

В. І. Савуляк, д-р. техн. наук, проф.;

О. В. Шаповалова, асп.

ФОРМУВАННЯ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИХ ШАРІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАЗМИ НА ПОВЕРХНЯХ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ЇХ ЗМІЦНЕННЯ

Розглянуто технологію поверхневого зміцнення низьковуглецевих та середньовуглецевих конструкційних сталей із застосуванням енергії плазмового струменя та вуглецевих волокнистих матеріалів як карбюризатора.

Вступ

В умовах сучасного ремонтного виробництва велике значення має економія ресурсів та зменшення економічних затрат на процеси зміцнення поверхонь деталей. Для сучасного машинобудування характерні, важкі умови роботи машин, а, отже, і зношування відповідальних деталей різноманітних вузлів. Створення зносостійких поверхневих шарів вирішує цю проблему, оскільки має ключове значення для забезпечення довговічності функціональних поверхонь. Пошук нових, високоефективних способів нанесення чи створення цих поверхневих шарів повинен враховувати зменшення потреби у витратних матеріалах, підвищення продуктивності обладнання та виробничих площ.

Метою роботи є дослідження можливостей використання плазмового джерела тепла у поєднанні з вуглецевим волокнистим матеріалом для поверхневого зміцнення сталевих деталей машин та конструкцій.

Використання традиційного об'ємного гартування для зміцнення та підвищення зносостійкості супроводжується значними фазовими перетвореннями, появою внутрішніх напружень та великих деформацій. Для низьковуглецевих сталей гартування є неможливим через нестачу вуглецю для синтезу в поверхневих шарах потрібних фазових складових. Використання технологій навуглецьовування поверхонь (цементация) у твердих або газових карбюризаторах вимагає тривалої ізотермічної витримки (10...15 год.), що веде до втрат енергії та часу. Крім того, цементация сталей потребує використання досить громіздкого обладнання, великих виробничих площ та витрат карбюризатора [1]. В технологіях відновлення деталей зі зношеними окремими поверхнями бажано обмежити впливи (особливо термічні) на поверхні, які не підлягають обробці, що робить запропонований метод зміцнення ефективним. Для створення на поверхнях деталей шарів із спеціальними властивостями з метою підвищення зносостійкості також застосовують методи напилювання. Недоліками способу є невелика товщина зміцненого шару, обмеження за конфігурацією та габаритами деталей, необхідність спеціального обладнання [2, 3]. Використання лазерних технологій для зміцнення потребує також спеціального обладнання, кваліфікованого персоналу та великих затрат енергії [4]. Тому актуальною є розробка нових технологічних процесів, які за малих економічних витрат дають хороші результати.

Основний матеріал

Гарних результатів досягнуто зміцненням сталевих поверхонь деталей машин та конструкцій за допомогою використання енергії плазмового струменя [5]. Значних успіхів досягнуто у вивченні процесів зміцнення інструменту потоками імпульсної плазми [6, 7], плазмово-детонаційної обробки високовуглецевих сталей [8], фінішного плазмового зміцнення інструментальних сталей [9]. Слід зазначити, що для успішної експлуатації деталей зі зміцненим поверхневим шаром потрібно не тільки знизити інтенсивність зношування поверхні тертя, але й зберегти, а можливо, і поліпшити міцність всього виробу. Показано [6—9], що плазмове зміцнення може ефективно використовуватися для деталей, що експлуатувались в об'ємно-загартованому стані.

Перевагою плазмових технологій є локалізація термічного впливу у обмежених об'ємах матеріалу,

що зменшує жолоблення деталей. У цій роботі пропонується спосіб поверхневого зміцнення сталевих деталей з використанням вуглецевого волокнистого матеріалу. Застосування вуглевмісного матеріалу вже зарекомендувало себе у процесах наплавлення [10], оскільки вуглецеві волокна мають декілька унікальних фізичних та технологічних властивостей:

- достатньо високу теплопровідність, для того щоб швидко передавати накопичене в них тепло в прилеглий поверхневий шар сталі і забезпечувати оплавлення цього шару;
- високу поверхневу енергію, яка забезпечує високу змочуваність залізобуглецевим розплавом та знижує необхідну температуру евтектичного плавлення системи сталь — вуглецева тканина;
- швидкість розчинення вуглецевого волокнистого матеріалу в розплавленій сталі значно вища в порівнянні з графітом, сажею та іншими джерелами вуглецю, в результаті чого поверхневий шар за короткий час перетворюється у високовуглецеву сталь.

Експеримент проводився за такою схемою. Зразки виготовлялися у вигляді шайб з сталі 45 діаметром 30 мм, товщиною 5 мм та з твердістю у стані поставки, структурні складові — ферит, перліт. Мікроструктура поверхневого шару зображена на рис. 1.

За допомогою клею на зразок закріплювали вуглецеву нину марки УУТ-2, товщиною 0,8 мм, щільністю 0,2 кг/м². В результаті експериментальних випробувань було визначено оптимальні режими обробки. За допомогою плазмотрона зок нагрівали до початку плавлення поверхні та підтримували в такому стані протягом 1 хв. За цей час вуглецева тканина нагрівається до температури близько 2000 °С, що є недостатнім для сублімації вуглецю, але цілком досить для поверхневого оплавлення сталі. За цей час сформувався навулецьований шар на глибину до 0,5 мм. За рахунок невеликої маси зразка досягалась необхідна швидкість охолодження у навколишнє середовище та масивну підкладку.

Мікроструктура сформованого шару — цементит та суміш мартенситу гартування, троститу та ледебуриту в глибших шарах. Ледебуритні колонії орієнтовані у напрямі до основи. По границях зерен утворився вторинний цементит за рахунок надлишку вуглецю.

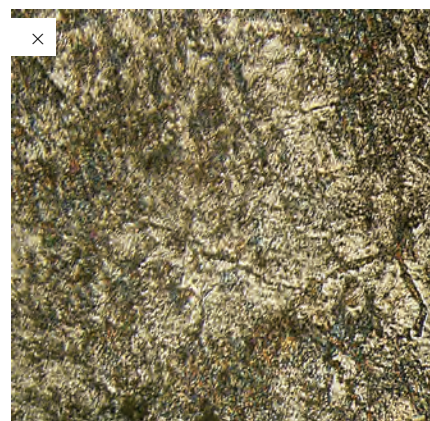


Рис. 1. Мікроструктура поверхневого шару сталі 45 у стані поставки

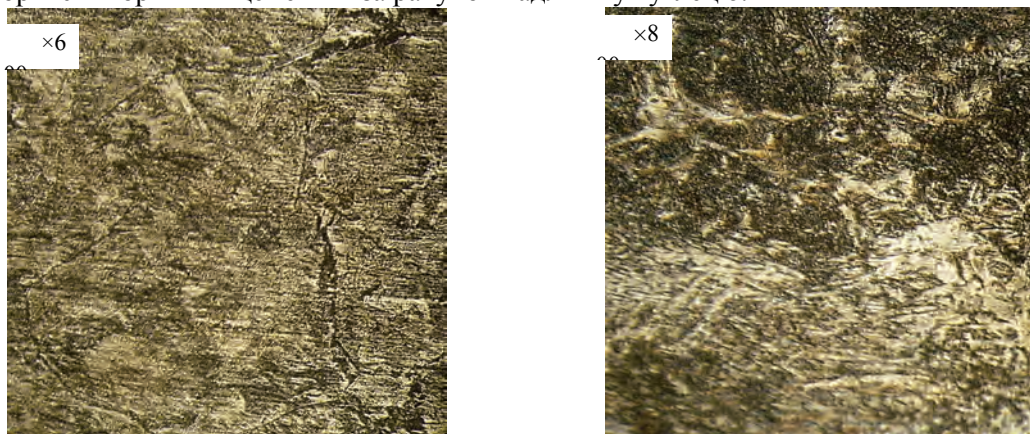


Рис. 2. Мікроструктура поверхневого шару

В перехідній зоні між навулецьованим шаром та основним металом утворюється структура доевтектичного чавуну з вмістом перліту і ледебуриту (рис. 3). Також тут інколи спостерігаються нерозчинені залишки вуглецевих волокон. Це свідчить про те, що не вистачило часу для повного розчинення, що дозволяє використовувати параметри, час та температуру, для керування процесами структуроутворення та властивостями поверхні.

В результаті проведеного зміцнення твердість поверхневого шару збільшилася у 2...3 рази у порівнянні з вихідним металом. Мікротвердість структурних складових отриманого шару вимірювали за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3 (рис. 4).

Результати вимірювань мікротвердості структурних складових показали такі усереднені значення: ледебурит — 10,5 ГПа, цементит — 9,46 ГПа, перліт — 3,3 ГПа.

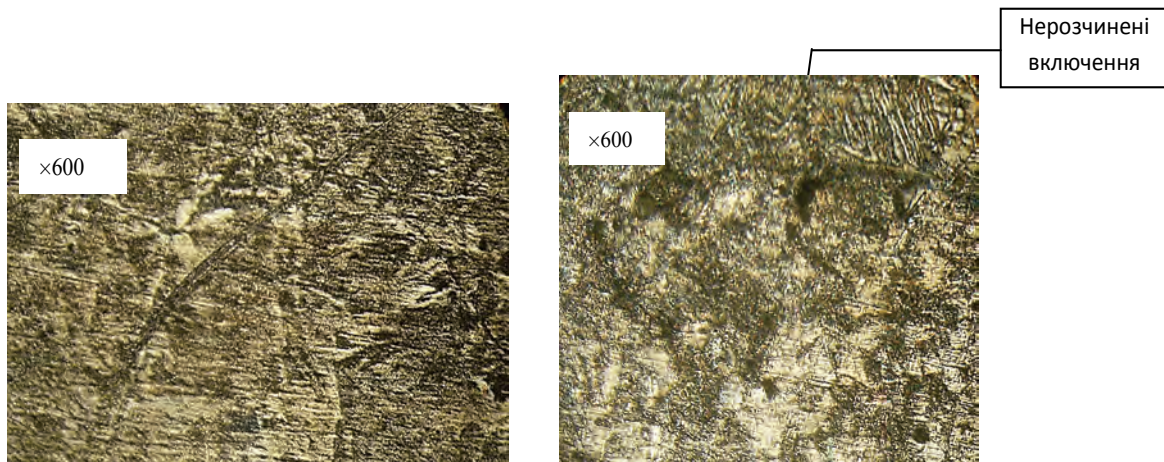


Рис. 3. Мікроструктура перехідної зони

Крім того, встановлена залежність між товщиною використаної вуглецевої тканини та глибиною зміцненої зони (рис. 5.)

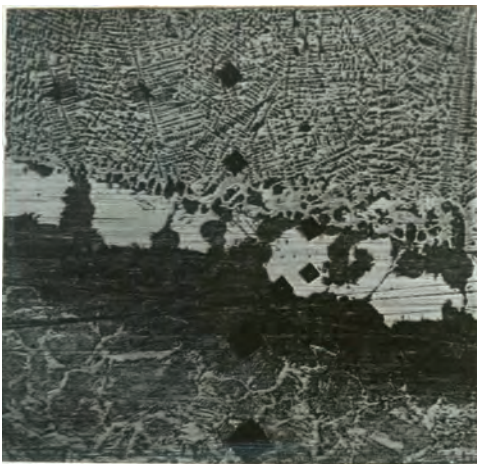


Рис. 4. Вимірювання мікротвердості структурних складових зміцненого поверхневого шару

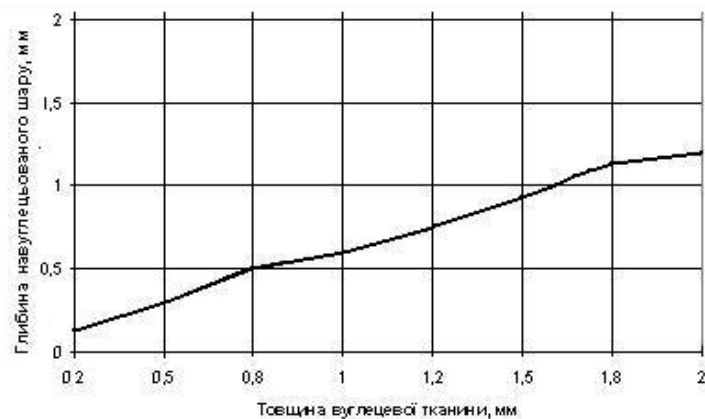


Рис. 5. Залежність глибини зміцненого шару від товщини вуглецевої тканини

Перевагами такого способу поверхневого зміцнення є його висока продуктивність та технологічність, невисока собівартість, оскільки витрати енергії невеликі. Спосіб не вимагає спеціального обладнання, дозволяє використовувати універсальні плазмотрони. Крім того, метод дозволяє отримувати поверхневі шари з високим вмістом карбідної фази.

Додаткові можливості створює додавання до вуглецевих волокнистих матеріалів ниток титану, вольфраму, а до складу клею порошоків легувальних елементів, що забезпечить, в разі необхідності, додаткове легування сталі.

Результати досліджень використані для зміцнення поверхонь деталей транспортної техніки, зокрема деталей тролейбуса таких як поворотна цапфа, яка є однією з важливих деталей заднього ведучого моста тролейбуса та служить для передачі крутного моменту на колесо.

Висновки

1. Встановлено, що мікротвердість структурних складових сталі 45 після плазмової обробки збільшується у 2—3 рази у порівнянні з вихідним металом.
2. За допомогою додавання у вуглецеві волокнисті матеріали ниток, дротів або порошоків легувальних елементів можна регулювати властивості зміцненого поверхневого шару.
3. Спосіб має низку обмежень, над усуненням яких необхідно працювати. До них відноситься складність зміцнення важкодоступних місць на виробках складної форми, потреба створення плазмотронів з регулюванням потужності та складу газу для утворення плазми тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів : навч. посіб. / В. В. Хільчевський. — К. : Либідь, 2002. — 328 с.
2. Савуляк В. І. Відновлення деталей машин. Ч. 1. : навч. посіб. / В. І. Савуляк, В. Т. Івацько — Вінниця : ВНТУ, 2004. — 93 с.
3. Маркович С. І. Дослідження зв'язку зносостійкості з фізико-механічними властивостями покриттів, нанесених електродуговим напиленням різнорідних дротів / С. І. Маркович // Проблеми тертя та зношування. — 2007. — № 46. — С. 16—18.
4. Савуляк В. І., Зміцнення когерентним випромінюванням прецизійних деталей гідромашин та гідроагрегатів // В. І. Савуляк, О. П. Шиліна, О. В. Андрійчук // Промислова гідравліка і пневматика. — 2007. — № 3. — С. 77—80.
5. [Савуляк В. І.](#), Плазмове гартування робочих поверхонь деталей транспортної техніки // В. І. Савуляк, О. В. [Шаповалова](#) // [Вісник Вінницького політехнічного інституту](#). — 2010. — № 1. — С. 73—77.
6. Жадкевич М. Л. Импульсно-плазменное упрочнение инструмента / М. Л. Жадкевич, Ю. Н. Тюрин, О. В. Колисниченко // Оборудование и инструмент для профессионалов. — 2003. — № 4. — С. 40—41.
7. Тюрин Ю. Н. Импульсно-плазменное упрочнение инструмента / Ю. Н. Тюрин, О. В. Колисниченко, Н. Г. Цыганков // Автоматическая сварка. — 2001. — № 1. — С. 38—41.
8. Борисов Ю. С. Влияние условий нагрева поверхности изделия на структуру упрочненных слоев стали У8 при плазменно-детонационной обработке / Ю. С. Борисов, О. В. Колисниченко // Автоматическая сварка. — 2003. — № 3. — С. 31—35.
9. Тополянский П. А. Финишное плазменное упрочнение инструмента, штампов и пресс-форм : матер. 6-й международной практической конференции-выставки, Санкт-Петербург, 19—16 апреля 2004 г. / [редкол. : Н. А. Соснин (отв. ред.) и др.]. — СПб. : СПбГПУ, 2004. — 590 с — В надзаг. : Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, научно-производительная фирма «Плазмацентр», межрегиональный центр экономики техники.
10. Савуляк В. І. Наплавлення високовуглецевих покриттів з використанням вуглецевих волокон / В. І. Савуляк, С. А. Заболотний, В. Й. Шенфельд // Проблеми трибології. — 2010. — № 1. — С. 66—70.

Рекомендована кафедрою технології підвищення зносостійкості

Стаття надійшла до редакції 7.12.11
Рекомендована до друку 12.12.11

Савуляк Валерій Іванович — професор, **Шаповалова Олеся Василівна** — аспірантка.
Кафедра технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет, Вінниця