

УДК 621.3.038

О. П. Шиліна, канд. техн. наук, доц.

ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ РОЗПОДІЛЬЧИХ ВАЛІВ ПЛАЗМОВИМ ОПЛАВЛЕННЯМ

Розглянуто результати досліджень робочих процесів зміцнення поверхневих шарів розподільчих валів автомобілів з використанням терморезаювальних сумішей плазмовим оплавленням.

Вступ і постановка задачі

Відомо, що вибілений чавун за однакової твердості із загартованою сталлю має вищу зносостійкість в умовах тертя з великими (>500 МПа) контактними навантаженнями. Так, вибілені кулачки чавунного розподільного вала автомобіля «Москвич» набагато зносостійкіші, ніж такі ж кулачки розподільних валів автомобіля типу «Жигулі», які піддавали загартуванню за допомогою струму високої частоти (СВЧ).

У зв'язку з цим на ВАЗі був впроваджений метод поверхневого зміцнення чавунних розподільних валів методом дугового переплаву поверхні «носика» кулачка. В результаті такого переплаву утворюється поверхневий шар з ледебуритною мікроструктурою, і отже, з високою зносостійкістю.

Групі працівників Науково-дослідного інституту транспорту та автомобільної промисловості (НДІТАвтопром) за впровадження процесу поверхневого оплавлення «носика» кулачка чавунного розподільного вала, де в якості джерела енергії використали плазму замість електричної дуги, була присуджена премія імені Мінкевича за 1988 рік [1].

Під час експлуатації підвищені температури, які виникають у зоні тертя та зношування, спричиняють у білому чавуні процес графітизації і, відповідно, розпад цементиту. Запобігти цьому можна легуванням чавуну карбідоутворювальними елементами, що стабілізують цементит. Відомі спроби поверхневого легування порошковими матеріалами, які містять хром, ванадій, титан, вольфрам та інші елементи. Вміст карбідоутворювальних елементів у структурі зміцненого шару є дуже високим, але дані про оптимальний їх вміст відсутні, що призводить до неекономної витрати легувальних елементів. Крім того, відомі способи їх введення у поверхневий шар призводять до крихкості останнього.

Тому отримання вибіленого шару чавуну, легованого оптимальною кількістю хрому, та розроблення технології введення легувальних елементів у поверхневий шар для забезпечення високої якості поверхні є актуальною задачею.

Основна частина

Товщина зміцненого шару лінійно залежить від струму дуги, яка регулюється за програмою. Враховуючи, що припуск на кінцеву обробку розподільного валу складає 0,4...0,5 мм, необхідно під час оплавлення отримувати вибілені шари товщиною більшою 1 мм. (при струмах 90...100 А — товщина шару ~1 мм [1]).

В цій роботі в якості вихідних параметрів плазмового оплавлення попередньо були вибрані технологічні параметри, прийняті НДІТАвтопром для розподільних валів з сірого чавуну СЧ20 — $I = 75...100$ А; $U = 20...22$ В.

Важливим фактором, що визначає якість оплавленої поверхні, є також попередній нагрів заготовки, який впливає на структуру і властивості зміцненого шару. Встановлено, що за відсутності попереднього нагріву структура в глибину від поверхні розподіляється так: I — зона оплавлення — ледебурит; II — зона — тонкий перлітний прошарок з включеннями ледебуриту та розірваною цементитною сіткою; III — зона гартування не оплавленого матеріалу — мартенсит із залишковим аустенітом; IV — зона — троостит і троостосорбіт, який повільно переходить у основу — перлітну структуру.

Попередній нагрів деталей до 400...450 °С зменшує градієнт температур по перерізу і швидкість охолодження, хоча це й зумовлює незначне зниження твердості на поверхні. Це запобігає

появі мартенситної зони, присутність якої небажана, тому що її наявність призводить до підвищення внутрішніх напруг і сприяє розтріскуванню поверхневого шару деталі.

З метою підвищення глибини першої зони з максимальною твердістю і ледебуритною структурою запропоновано об'єднати поверхнєве оплавлення чавунних деталей плазмотроном з поверхневим легуванням карбідостабілізуючими елементами, наприклад, хромом:

- а) попереднім електроіскровим легуванням (ЕІЛ);
- б) попереднім нанесенням тонкого шару легувальної обмазки шлікерним способом.

В обох випадках завершальною операцією зміцнення було плазмове оплавлення. Цікавило найбільше, як вплине введення хрому попереднім електроіскровим легуванням та нанесенням легувального обмащення на властивості оплавленої поверхні. Ефективність способу введення хрому оцінювалася за кількістю хрому в оплавленому шарі, якістю шару, кількістю пор, за відшаруванням та мікроструктурою.

Товщина шару хрому ЕІЛ складала 150 мкм на чавунних зразках і 100 мкм на сталевих. З більшою товщиною шару ЕІЛ спостерігалось відшарування, а тонші шари призводили до вигорання хрому і недостатньому його вмісту в легованому шарі. Забезпечення такого шару хрому на поверхні оброблюваної заготовки потребувало уточнення режимів плазмового оплавлення. Режими оплавлення чавунних зразків із шаром хрому ЕІЛ: $I = 110...120 \text{ A}$; $U = 20...22 \text{ В}$; сталевих — $I = 120...140 \text{ A}$; $U = 22...24 \text{ В}$.

Таким чином, оплавлений шар відповідає вимогам якості і мікрогеометрії поверхні. Твердість поверхні оплавлених зразків з чавуну становить HRC_s 48...52, за твердості серцевини HRC_s 26...30, у сталевих зразків на поверхні — HRC_s 50...55, за твердості серцевини — HRC_s 26. Загальна глибина оплавленого шару в чавунних зразках складає 1200 мкм і не більше 500 мкм — у сталевих. Мікроструктура його майже не відрізняється від обробленої без ЕІЛ хромом. Локальне рентгеноспектральне дослідження розподілу хрому на мікрозонді «Комебакс», по перерізу мікрошліфа, виявило лінії хрому високої потужності. Під дією плазми, шар хрому частково встигав окислитись і лише частина хрому розчинялась у металі і тільки в поверхневому шарі. Значення інтенсивності випромінювання хрому на сканограмі на глибині 500 мкм не перебільшувало 0,2 %.

У високоміцному чавуні (рис. 1) із вихідною ферито-перлітною структурою товщина шару чистого вибілу без графіту із чітко окресленою дендритною будовою складає 800 мкм, місцями спостерігаються великі світлі ділянки. Локальне рентгеноспектральне дослідження розподілу хрому на мікрозонді «Камебакс» по перетину мікрошліфа виявило лінії хрому високої інтенсивності у зоні цих світлих ділянок. Вірогідно хром, осаджений ЕІЛ, місцями зберігся не оплавленим і потрапив всередину оплавленої зони.

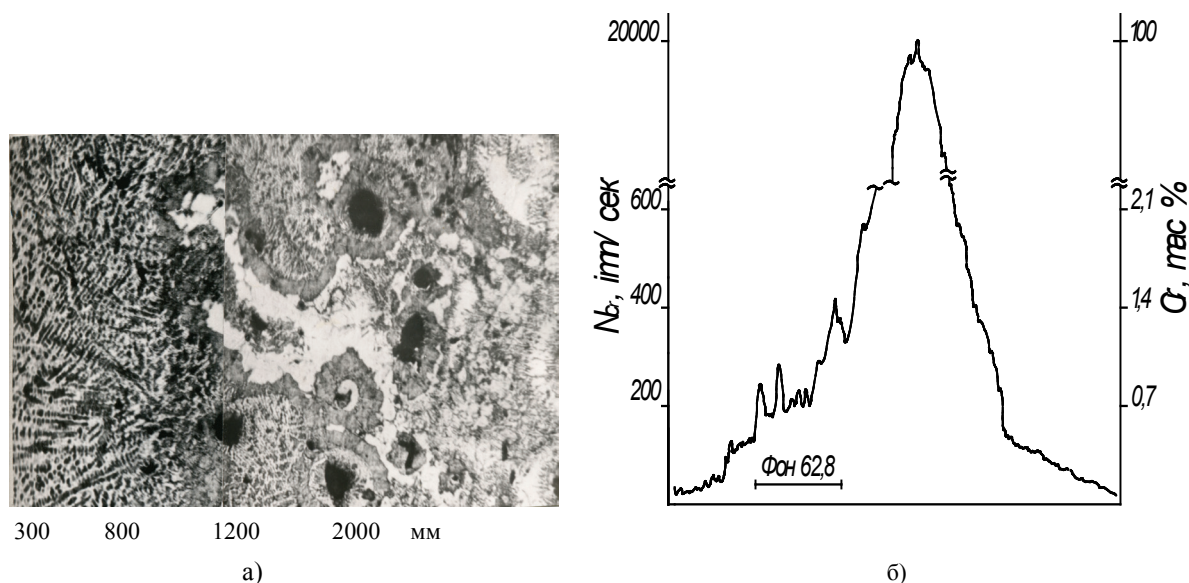


Рис. 1. Високоміцний чавун після плазмового оплавлення з ЕІЛ хромом: а — мікроструктура; б — розподілення хрому на мікроаналізаторі

Це пояснюється тим, що в процесі плазмового переплаву частина розплавленого металу захоплює частинки хрому, і вони не встигають розчинитися та опуститися на дно ванни, тобто на межу між повністю оплавленою та частково розплавленою зонами, де умови для розчинення хрому у рідкому чавуні виявились гіршими, внаслідок нижчих температур. На рис. 1 показані окремі зони металічного хрому у вигляді включень, що не протравлюються на мікрошліфі.

Недостатньо задовільні результати, отримані з використанням ЕЛІ хромом, обумовили необхідність пошуку інших шляхів введення хрому та інших легувальних елементів в зміцнюваний поверхневий шар.

Відомий метод шлікерного нанесення порошків, наприклад, сормаїту. Але в цьому випадку використання товстих шлікерних шарів неможливе.

Дійсно, під час плазмового оплавлення товстих шарів через малу їх теплопровідність, у шарі виникає дуже високий температурний градієнт, і поверхневий шар доводиться до температури кипіння металу, а глибинна зона навіть не сплавається з основним металом деталі. Щоб уникнути цього недоліку, запропоновано замінити звичайні легувальні порошки терморегульованими сумішами (ТРС), які виділяють тепло при їх розігріві до температур сплавлення інгредієнтів. Це було оцінено як винахід [2]. Проведені розрахунки показали, що стабільний легований цементит в поверхневому шарі утворюється, коли вміст хрому у ТРС складає 18...20 %.

Основною екзотермічною реакцією в цьому випадку є реакція взаємодії хрому, який входить до складу низьковуглецевих феросплавів з вуглецем нелегованого чавунного порошку. Хімічне тепло, яке виділяється у шарі під час його підігрівання, в процесі дії плазми, сприяє швидкому прогріву шару і зменшенню температурного градієнта [3]. З використанням ТРС утворюється рідкоплинна маса з високою в'язкістю, зумовленою присутністю в цій масі тугоплавких частинок змішаних карбідів хрому і заліза. Це дозволило отримати удвічі більший за глибиною зміцнений шар.

В результаті на чавунних зразках з ТРС глибина проплавленого шару складає 2,5 мм і має удвічі більший за глибиною зміцнений шар.

Розподіл мікротвердості на зразку зі СЧ20, поверхнево оплавленого після нанесення обмашення із ТРС на основі хрому, показано на рис. 2 у порівнянні зі зразком, оплавленим без обмашення. Рівень максимальної мікротвердості 7000 МПа у зразка без обмашення, відповідає твердості на глибині 3 мм, на зразках з обмашенням ТРС. Тобто з використанням обмашення ТРС отримано значне збільшення товщини зміцненого шару із збереженням якості поверхні без тріщин, пор та напливів. Це пояснюється тим, що швидкість хімічної реакції ТРС, завдяки саморозповсюджуваному високотемпературному синтезу (СВС), випереджає технологічну швидкість джерела тепла, з якою б швидкістю не переміщувався плазмовий пальник відносно до поверхні деталі. В результаті додаткового теплового ефекту від СВС-реакції поверхневі та внутрішні шари металу встигають розігріватися до вищих температур. Враховуючи попередній нагрів деталей до 400...450 °С, додаткове підвищення температури на 300...325 °С переводить метал в зону фазових перетворень, які в цих умовах випереджають плазмовий перепплав. І це, сприяє зменшенню внутрішніх напружень, у порівнянні з аустенітоутворенням у разі плазмового нагріву без ТРС. При чому, за час, на який СВС-реакція випереджає плазмовий перепплав, повніше встигає пройти дифузії хрому всередину металу, що сприяє проникненню зміцненого шару на більшу глибину.

Випробування на зносостійкість показали, що найкращі результати отримані на зразках із чавуну з обмашенням ТРС на основі хрому. Високу контактну витривалість мали зразки із сірого та високоміцного чавунів як з обмашенням, так і без обмашення.

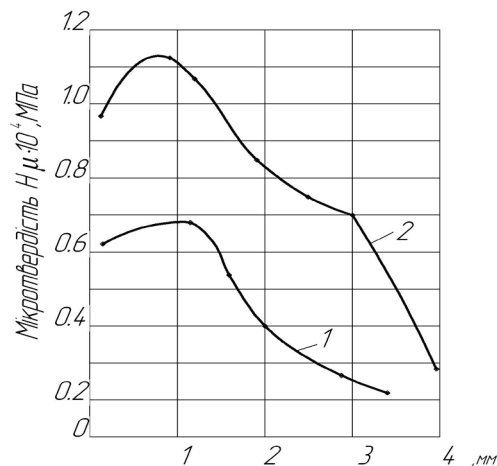


Рис. 2. Розподілення мікротвердості за глибиною оплавленого шару:
1 — без покриття; 2 — із покриттям ТРС на основі хрому

Висновки

Встановлено, що електроіскрове легування хромом з подальшим плазмовим оплавленням приводять до неоднорідної структури по хрому, і більша його частина вигоряє або осідає у вигляді металевих включень хрому, що не розплавилися та не розчинилися.

Використання терморегулювальних сумішей створює кращі умови додаткової дії на процес оплавлення, чим досягається значне збільшення товщини зміцненого легованого шару. Це є перевагою поверхневого легування терморегульвальними сумішами у разі плазмового оброблення чавунних розподільних валів, у порівнянні з іншими методами.

Використання терморегулювальних сумішей з оплавленням поверхневого шару підвищує зносостійкість деталей, що працюють у вузлах тертя.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Упрочнение рабочих поверхностей чугуновых деталей автомобилей методом плазменного оплавления / [Шепелев Н. С., Селеванов М. В. и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. — 1988. — № 12. — С. 34—36.
2. А. с. 1327565. Порошковая смесь для поверхностного упрочнения железуглеродистых деталей / А. А. Жуков, А. Г. Мержанов, Е. П. Шилина и др. Заявл. 1986 г.
3. Жуков А. А. Плазменное оплавление слоя чугуна после электроискрового легирования / А. А. Жуков, О. П. Шилина, Д. И. Брон, Н. С. Шепелев // Электронная обработка материалов. — 1985. — № 3. — С. 44—43.

Рекомендована кафедрою технології підвищення зносостійкості

Надійшла до редакції 10.09.09
Рекомендована до друку 20.09.09

Шилина Олена Павлівна — доцент кафедри технології підвищення зносостійкості.
Вінницький національний технічний університет