

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 5
«Визначення схильності колошовної зони загартування по
валиковій пробі» з дисципліни «Ремонт машин» для студентів
освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості
деталей і конструкцій» всіх форм навчання

2018

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 5 «Визначення схильності колошовної зони загартування по валиковій пробі» з дисципліни «Ремонт машин» для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» всіх форм навчання / Укл.: Ю.М. Савонов, О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. - 10 с.

Укладачі: Ю.М. Савонов, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, старш. викл.;

Рецензент: М.І. Андрущенко, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 11 від 04.06.2018

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 10 від 19.06.2018

1 МЕТА РОБОТИ

Встановлення зв'язку між режимами зварювання і структурою металу у зоні термічного впливу.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Середньо- та високовуглецеві сталі знайшли досить широке використання у суднобудівництві, машинобудуванні та багатьох інших галузях.

Підвищена кількість вуглецю значно ускладнює зварювання таких сталей, внаслідок низької стійкості металу шва до утворення кристалізаційних тріщин, утворення при зварюванні малопластичних загартованих структур, а також внаслідок необхідності забезпечення рівномірності металу шва з основним металом.

Загальним підходом до подолання цих труднощів є зниження кількості вуглецю у металі шва і здійснення зварювання з попереднім підігрівом до 250-300 °С. Після зварювання зварні з'єднання середньо- та високовуглецевих сталей, у залежності від висунутих вимог, можуть підпадати різноманітним видам термічної обробки: нормалізації, поліпшенню, відпустці.

Структура і властивості металу шва та навколошовної зони вуглецевих сталей визначається термічним циклом зварювання та зварювальними матеріалами.

Структура навколошовної зони на ділянці перегріву змінюється від мартенсито-бейнітної при погонній енергії 1255 кДж/м до бейнітно-феритної при погонній енергії 3350 кДж/м, а кількість доєвтектоїдного фериту зменшується зі збільшенням кількості вуглецю та зниженням погонної енергії.

Результати вивчення закономірностей розпаду переохолодженого аустеніту у процесі безперервного охолодження узагальнюють у вигляді зведених діаграм, побудованих у координатах температура перетворення-час. Ці діаграми отримали назву термодіаграм кінетики. Шляхом нанесення дійсних кривих

охолодження, вони дозволяють визначити приблизні температури, характер розвитку перетворення при дійсних режимах охолодження зварного з'єднання (рис. 2.1).

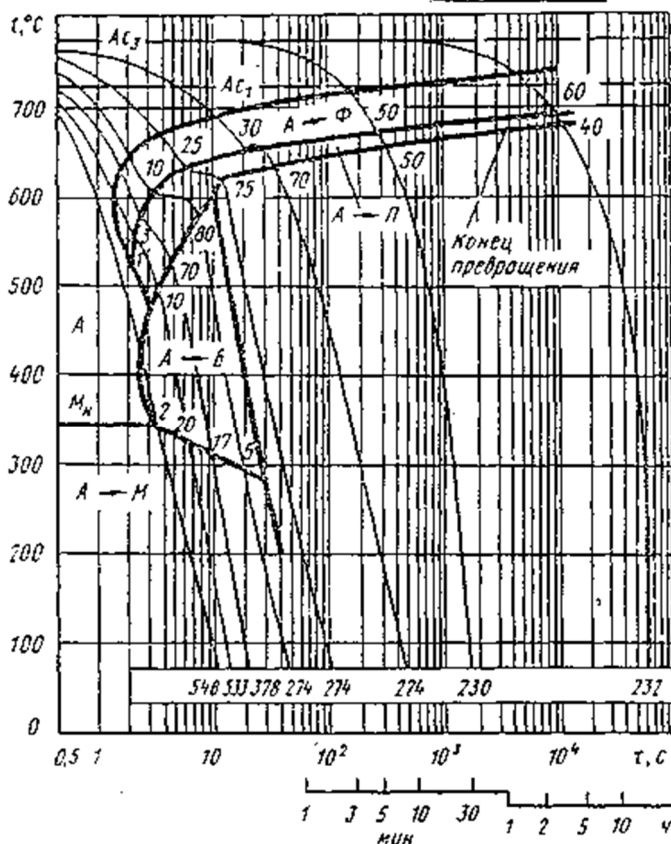


Рисунок 2.1 - Термокінетичні криві охолодження сталі 45

Найбільш істотні структурні перетворення у сталі (зростання розміру зерна і загартування) спостерігаються у навколошовній зоні. При цьому, зі збільшенням величини погонної енергії з 1200 кДж/м до 8800 кДж/м час перебування металу зони термічного впливу при температурі вище температури структурних перетворень збільшується з 6,2 с до 75 с, а ширина навколошовної зони збільшується з 3,0 мм до 7,5 мм.

Термічний цикл зварювання- один з головних критеріїв оцінки

впливу параметрів режиму на зміну структури в основному металі.

Швидкість охолодження в умовах зварювання є вирішальним фактором у формуванні остаточної структури і властивостей, особливо для металів, у котрих при нагріві і охолодженні спостерігаються багатоморфні перетворення.

$$\omega = \frac{2\pi\lambda c\gamma(T-T_0)^3(V\delta)^2}{q_{\text{и}}^2}, \quad (2.1)$$

де ω – швидкість охолодження в інтервалі температур $(T - T_0)$, °C/с;

λ – коефіцієнт теплопроводності (для сталей 0,1 кал/(см·с·°C));

V – швидкість зварювання, см/с;

$c \cdot \gamma$ – об'ємна теплоємність сталі (0,47 кал/(см³·град).

$q_{\text{и}}$ – ефективна теплова потужність процесу зварювання, кал/с;

$$q_{\text{и}} = 0,24 \cdot U \cdot I \cdot \eta, \quad (2.2)$$

де 0,24 – коефіцієнт переводу Дж в кал;

I – ток зварювання;

U – напруга на дузі;

η – ефективний к.к.д. способу зварювання (для АЗФ $\eta = 0,8 - 0,96$).

Ефективна потужність зварювального джерела теплоти (дуги, електронного світового випромінювання і т.д.) – це кількість теплоти введеної в метал в одиницю часу. Ефективна потужність визначається калориметричним методом.

Для визначення схильності сталі до загартування при зварюванні існує валикова проба МВТУ, яка зв'язує твердість зони термічного впливу зі швидкістю охолодження у субкритичному інтервалі температур. Вона також встановлює залежність ударної в'язкості, кута загибу та ряду інших властивостей ЗТВ від швидкості її охолодження.

Суть методу полягає в наплавленні валиків на суцільні і складові пластини досліджуваної сталі при різній погонній енергії (q/V), тобто при відповідній швидкості охолодження W_0 , і подальшому визначенні ударної в'язкості, критичної температури, крихкості, кута вигину, твердості, мікротвердості, мікроструктури та інших показників ЗТВ.

За допустимий приймається такий інтервал режимів

зварювання, в діапазоні якого властивості ЗТВ, що визначаються валиковою пробою, виявляються не нижче однойменних властивостей основного металу або властивостей, встановлених стандартами і технічними умовами, затвердженими в установленому порядку.

Режим зварювання при цьому виражається сукупністю параметрів зварювального процесу (струм, напруга, швидкість зварювання і ефективний к.к.д. теплової дії дуги) або погонною енергією зварювання для певної товщини, або швидкістю охолодження ЗТВ.

Режим зварювання, який не забезпечує отримання властивостей ЗТВ вище або на рівні властивостей основного металу або ж властивостей, встановлених стандартами і технічними умовами, проте дає найкращі властивості в порівнянні з іншими режимами, є умовно допустимими.

За критерій оцінки критичної температури крихкості приймається такий, який вказано у відповідних нормативних документах для основного металу. При відсутності такого критерію за критичну температуру крихкості слід приймати ту, при якій ударна в'язкість хоча б одного зразка дорівнює або менше 30 Дж / см^2 .

Пластина в кондукторі збирається так, щоб наплавлення валика проводилося на поверхню різа заготовок (рис. 2.2).

Довжина брусків, призначених для оцінки властивостей ділянки повної перекристалізації ЗТВ, приймається рівною 200-250 мм.

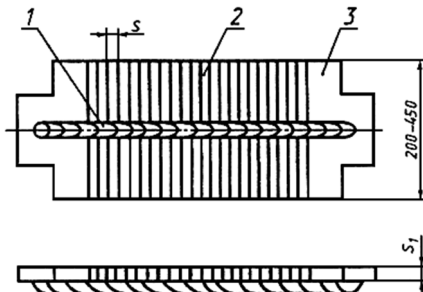
При визначенні властивостей ЗТВ за межами ділянки перекристалізації довжина брусків визначається з таким розрахунком, щоб максимальна температура на кінцях брусків не перевищувала 100°C .

Орієнтовно значення довжини брусків в цьому випадку можуть прийматися в залежності від швидкості охолодження ділянки повної перекристалізації ЗТВ W_0 в інтервалі найменшої стійкості аустеніту $500-600^\circ \text{C}$:

при $W_0 > 10 \text{ град/с}$ $L = 250 \text{ мм}$;

при $W_0 = 5-10 \text{ град/с}$ $L = 350 \text{ мм}$;

при $W_0 < 5 \text{ град/с}$ $L = 450 \text{ мм}$.



1 - валик; 2 - брусок; 3 - планка приставна

Рисунок 2.2

При оцінці придатності сталі даної марки для конкретних конструкцій (профільний прокат і ін.) Довжина брусків може встановлюватися менше зазначених вище значень в залежності від розміру елементів цієї конструкції.

3 ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Перед виконанням роботи слід ознайомитися з призначенням, марками та особливостями зварювання вуглецевих сталей, методами підготовки зразків для дослідження змін у ЗТВ та вимірювання твердості.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Яке призначення валикової проби?
2. Труднощі зварювання середньо- та високовуглецевих сталей.
3. Структурні перетворення у зоні термічного впливу вуглецевих сталей під дією термічного циклу зварювання.
4. Що таке термодіаграма?

5. Вплив зварювального нагріву на твердість зони термічного впливу.
6. Структура зони термічного впливу.
7. Що таке погонна енергія зварювання?
8. Теплова потужність зварювальних джерел тепла.
9. Холодні тріщини у зоні термічного впливу вуглецевих сталей.

5 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Зразки сталі 45 товщиною 10-12 мм.
2. Зварювальний дріт Св-08.
3. Зварювальний флюс АН-348 А.
4. Молоток, сталева щітка.
5. Твердомір ТК-2.
6. Зварювальний пост, обладнаний трактором АДФ-1004.

6 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Сумлінно виконувати усі вимоги техніки безпеки згідно з існуючою інструкцією у лабораторії зварювання плавленням.

7 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. На окремі зразки сталі 45 (табл. 7.1) наплавити валики на різних значеннях погонної енергії дуги (табл. 7.2).

Таблиця 7.1 - Хімічний склад та властивості сталі 45

Масова доля елементів, %					A ₁ , °C	A ₃ , °C	M _n , °C
C	Si	Mn	Cr	Cu			
0,44	0,22	0,66	0,15	0,03	735	780	350

2. У різних ділянках зони термічного впливу заміряти твердість.

Максимальне значення твердості у навколошовній зоні для кожного режиму наплавлення валиків зв'язати зі швидкістю охолодження, розрахованою по вищеприведеним формулам

Таблиця 7.2 - Параметри режимів наплавлення валиків

№	$I_{зв}, A$	$V_{зв}, м/год$	$U_{д}, В$	$q, кал/с$	$w, C/с$	$t, с$	НВ
1.	300	60	30				
2.	300	35	30				
3.	450	50	30				
4.	450	35	30				
5.	450	30	30				
6.	500	30	30				
7.	500	20	30				

3. Розрахувати час охолодження ділянки зони термічного впливу від критичної температури вище лінії $A_{с3}$ ($800^{\circ}C$) до кімнатної температури і нанести криві охолодження на термодинамічну діаграму для сталі 45.

4. На основі даних проби шляхом розрахунку вибрати режими зварювання, що забезпечують необхідну твердість зони термічного впливу.

5. На основі даних валикової проби виявити залежність твердості зони термічного впливу від погонної енергії дуги та швидкості охолодження.

6. Проаналізувати отримані результати.

8 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета і задачі роботи.
2. Теоретичні відомості.
3. Опис методики проведення експерименту.
4. Результати експерименту
5. Висновки.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Теория сварочных процессов / Под ред. В.В. Фролова. - М.: Высшая школа, 1988. - 559 с.
2. Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке. - М.: Машгиз. - 1951.- 530 с.