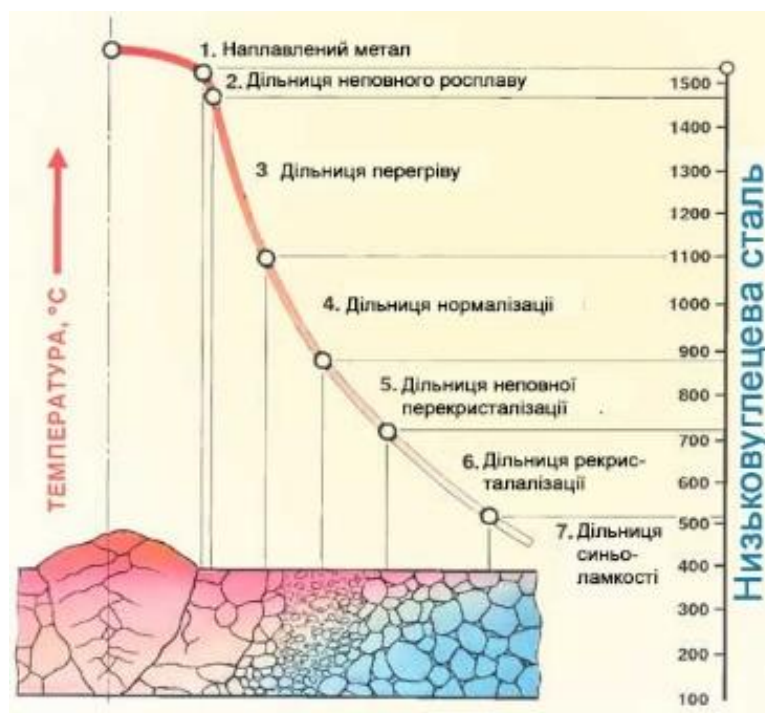


Рисунок 1.3 – Структура ділянок зони термічного впливу в зварних з'єднаннях та наплавках.

За ступенем впливу високих температур на метал зона термічного впливу поділяється на ділянки: ділянка неповного розплавлення, ділянка перегріву, ділянка нормалізації, ділянка неповної кристалізації, ділянка рекристалізації та ділянка синьоламкості (рисунк 1.3).

Ділянка неповного розплавлення є перехідною від металу шва до основного металу. Ця ділянка нагрівається вище температури плавлення і знаходиться в твердо-рідкому стані. У цій області відбувається сплавлення кристалів металу шва з основним металом, тому від властивостей цієї ділянки залежить якість зварного з'єднання. Для сполук, виконаних дуговим зварюванням, ця зона складає 0,1-0,5 мм [9].

Ділянка перегріву є зоною значно перегрітого основного металу (1100-1500°C) крупнозернистою структурою. Для цієї ділянки характерно зниження фізичних властивостей пластичності і ударної в'язкості. У з'єднаннях з підвищеним вмістом вуглецю в цій зоні можуть утворюватися гартівні структури. Розмір ділянки може досягати 3-4 мм. Щоб зменшити цей розмір, слід збільшити швидкість зварювання або виконувати з'єднання за кілька проходів.

Ділянка нормалізації є нагрітим від 930 до 1100°C основним металом. Знаходиться метал нагрітий до такої температури недовго і в процесі перекристалізації формує дрібнозернисту структуру металу. Механічні властивості ділянки підвищуються в порівнянні зі станом до зварювання. Довжина ділянки від 0,2 до 4-5 мм [9].

Ділянка неповної перекристалізації є областю нагрітій до 720-850°C. Для цієї ділянки характерна неповна зміна структури металу. Навколо зерен фериту в даній ділянці знаходяться дрібні зерна фериту та перліту, що утворилися в процесі перекристалізації. У цій ділянці метал не пройшов повну рекристалізацію. Розмір ділянки від 0,1 до 0,5 мм в залежності від режимів і види зварювання.

Ділянка рекристалізації є область металу, нагрітого до 450-720°C. Цю ділянку можна спостерігати при зварюванні сталей, які піддавалися

пластичним деформаціям (при зварюванні прокату). На цій ділянці спостерігається відновлення зерен зруйнованих при деформації. Розмір ділянки від 0,1 до 1,5 мм.

Остання ділянка синьоламкості лежить в проміжку температур від 200 до 450°C. На ділянці можна побачити сині кольори мінливості. На цій ділянці не проходить структурних змін, але для нього властиво зниження здатності до пластичних деформацій.

1.3 Структура та властивості зони термічного впливу в зварних з'єднаннях та наплавках високохромистих нержавіючих сталей

Зварювання високолегованих сталей мартенситного класу, наприклад сталі 15X11МФ, має свої особливості. Сталі мартенситного класу в умовах зварювального термічного циклу на ділянках зони термічного впливу (а також й в металі шву, якщо він подібний за складом до металу що зварюється) загартовуються на мартенсит. Висока твердість та низька деформаційна властивість металу з мартенситною структурою, у результаті деформацій, що супроводжують зварювання, а також тривалу дію високих залишкових та структурних напружень, що завжди є у зварювальних з'єднаннях у вихідному стані після зварювання, призводять до можливості виникнення холодних тріщин [6, 10].

У зоні термічного впливу крупнозернистий метал швів більш схильний до утворення тріщин, ніж дрібнозернистий. Тому модифікування металу швів, яке попереджає зростання зерна (наприклад, титаном) та застосування більш жорстких режимів (з меншою погонною енергією) є заходами, що зменшують ймовірність утворення тріщин.

Підвищення жорсткості виробів, що зварюються, збільшує ймовірність утворення тріщин. При цьому спостерігається така тенденція: чим менш деформаційна здатність загартованого металу (вище зміст вуглецю), тим вище вірогідність появи тріщин. Так, зварювання у вуглекислому газі без

попереднього підігріву в виробах невеликий жорсткості не викликає тріщин при товщині сталей 08X13 до 18 мм, 12X13 до 10-12 мм і 20X13 до 8-10 мм.

Радикальною мірою запобігання тріщин є застосування попереднього і супутнього зварюванню підігріву. Зазвичай для хромистих сталей мартенситного та мартенситно-феритних класів рекомендується загальний (іноді місцевий) підігрів до температури 200-450°C. Температуру підігріву підвищують зі збільшенням схильності до загартування (частіше за все, зі збільшенням концентрації вуглецю в сталі) та жорсткості виробу. Однак можливо й не нагрівати метал до температур, що викликають підвищення крихкості, наприклад у зв'язку з синьоламкістю, та обмежувати температуру супутнього зварюванню підігріву.

Так, для сталі 08X13 такою температурою виявляється 100- 120°C. Відповідно можуть бути обмежені і температури підігріву для інших сталей, наприклад 12X13, 20X13. Верхню межу супутнього підігріву слід обмежувати переходом сталі до відпускнуї крихкості або синьоламкості, тобто температурою для різних сталей в інтервалі 200-250°C. При будь-якому вигляді супутнього підігріву надзвичайно небезпечні різкі охолодження вітром або протягами, так як при цьому вельми вірогідна поява тріщин.

Ні низький, ні досить високий підігрів не захищають від проходження розпаду по мартенситному механізму. Тому в стані після зварювання з характерним для цих умов швидким охолодженням зварні з'єднання мають високу твердість і досить низьку в'язкість. Сталь 08X13 при верхній межі по вуглецю і нижньому по хрому наближається до сталей мартенситно-феритного класу, але має все-таки більш низьку твердість і більш високе значення ударної в'язкості. Для сталей 20X13 і 12X13 ударна в'язкість в основному металі поблизу шва падає з 8-18 до 1-3 кгс*м/см² відповідно [6].

2 МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Підготовка зразків для дослідження.

Для проведення науково-дослідницької роботи використовувались зразки із сталі 15X11МФ в стані після гартування і високого відпускання при температурі нагрівання 660 °С. Саме за такими режимами термообробляються заготовки із даної сталі для робочих лопаток парових турбін і цілий ряд інших деталей в паротурбобудуванні. Хімічний склад сталі 15X11МФ представлений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 15X11МФ

Al	C	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	P	S	Si	V	W
-	0,12-0,19	10,0-11,5	≤0,30	≤0,70	0,60-0,80	≤0,60	≤0,030	≤0,025	≤0,50	0,25-0,40	-

Використовувалися дві партії зразків розміром 100x25x15 мм, одна з яких наплавлялась без попереднього підігрівання, інша - після попереднього підігрівання до температури 400 °С. Наплавлення проводилося електродуговим методом в середовищі захисного газу аргону з використанням наплавочної проволоки із сталі 20X13. Наплавлялися бокові грані зразків шириною 15 мм, кількість наплавлених шарів варіювалася від 1 до 5.

Безпосередньо для дослідження вирізали зразки із центральної частини наплавки подалі від бокових граней.

2.2 Металографічні дослідження.

Вивчення структури в зоні наплавлення проводилося за стандартною методикою на поперечних макро- та мікрошліфах після механічної вирізки зразків, їх шліфування, полірування та електролітичного травлення у 20% розчині щавелевої кислоти при збільшенні від 2 до 450 разів.

2.3 Вимірювання мікротвердості.

Твердість - це властивість матеріалу чинити опір упругій та пластичній деформації при впровадженні в поверхню матеріалу іншого, більш твердого тіла – індентора. При дослідженні поверхневих шарів, тонких покриттів та окремих структурних складових, вимірюють мікротвердість.

Мікротвердість визначають шляхом вдавлення в зразок (виріб) алмазного індентора під дією статичного навантаження протягом певного часу витримки. Число мікротвердості визначають розподілом прикладеного навантаження в Н або кгс на умовну площу бічної поверхні отриманого відбитка в мм^2 .

Прилад для вимірювання мікротвердості складається з механізму для вдавлення алмазної піраміди і металографічного мікроскопа.

В наших дослідженнях властивості і розміри зони термічного впливу в зразках із сталі 15X11МФ визначалися шляхом построківих замірів мікротвердості на поперечних макрошліфах за допомогою пристрою ПМТ-3 при навантаженні 2Н та кроку виміру 0,2 мм. Така методика дозволяє визначити твердість по перетину наплавки – від наплавленого шару до основного металу поза зоною термічного впливу – з урахуванням всіх можливих змін властивостей різних ділянок ЗТВ. При цьому для характеристики виявленого в ЗТВ знеміцнення використовувалися наступні критерії: мінімальна твердість на ділянці знеміцнення, її протяжність (ширина) на рівні твердості основного металу і ступінь знеміцнення (відношення зменшення твердості металу в зоні знеміцнення до твердості основного металу сталі 15X11МФ поза ЗТВ).

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНЬОГО ПІДІГРІВАННЯ ТА КІЛЬКОСТІ НАПЛАВЛЕНИХ ШАРІВ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ЗТВ У СТАЛІ 15X11МФ

Оскільки на термічний цикл наплавлення значний вплив надає, перш за все технологія наплавлення, зміна та регулювання окремих параметрів якої в умовах наплавлення зношених деталей машин практично неминуче, уявлялося доцільним провести комплексні дослідження з визначення ефекту сумісного впливу на структуру та властивості ЗТВ основних технологічних факторів процесу наплавлення (попереднього підігрівання та кількості наплавлених шарів(кількість проходів при наплавленні)).

Отримані результати досліджень свідчать, перш за все, про те, що після одношарового наплавлення (як з попереднім підігріванням так і без нього) розподіл твердості і структури по глибині зони термічного впливу в сталі 15X11МФ має досить неоднорідний характер (рисунок 3.1 та 3.2). На рисунку 3.1 червоним кольором означено різні зони мікротвердості для наплавки без попереднього підігрівання та синім – зони мікротвердості для наплавки з попереднім підігріванням.

Як видно з рисунку 3.1 найбільш висока твердість спостерігається на ділянці I. Рівень мікротвердості по глибині даної ділянки є незмінним і знаходиться на відмітці 380Н при відсутності попереднього підігрівання та на рівні 375Н за наявності попереднього підігрівання. Ширина ділянки I складає 3,8 мм та 2 мм відповідно.

На ділянці II спостерігається досить стрімке зниження мікротвердості (див. рис. 3.1). Ширина даної ділянки приблизно 2 мм без використання попереднього підігрівання та 3,9 мм в разі здійснення попереднього підігрівання.

Криві мікротвердості, приведені на рисунку 3.1, свідчать про те, що на ділянці III мікротвердість знижується до значень менших твердості основного металу, утворюючи таким чином знеміцнену зону. Розміри даної ділянки, визначені на рівні твердості основного металу, складають 3 мм на зразках без

попереднього підігрівання і 4 мм – за умов наплавлення зразків з попереднім підігріванням.

На ділянці IV спостерігається мікротвердість на рівні 265–270Н, що відповідає мікротвердості основного металу поза ЗТВ.

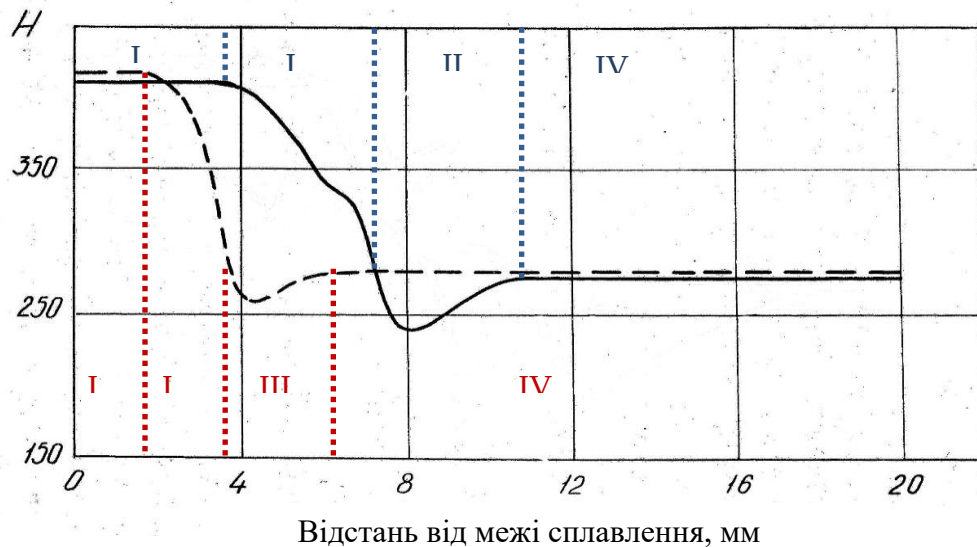


Рисунок 3.1 – Ділянки зміни мікротвердості у ЗТВ сталі 15Х11МФ після одношарового наплавлення. Суцільна лінія – з попереднім підігріванням, штрихова – без попереднього підігрівання.

Спільний аналіз отриманих результатів та даних літератури дозволяє зробити допущення стосовно природи виникнення різних ділянок ЗТВ. Так ділянка I – це та область ЗТВ, яка в процесу наплавлення нагрівається до температур вищих за A_{c3} і де при наступному охолодженні протікають процеси гартування з утворенням структури мартенситу з високою твердістю.

На ділянці II, яка під час наплавлення нагрівається до температур міжкритичного інтервалу A_{c3} – A_{c1} має місце часткове гартування з утворенням мартенситно-феритної структур, яка обумовлює зменшення твердості.

Ділянка III при наплавленні нагрівається до температури нижче A_{c1} , що спричиняє розвиток в ній процесів додаткового відпуску зі створенням грубої феритно-карбідної структури і сприяє падінню твердості до рівня нижче рівня твердості основного металу поза ЗТВ.

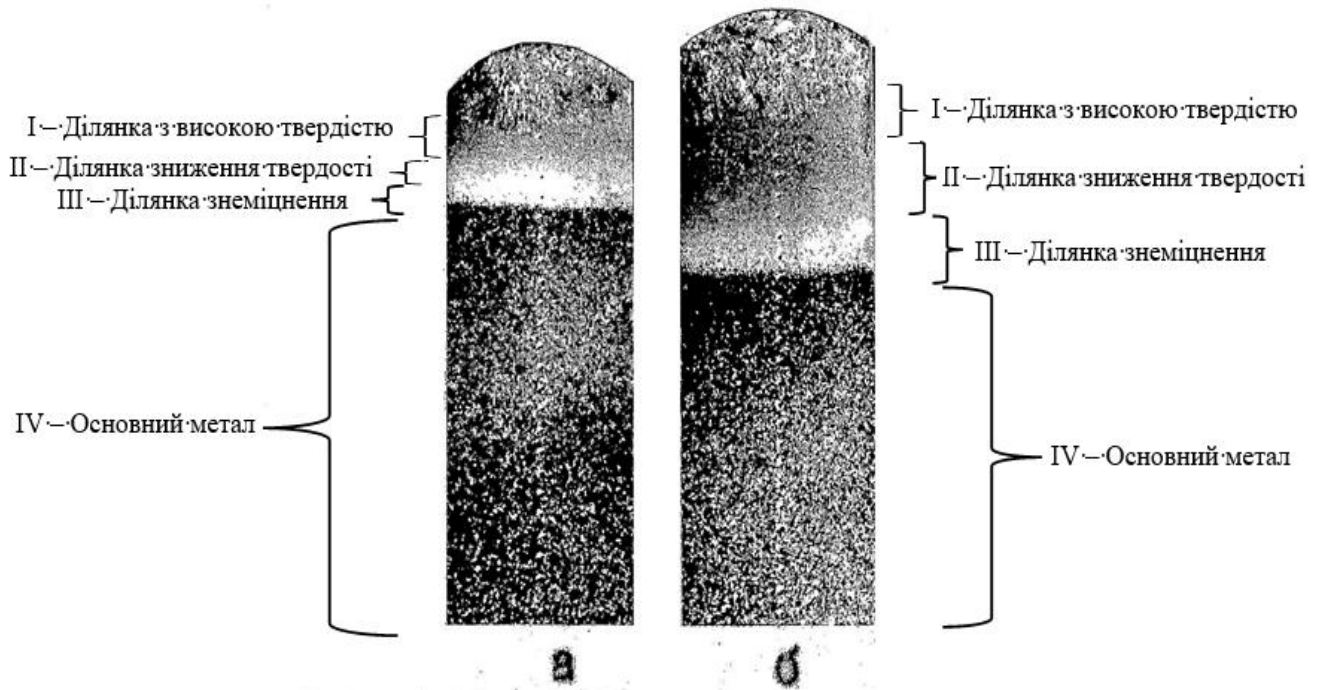


Рисунок 3.2 – Порівняння макроструктури зразків із сталі 15X11МФ після одношарового наплавлення: а – без попереднього підігрівання, б – з попереднім підігріванням. (x2)

Звертає увагу той факт, що в умовах наплавлення з використанням попереднього підігрівання збільшуються розміри всіх ділянок ЗТВ, а також додатково знижується твердість металу на ділянці знеміцнення (див. рис. 3.1 та 3.2)

Багатошарове наплавлення сталі 15X11МФ викликає помітне збільшення розмірів всіх характерних ділянок зони термічного впливу і як наслідок, розміри ЗТВ в цілому, та суттєво посилює знеміцнення, збільшуючи протяжність знеміцненої ділянки та глибину провала твердості в ній.. (рисунки 3.3, 3.4 та таблиця 3.1)

Так, збільшення кількості наплавлених шарів від 1 до 5 викликає збільшення розмірів ЗТВ в 2,4 рази для умов, коли наплавлення проводилося без попереднього підігрівання і в 1,6 разів при наплавленні з попереднім підігріванням. При цьому мікротвердість в зоні знеміцнення знижується приблизно на 45Н як після наплавлення без попереднього підігрівання, так і після наплавлення з попереднім підігріванням (див. табл. 3.1)

Таблиця 3.1 – Вплив кількості наплавлених шарів та попереднього підігрівання на властивості зони термічного впливу у сталі 15X11МФ

Кількість шарів	Ширина ЗТВ, мм	Відстань зони знеміцнення від межі сплавлення, мм	Мінімальна мікротвердість в зоні знеміцнення, Н
з попереднім підігріванням			
1	10,3	7,6	238
2	12,8	9,6	230
5	16,8	10,8	195
без попереднього підігрівання			
1	5,6	3,6	256
2	10,2	7,2	240
5	13,6	9,0	210

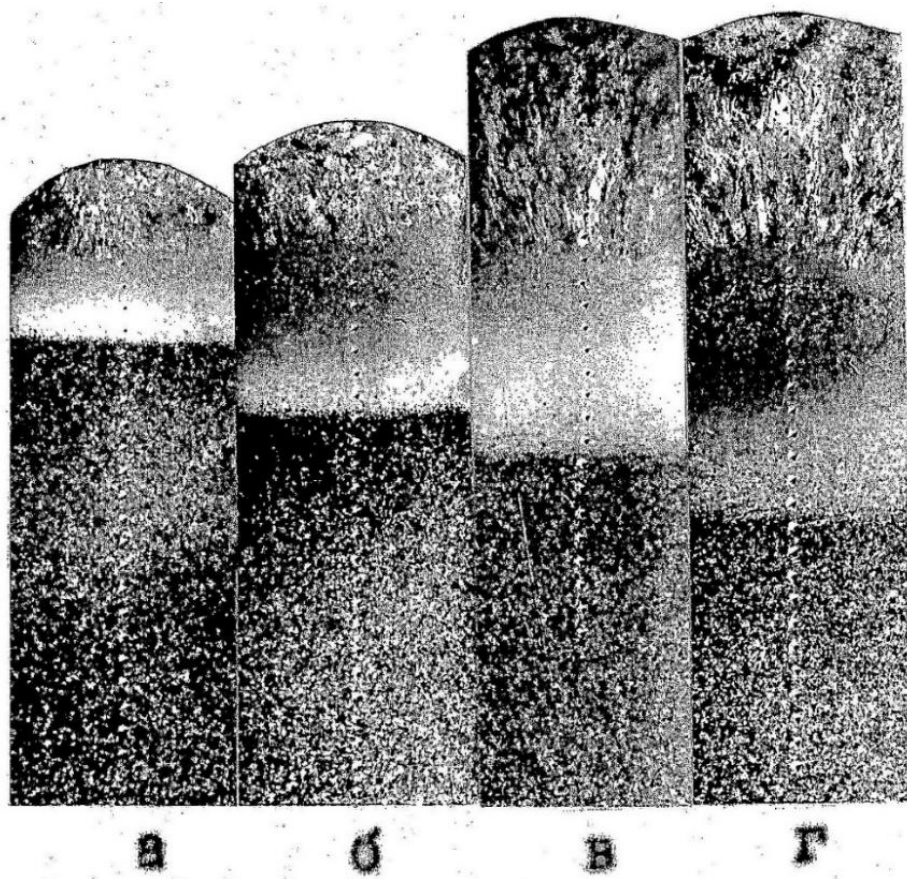


Рисунок 3.3 – Макроструктура зразків із сталі 15X11МФ після наплавлення:

а – одношарове без попереднього підігрівання, б – одношарове з підігріванням, в – багатошарове без попереднього підігрівання, г – багатошарове з підігріванням. (х3)

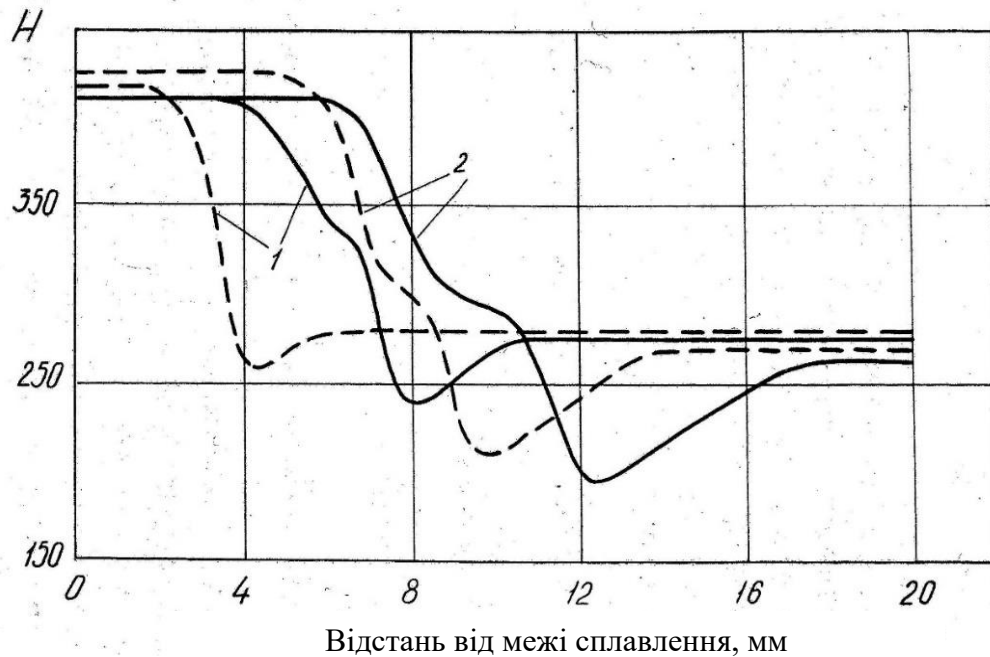


Рисунок 3.4 – Зміна мікротвердості у зоні термічного впливу сталі 15X11МФ після одношарового (1) та багат шарового (2) наплавлення.

Суцільні лінії – з попереднім підігріванням, штрихові лінії – без попереднього підігрівання.

Особливо негативно багат шарове наплавлення в поєднанні з попереднім підігріванням впливає на властивості ділянок знеміцнення (рисунки 3.5 та 3.6). Як видно з рисунку 3.5 при збільшенні кількості наплавлених шарів від 1 до 5 розміри ділянок знеміцнення збільшуються від 2 мм до 4,6 мм в умовах наплавлення без попереднього підігрівання і з 2,7 мм до 6 мм для наплавки з попереднім підігріванням, тобто, в обох випадках ширина ділянок знеміцнення зростає більш ніж в 2 рази. Негативний вплив багат шарового наплавлення особливо чітко виявляється у випадку використання попереднього підігрівання, коли, як видно з рисунку 3.5, розмір ділянки знеміцнення зростає на 1,4 мм, тоді як при одношаровому напавленні – на 0,7 мм.

Ще більший вплив технологічні фактори наплавлення мають на ступінь знеміцнення в ЗТВ сталі 15X11МФ. Дані діаграми, приведеної на рисунку 3.6 свідчать, що збільшення кількості наплавлених шарів від 1 до 5 викликає зростання ступеню знеміцнення майже в 3 рази при напавленні без

попереднього підігрівання і майже в 2,5 рази в умовах наплавки з попереднім підігріванням.

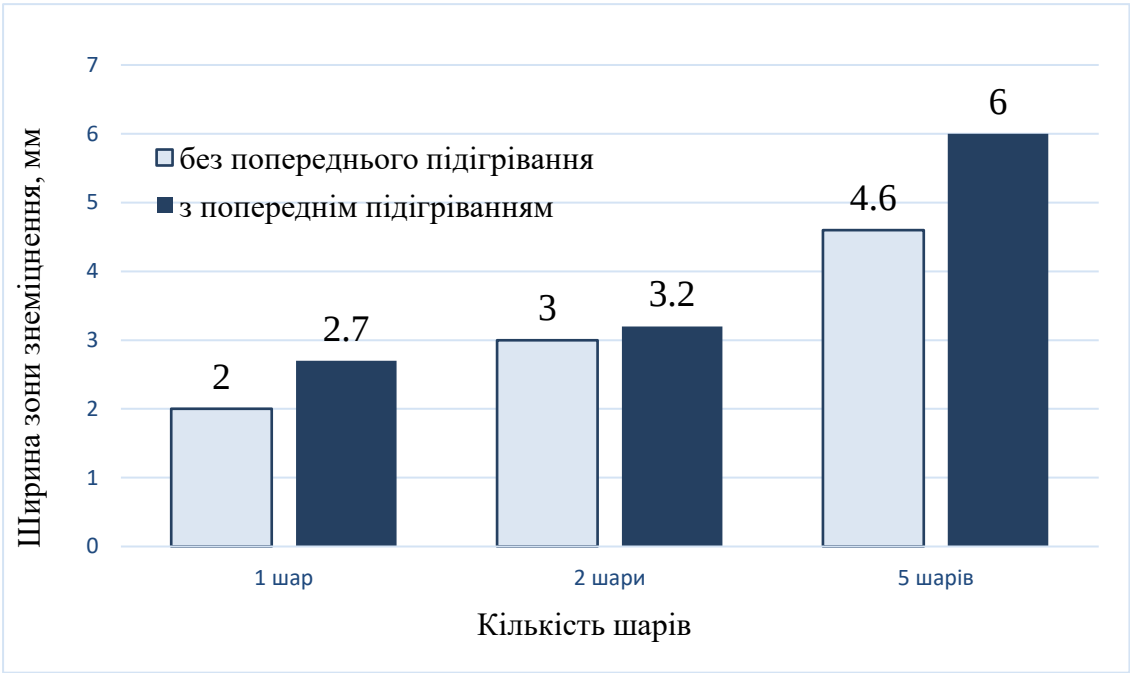


Рисунок 3.5 – Вплив кількості наплавлених шарів та попереднього підігрівання на ширину зони знеміцнення в сталі 15X11МФ

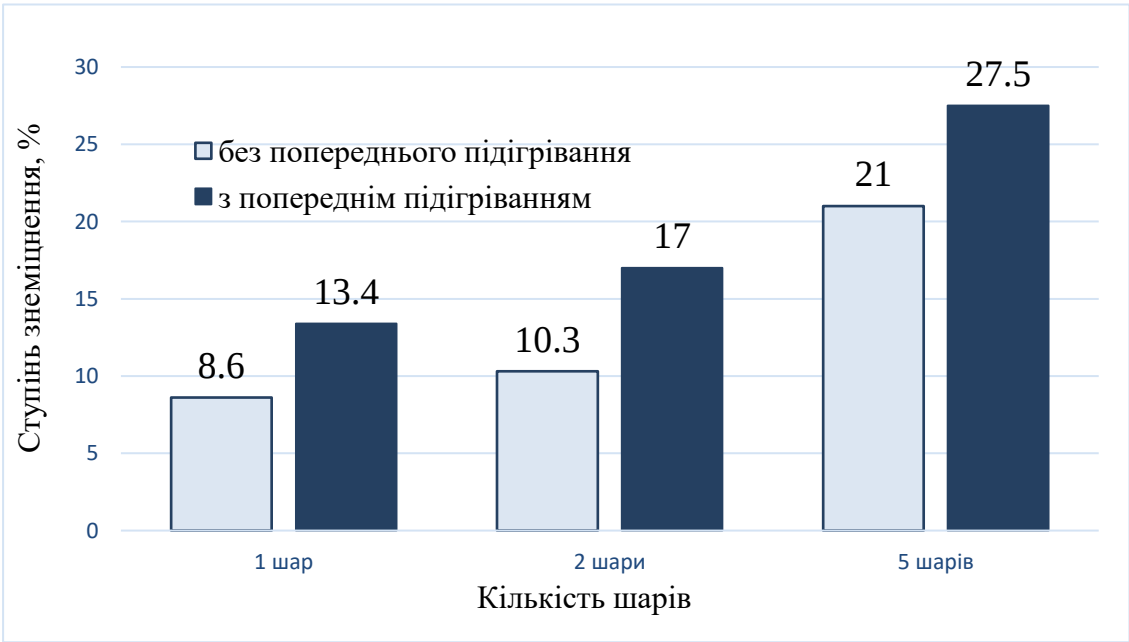


Рисунок 3.6 – Вплив кількості наплавлених шарів та попереднього підігрівання на ступінь знеміцнення в сталі 15X11МФ

Видно також, що у всіх випадках використання попереднього підігрівання також викликає суттєве зростання ступеню знеміцнення в ЗТВ.

Отримані результати щодо впливу на стан ЗТВ різних технологічних факторів можна пояснити тим, що багат шарове наплавлення та попереднє підігрівання, збільшуючи час перебування металу у зоні температур фазових і структурних перетворень, сприяють збільшенню ступеня їх інтенсифікації і, відповідно, обумовлюють зміну властивостей різних ділянок в зоні термічного впливу досліджуваної сталі.

Особливо цікавим з точки зору оптимізації технології наплавлення є питання, пов'язане з використанням і впливом попереднього підігрівання.

З одного боку, при наплавленні і зварюванні виробів із високолегованих сталей необхідно, як відомо, використовувати попереднє підігрівання з метою зменшення температурного градієнту в зоні зварювання (наплавлення) і, як наслідок, зменшення небезпеки виникнення тріщин при наступному охолодженні.

З іншого боку, про що свідчать результати нашого дослідження, попереднє підігрівання однозначно негативно впливає на розміри зони термічного впливу та ступінь її знеміцнення, збільшуючи ці показники. Тому, на наш погляд при розробці технології наплавлення чи зварювання високолегованих сталей, перш за все, сталей мартенситного класу, необхідно виходити з того, наскільки великою є вірогідність впливу можливих змін в ЗТВ на конструкційну міцність даного виробу, тобто, на стадії проектування технологічного процесу обробки необхідно обов'язково враховувати умови експлуатації деталей машин і механізмів, при виготовленні або ремонті яких використовуються наплавлення чи зварювання.

ВИСНОВКИ

1 Використовуючи методи металографічного і дюрOMETричного аналізів досліджено вплив технологічних факторів на будову та властивості зони термічного впливу в наплавках із високохромистої сталі 15X11МФ.

2 Установлено, що багатошарове наплавлення і попереднє підігрівання спричиняють збільшення розмірів всіх характерних ділянок в ЗТВ сталі 15X11МФ, а також додатково знижують твердість в зоні знеміцнення.

3 Показано, що збільшення кількості наплавлених шарів від 1 до 5 викликає збільшення розмірів ЗТВ від 1,6 разів до 2,4 разів за умов, коли наплавлення проводилось з попереднім підігріванням та без попереднього підігрівання відповідно.

4 Виявлено, що збільшення кількості наплавлених шарів до 5 спричиняє збільшення розмірів ділянки знеміцнення в ЗТВ більш ніж в 2 рази незалежно від того, використовувалося попереднє підігрівання чи ні. При цьому ступінь знеміцнення зростає в 2,5-3 разів.

5 Природа негативного впливу багатошарового наплавлення та попереднього підігрівання полягає в інтенсифікації під дією вказаних чинників процесів фазових і структурних перетворень в зоні термічного впливу сталі, яка наплавляється, що призводить до збільшення її розміру та ступеню знеміцнення.

6 Отримані в роботі результати дозволять надати практичні рекомендації щодо певних змін в існуючих технологічних процесах наплавлення (зварювання) відповідальних виробів із високолегованих сталей з урахуванням умов їх експлуатації та конструктивних особливостей.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1 Александров В.М. А46 Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебное пособие. Часть 1. Материаловедение. Стандарт третьего поколения / В.М. Александров. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2015. – 327 с.

4. Ефименко Л. А. Металловедение и термическая обработка сварных соединений : учебное пособие / Л. А. Ефименко, А. К. Прыгаев, О. Ю. Елагина. – Москва: Логос, 2007. – 456 с.

5 Гольдштейн, М. И. Специальные стали : учебник для вузов / М. И. Гольдштейн, С. В. Грачев, Ю. Г. Векслер. – Москва: Металлургия, 1985. – 408 с.

6 Каракозов Э.С., Мустафаев Р.И. "Справочник молодого электросварщика". -М.: ВШ, 1992. – 302 с.

7. Гладков Э. А., Бродягин В. Н., Перковский Р. А. . Автоматизация сварочных процессов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 424 с

8. Акулов А. И., Бельчук Г. А., Демянцевич В. П. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. М.: «Машиностроение», 1977. – 432 с.

9. Хасуі А., Моріґакі О. Наплавлення та напильовання / Пер.с яп.В.Н. Попова. Під ред.В.С. Стьопіна, Н.Г. Шестерньова. М.: Машинобудування, 1985.-240с.

10 Акулов А. И. Технологія та устаткування зварювання плавленням і термічного різання: Підручник для вузів .- 2-е вид. / А. І. Акулов, В. П. Альохін, С. І. Єрмаков та ін / Під ред.А.І. Акулова .- М.: Машинобудування, 2003.-560с.

11. Рыбаков В.М. «Сварка и резка металлов» - Москва: Высшая школа, 1979. – 214 с.

12. Земзин В.Н., Шрон Р.З. Термическая обработка и свойства сварных соединений – Л.: "Машиностроение", 1978. – 367 с.