

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи № 5
«Поверхнєве плазмове зміцнення»
з дисципліни «Інженерія поверхні»
для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення
зносостійкості деталей і конструкцій» для всіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 5
«Поверхнєве плазмове зміцнення» з дисципліни «Інженерія поверхні»
для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення
зносостійкості деталей і конструкцій» для всіх форм навчання / Укл.:
С.П.Бережний. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 10 с.

Укладач:	С.П. Бережний, к.т.н., доцент.
Рецензент:	О.Г. Биковський, д.т.н. ,проф.
Відповідальний за випуск:	С.П. Бережний

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 10 від 18.05.2018 р.

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол № 10 від 19.06.2018

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчити техніку й технологію поверхневого плазмового зміцнення металів, дослідити вплив параметрів на стан обробленої поверхні.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Суть методу обробки плазмою

Суть методу обробки плазмою полягає у термічних фазових і структурних перетвореннях, які здійснюються плазмовим струменем (дугою) при швидкому концентрованому нагріванні робочої поверхні деталі та відведенні тепла в матеріал виробу.

Існує кілька варіантів плазмового зміцнення: 1) зміцнення без оплавлення і з оплавленням поверхні деталі; 2) зміцнення із зазором між зонами термічного впливу (ЗТВ), без перекривання ЗТВ і з перекриванням ЗТВ; 3) хіміко-термічна плазмова обробка; 4) зміцнення в поєднанні з іншими способами об'ємної або поверхневої термічної обробки.

Плазмове зміцнення без оплавлення поверхні є найбільш поширеним для сталевих виробів, оскільки забезпечує зберіання якості (шорсткості) поверхні. Процес використовується як кінцева операція. Значення твердості, розмірів і властивостей ЗТВ регулюються режимними параметрами процесу в широких межах.

Коли необхідні особливі експлуатаційні властивості, можливе зміцнення з оплавленням поверхні сталевих деталей, що забезпечує підвищену тріщиностійкість для сталей, які містять у собі менш як 0,35 % вуглецю, і дає змогу збільшити розміри ЗТВ на 10—40 %.

Із другої групи технологічних варіантів плазмового зміцнення найбільшого використання набула обробка без перекривання ЗТВ. Перевагою такої обробки є отримання зміцнених шарів із рівномірною твердістю на поверхні. Це забезпечує найбільш високу, порівняно з іншими варіантами обробки, стійкість до зношування. Під час обробки з перекриванням можливе суттєве підвищення тріщиностійкості при деякому зниженні стійкості до зношування. Це

зниження зносостійкості викликане зниженням мікротвердості зміцненої поверхні внаслідок повторного нагрівання, а підвищення тріщиностійкості пояснюється підвищеною пластичністю сталі зі структурою відпуску. Ще більшу пластичність мають незміцнені ділянки з вихідною структурою. У цьому розумінні більш ефективна обробка із зазором між зонами термічного впливу.

Хіміко-термічна обробка при плазмовому нагріванні визначається видом газу, який використовується як плазмоутворювальний. Використання інертного газу (наприклад, аргону) забезпечує отримання якісних зміцнених шарів без дефектів. При цьому не здійснюється насичення поверхні, яка зміцнюється якими-небудь елементами, а відбувається тільки термічне зміцнення. Можливе дифузійне насичення поверхні рідкого металу вуглецем із високоентальпійної плазми вуглекислотного газу.

Таким чином, досягається досить високий рівень твердості зміцненої зони: для сталі 45, наприклад, 650-720 HV, 65Г – 720-800 HV, сталі 3 - 200-220 HV. Можливе азотування (насичення азотом) при використанні суміші аргону з азотом. Внаслідок комплексного зміцнення утворюється азотний шар завтовшки в кілька десятих часток міліметра і мікротвердістю, наприклад для сталі 40, 9500—9800 МПа.

Найбільші можливості регулювання експлуатаційних властивостей реалізуються у випадку використання комплексного зміцнення, яке включає попередню або наступну об'ємну термічну обробку і плазмове зміцнення. Об'ємне загартування веде до різкого зниження тріщиностійкості всіх сталей порівняно з вихідним (нормалізованим) станом. Плазмове зміцнення після об'ємного загартування дає змогу значно підвищити тріщиностійкість на відміну від об'ємного загартування без зміцнення.

Мартенситна структура зміцненого шару при такій складній обробці порівняно з мартенситною структурою об'ємно-загартованої основи характеризується вищим ступенем дисперсності, а також вищою мікротвердістю. Крім того, ще однією причиною підвищення тріщиностійкості при плазмовому зміцненні після об'ємного загартування є наявність між загартованою ЗТВ і об'ємнозагартованою основою м'якої зони відпуску з високодисперсною трооститно-сорбітною структурою.

Для регулювання експлуатаційних властивостей деталей

(передусім твердості і тріщиностійкості) можливе використання плазмової обробки в комплексі з попереднім загартуванням струмами високої частоти. Зміцнені таким способом деталі мають композиційний робочий шар з високою стійкістю до зношування, тріщиностійкістю і відносно м'яку пластичну серцевину.

2.2 Механізм плазмового загартування та закономірності структурних перетворень

Основною фізичною характеристикою поверхневого зміцнення висококонцентрованим джерелом нагрівання є температурне поле. Ця характеристика дає змогу визначити температуру матеріалу в кожній точці зони термічного впливу в різні моменти часу, швидкості нагрівання й охолодження, тривалість перебування нагрітого металу ЗТВ у заданому інтервалі температур залежно від параметрів режиму обробки та теплофізичних характеристик матеріалу, який обробляється.

Основною характерною особливістю методів поверхневого зміцнення висококонцентрованими джерелами нагрівання є можливість отримання швидкостей нагрівання й охолодження, які на кілька порядків перевищують значення, що властиві традиційним методам зміцнення (пічного загартування, загартування струмами високої частоти (СВЧ), газополуменового загартування тощо).

Миттєва швидкість охолодження а відповідно структура і властивості зміцненої зони, визначаються насамперед ступенем локалізації введення тепла у виріб, який обробляється (у плямі нагрівання). Від ступеня локалізації залежать і такі важливі фактори, як залишкові напруження і деформації, необхідність використання додаткових охолодних середовищ, продуктивність обробки, техніко-економічні показники процесу.

У загальному випадку порядок величини швидкості охолодження (К/с) відповідає порядку величини концентрації теплової потужності (Вт/см²) джерела.

Принципово можна досягти температури нагрівання від початкової до температури плавлення, а швидкості охолодження — від 10^4 до 10^6 К/с. Розміри зміцненої зони та значення мікротвердості,

які досягаються в її межах, залежать від характеристик джерела нагрівання і швидкості його переміщення відносно поверхні, яка обробляється.

На рис. 2.1 показаний типовий характер розподілу мікротвердості у зоні термічного впливу плазмового струменя, а в табл. 2.1 - значення мікротвердості, розміри ЗТВ та її складових для ряду нормалізованих сталей. Розміри ЗТВ зумовлені особливостями фазових і структурних перетворень у сталях різного складу.

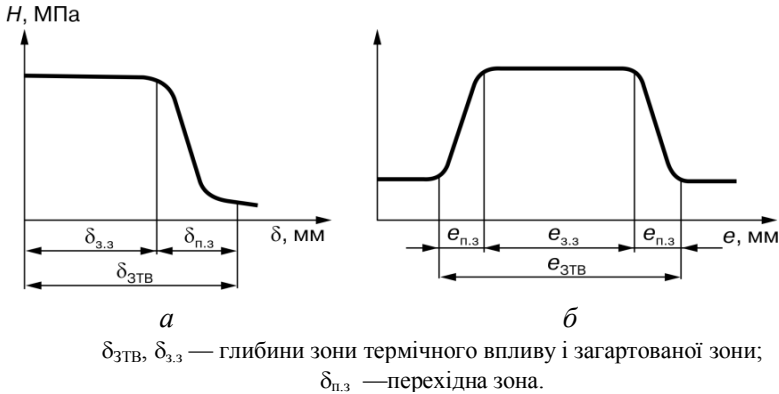


Рисунок 2.1 - Характер розподілу мікротвердості за глибиною (а) і шириною (б) ЗТВ плазмового струменя при обробці без оплавлення.

У доєвтектоїдних сталях 30ХГСА, 45, 50ХН і 65ХЗМФ, які мають більш високу критичну температуру повної аустенізації (точки $A_{с3}$ за діаграмою залізо-вуглець), глибина загартованої зони $\delta_{з.з}$ більша, ніж у евтектоїдних сталях М76 (рейкова 0,8 % С) та 9ХФ (табл. 2.1).

Глибина загартованої зони при плазмовому зміцненні вуглецевих сталей визначається вмістом у них вуглецю.

Зона термічного впливу плазмового струменя має форму сегмента (рис. 2.2). При обробці без оплавлення вона складається із загартованої зони, в якій відбулися мартенситні перетворення, і примежової (перехідної до вихідного матеріалу).

При обробці з оплавленням виникає додаткова поверхнева зона оплавлення (загартування із рідкого стану).

Важливою особливістю структур, які формуються при плазмовому зміцненні, є високий ступінь дисперсності мартенситу.

Таблиця 2.1 - Мікротвердість і розміри ЗТВ сталей без оплавлення

Сталь	Мікротвердість H , МПа		Ступінь зміцнення, $K_{зм}$	Розміри зміцненої зони, мм			
	вихідної структури	у зоні загартування		$\delta_{ЗТВ}$	$\delta_{3,3}$	$e_{ЗТВ}$	$e_{3,3}$
30ХГСА	1950—2100	7400—7700	3,5	3,9	3,3	13,5	12,5
45	1700—1800	8200—8400	4,7	4,0	3,6	14,0	13,2
50ХН	1900—2000	8400—8600	4,5	3,9	3,6	14,0	13,3
65ХЗМФ	1850—2000	8750—8850	4,7	3,7	3,4	13,7	13,1
М76	2300—2450	9950—10050	4,0	3,3	3,1	12,9	12,4
9ХФ	2600—2750	10500—10750	3,8	3,1	2,9	12,5	11,9
150ХНМ	3200—3600	9600—9750	3,1	3,5	2,8	11,5	10,6

Примітки. У таблиці прийняті позначення: $K_{зм}$ — відношення мікротвердостей загартованої зони і вихідної структури; $\delta_{ЗТВ}$, $\delta_{3,3}$ — глибини зони термічного впливу і загартованої зони; $\delta_{ПЗ}$ — відносна глибина перехідної зони, $e_{ЗТВ}$, $e_{3,3}$ — ширина тих самих зон.

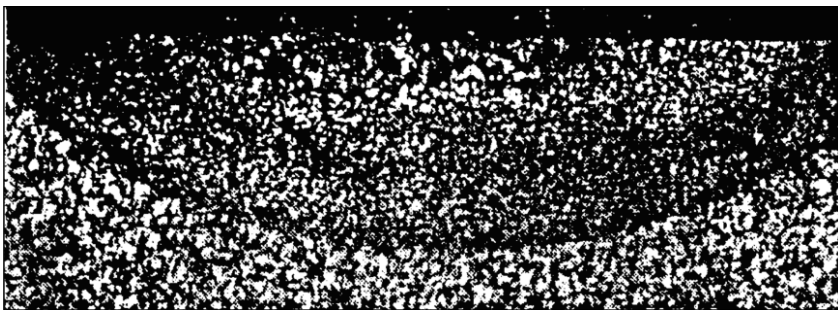


Рисунок 2.2 - Макроструктура ЗТВ плазмового струменя на сталі 45, $\times 8$

Теплофізичними особливостями плазмового впливу на матеріали (великі швидкості нагрівання й охолодження, час перебування матеріалу в інтервалі температур, які перевищують критичні значення) зумовлюються відмінності фазових та структурних перетворень і відповідно характер структур порівняно з традиційними способами загальної (пічної), поверхневої, термічної обробки (загартування СВЧ, газополуменева обробка тощо).

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Суть процесу поверхневого плазмового зміцнення металів.
2. Які основні технологічні варіанти плазмового зміцнення?
3. Які параметри режимів впливають на глибину поверхневого плазмового зміцнення металів?
4. Які основні закономірності структурних перетворень при плазмовому зміцненні?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Пластини із відпаленої сталі Ст. 45 товщиною 10-15 мм.
2. Розчин азотної кислоти 7 %.
3. Наждачний папір № 180, 220.
4. Лещата, обценьки. Струбцина.
5. Штангенциркуль.
6. Секундомір.
7. Міліметрова лінійка.
8. Ємкість для травлення зразків.
9. Твердомір ТК-14-250.
10. Апарат А 1612 УХЛ4 для повітряно-плазмового різання металів Київ-4.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Роботи з поверхневого плазмового зміцнення металів виконують на спеціально обладнаному робочому місці при ввімкненій місцевій витяжній вентиляції.
2. Корпус машини і робочий стіл мають бути заземлені.

3. Роботи виконують тільки в захисних окулярах і захисному спецодязі.

4. У процесі виконання роботи поблизу робочого місця не повинно бути легкозаймистих предметів.

5. Умикати й вимикати обладнання слід суворо згідно з інструкцією. Усі досліди провадити під наглядом майстра або лаборанта.

6. Ставити та поправляти пластини-зразки тільки в брезентових рукавицях. Гарячі зразки брати тільки плоскогубцями.

7. Після закінчення роботи вимкнути обладнання.

8. При роботі з розчином кислоти використовувати захисні окуляри, захисний одяг та гумові рукавички. Роботи проводити при ввімкненій місцевій витяжній вентиляції.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Налаштувати плазмову установку на струм 400 А.

2. Налаштувати швидкість переміщення плазмотрону 18 м /год.

3. Скласти зразки на зварювальному столі і стягнути їх струбциною. Виконати поверхнєве плазмове зміцнення зразків.

4. Повторити експеримент на інших зразках із швидкістю переміщення плазмотрону 22 та 27 м/год.

5. Після охолодження розібрати зразки.

6. Зачистити наждачним папером торцеві поверхні зразків.

7. Протравити, промити та висушити оброблені поверхні.

8. Візуально визначити ділянки термічного впливу та її розміри.

9. Виміряти твердість на зовнішній та торцевій поверхні зразків.

10. Нарисувати схему розподілу твердості по поверхні та перетину зразків.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Тема та мета роботи.
2. Короткі теоретичні данні
3. Стислий опис проведених дослідів з фіксацією параметрів процесів.
4. Характер стан зовнішньої поверхні одержаних розрізів.
5. Схема розподілу твердості по поверхні та перетину зразків.
6. Оцінка отриманих результатів з очікуваними за розрахунками. При необхідності, вказати методи коригування процесу з метою отримання бажаних результатів.
7. Висновки по роботі.

8 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Ющенко, К.А. Інженерія поверхні [Текст] / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов та ін. – К.: Наук. думка, 2007. – 558 с.
2. Кузнецов, В.Д. Фізико-хімічні основи інженерії поверхні [Текст]: навч. посібник / В.М Пашенко, К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов. – К.: ВІПОЛ, 2005. – 372 с.