

ЛОКАЛЬНЕ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ

(Представлено д.т.н. Клименком С.А.)

Розглянуті результати експериментальних досліджень локального поверхневого зміцнення сталевих деталей, в яких зміцнення здійснювалось за допомогою електричного струму, що впливав на поверхню деталі через електрод. Виявлені ряд переваг запропонованого способу в порівнянні з традиційними способами поверхневого зміцнення. Наводяться результати зміцнених деталей за мікротвердістю.

Сучасне машинобудівне і ремонтне виробництво приділяє особливу увагу забезпеченню та підвищенню ресурсу роботи виготовлених і відновлених деталей.

Переважає більшість відмовлень деталей машин механізмів визначається процесами зношування або комплексом причин, основним фактором яких є зношування.

Це особливо актуально, коли мова йде про великогабаритні, важконавантажені деталі, що працюють з колосальними навантаженнями, практично без зм'ягчення й в абразивному середовищі.

Зокрема, такими деталями є прокатні валки. З урахуванням обліку термоциклічного впливу прокату на поверхню валків інтенсивність зношування поверхні збільшується багаторазово [1]. Тому підвищення зносостійкості та міцності робочих поверхонь було і залишається актуальною проблемою.

Цей напрямок відповідає Державній програмі 5.5 "Ресурсозберігаючі та енергоефективні технології машинобудування".

Зі зростанням дефіциту легуючих матеріалів та енергоресурсів, необхідністю наявності дорогого унікального устаткування і зв'язані з цим технічні та технологічні труднощі, а також дороговизна об'ємної термічної обробки деталей великих розмірів і великої ваги гостро ставить питання удосконалення існуючих та розробку нових способів поверхневого зміцнення.

В даний час при відновленні та зміцненні деталей із заданим комплексом фізичних і механічних властивостей створено безліч різних методів модифікування поверхневого шару. Це такі, як хіміко-термічна обробка, поверхнева термообробка концентрованими джерелами тепла (СВЧ, газовими паливками тощо), термообробка висококонцентрованими джерелами енергії (лазером, електронним пучком тощо), наклеп поверхневого шару, нанесення захисних покриттів і т.д.

Велику кількість методів відновлення та зміцнення тертьових поверхонь можна пояснити тим, що кожен метод несе в собі різні особливості як у застосовуваному обладнанні, так і в одержуваних властивостях робочих поверхонь і тому не може бути універсальним, а з урахуванням розміру та ваги великогабаритних деталей накладається істотне обмеження на ефективне використання перерахованих вище способів.

До перспективних досягнень в області термічної обробки поверхні металів відносяться високоенергетичні методи поверхневого зміцнення: лазерний, плазмовий, електроіскровий, радіаційно-термічний і т.д.

Метою представлених нижче досліджень є створення технології відновлення великогабаритних деталей з використанням високоенергетичного впливу на їх поверхневий шар. У даній статті розглянутий спосіб дискретного зміцнення поверхневих шарів деталей концентрованим джерелом тепла з використанням електричного струму, який може використовуватись на місці експлуатації або ремонту деталей.

Н.В. Гевелінг [2] запропонував метод зміцнення металу, що полягає в короткочасному пропусканні електричного струму через контактну ділянку електрода з поверхнею деталі. При цьому на деякій відстані від поверхні деталь нагрівається до максимальної температури, а в розташованих глибше шарах температура плавно знижується.

Стосовно великогабаритних виробів даний метод пропонується як альтернативний існуючим традиційним методам поверхневого зміцнення, таким як об'ємне загартування та загартування СВЧ.

Одним з найважливіших достоїнств даного способу є велика швидкість нагрівання й охолодження поверхневого шару деталі без фази витримки.

Якщо порівнювати тимчасові показники швидкості загартування пропонованим методом і традиційними способами, то різниця в часі величезна. Досить порівняти дві цифри: для загартування концентрованим джерелом тепла за допомогою електричного струму необхідний час процесу обчислюється секундами, а при загартуванні, наприклад, ТВЧ – десятками хвилин і навіть годинами.

Обробка електричним струмом дозволяє локально нагріти метал з великою швидкістю, забезпечивши формування структур, що відрізняються підвищеною твердістю, міцністю та зносостійкістю.

При дії імпульсного струму на метал швидкість нагрівання є визначальним чинником для одержання дрібнозернистої структури. При поверхневому загартуванні з використанням швидкого нагрівання зерно завжди трохи дрібніше одержуваного, звичайно при повільному нагріванні й охолодженні.

Крім розпаду й упорядкування твердих розчинів відбувається рекристалізація, роздрібнення і зміна дислокаційної структури металу. Аналогічний ефект має місце при нагріванні поверхні плазмовою дугою [3].

Механізм контактно-втомленісних явищ на робочих поверхнях валків, що мають суцільну гартівну поверхню, ускладнюється тим, що валки характеризуються складною епурою залишкових напруг за довжиною і перетином бочки [4].

Тому запропонована дискретність зміцненого шару, тобто несучільний вид зміцненої поверхні, дає можливість виходу дислокацій на поверхню, не порушуючи термічно оброблених ділянок. Це підвищує ступінь захисту поверхні від виникнення тріщин розпаду, що зароджуються в поверхні прокатних валків під дією температур, що циклічно змінюються, великих питомих тисків та дії знакоперемінних напруг (рис. 1).

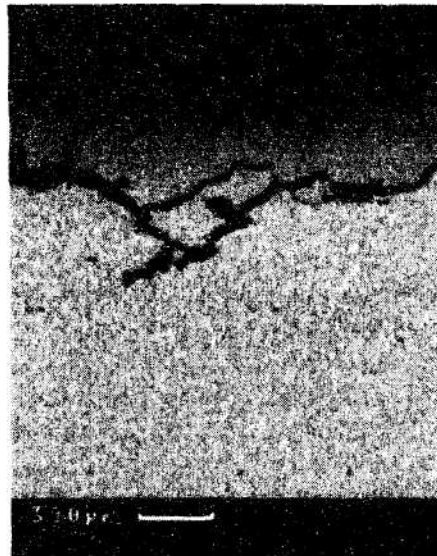


Рис. 1. Тріщини розпаду

Пропонований спосіб поверхневого дискретного зміцнення дозволяє більш ефективно використовувати електроенергію в порівнянні з витратою теплової енергії при традиційній термообробці. Для порівняння – витрати на зміцнення при використанні імпульсного струму нижчі в кілька разів, ніж на загартування ТВЧ, і в десятки разів – ніж при об'ємному загартуванні.

Утворення структури металу залежить в основному від швидкості нагрівання й охолодження, що визначає особливості перетворення аустеніту в голчастий мартенсит (рис. 2). Чим вища температура нагрівання, тим більша рухливість атомів і тим швидше завершується процес перетворення.

Специфічною особливістю пропонованого швидкісного термічного впливу на поверхню деталей є одержувана структура металу, що являє собою утворення відносно м'якої металевої основи, в якій розподілені великі тверді частки (рис. 3).

Відповідно до принципу Шарпи, наявність великих твердих фрагментів у пластичній металевій основі матеріалів позитивно позначається на працездатності поверхонь ковзання.

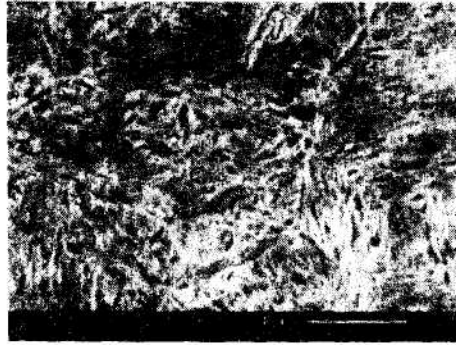


Рис. 2. Голчастий мартенсит

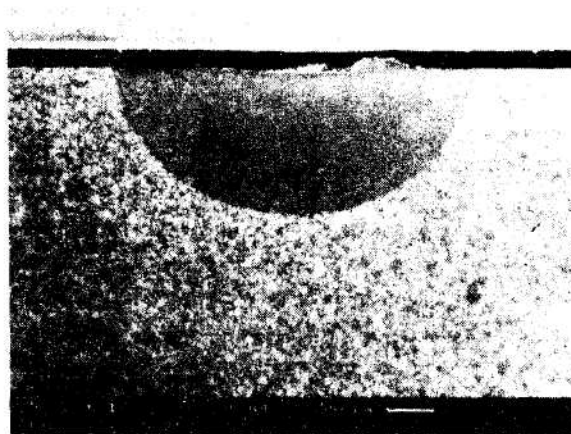


Рис. 3. Тверда частина у м'якій матриці

З часом після періоду прироблення на робочих поверхнях формується рівноважна шорсткість, яка тримається протягом тривалого часу експлуатації деталей.

Немає важливим фактором у пропонованому способі зміцнення є і те, що вплив електричного струму здійснюється через електрод малого розміру, дозволяючи робити обробку деталі практично будь-якої конфігурації і без спеціальної попередньої підготовки поверхні. Тоді як навіть при одному з найбільш перспективних сучасних методів термічної обробки металів – лазерному зміцненні – у багатьох випадках застосовують додаткові поглинаючі покриття, що складаються з оксидів металів і вуглецевих порошків, що, у свою чергу, ускладнює технологічний процес.

Крім того, щодо конфігурації деталей, то загартування, наприклад, зубчастої шестірні, за допомогою індукційної котушки унеможливує рівномірний розподіл тепла в западині та виступі.

Компактність і простота обладнання, застосованого при поверхневому загартуванні з використанням електричного струму, дозволяє обробляти великогабаритні деталі на місці їхньої експлуатації чи ремонту, без транспортування. У порівнянні з витратами на виготовлення великогабаритних індукторів або гартівних печей і ванн для термообробки таких деталей пропонований метод зміцнення представляється надзвичайно економічним та високотехнологічним.

З урахуванням того, що деталі після дискретного поверхневого загартування не мають потреби в наступній остаточній обробці і не порушуються їхні геометричні розміри, це дозволяє уникнути такого істотного недоліку, як короблення та зміна габаритних розмірів, що має місце при поверхневому загартуванні ТВЧ. Відзначені недоліки, очевидно, виявляються і при термообробці довгомірних деталей, наприклад таких, як залізничні рейки, при загартуванні яких відбувається короблення та прогин. При цьому стріла прогину дуже велика – 125 мм на кожен метр довжини, що складає близько 3-х метрів на 25 м довжини рейки [3].

Виконаний комплекс експериментальних досліджень дозволяє оцінити і прогнозувати вплив імпульсного електричного струму на структуру та властивості вуглецевих сталей.

Зміцнення поверхневого шару деталей при потужності електричного струму 6–0 кВт підвищує мікротвердість поверхневих шарів на 30–40 %, а на глибині 0,7–1,2 мм – у 2–3 рази

порівняно з мікротвердістю незміцненого металу. Загальна глибина загартованого шару залежить від потужності електричного струму і часу контакту та складає не менше 2 мм.

Аналізуючи останні дані літератури з питання поверхневого зміцнення деталей, можна прийти до висновку, що більшість дослідників схиляється до думки, що для підвищення витривалості зміцнюючих матеріалів рекомендується проводити зміцнення не по всій поверхні, а тільки окремих її ділянок, з чергуванням оброблених та неопрацьованих зон усіляких конфігурацій.

Формування дискретного поверхневого покриття дозволяє створювати вільні простори між зміцненими ділянками для відводу продуктів зносу, зняття теплової напруженості, переміщення змащення і тим самим забезпечує зниження абразивного зносу. Тому створюючи такі покриття, розроблювачі ґрунтуються на інформації про фізичні та технологічні особливості забезпечення зносостійкості конструкційних матеріалів.

Взаємозв'язок механічних і триботехнічних властивостей сталей указує, що в основі опору навантаження лежить міцність поверхневого шару металу. На цьому положенні базується спосіб локального зміцнення сталевих поверхонь та виготовлення деталей ковзання системи "сталь по сталі" для важконавантажених вузлів тертя, що працюють при динамічних навантаженнях і обмеженому змащенні, заснований на високоенергетичному методі електроконтактного зміцнення [1].

Технологічні особливості застосування даного способу термічної обробки деталей повинні враховувати експлуатаційні властивості зміцнених чи відновлюваних поверхонь, необхідну міцність та зносостійкість.

Керуючи тепловими процесами при термічному зміцненні та відновленні деталей машин, заснованому на застосуванні електричного струму, варіюючи тимчасовими режимами поверхневого нагрівання та охолодження, можна вибрати технологічні параметри для стабілізації теплового впливу. Дослідження температурних полів в оброблених деталях дозволяє вибрати раціональну інтенсивність впливу електричного струму на структурно-фазовий стан поверхні. Знання температурних полів дозволяють так само оцінити термічні напруги у сформованих поверхневих шарах з метою їхнього регулювання за рахунок зміни інтенсивності теплового впливу і створювати оптимальні набори мікроструктур, що забезпечують високі механічні властивості деталей.

Для визначення способу зміцнення та відновлення деталей необхідно проаналізувати теплові процеси термічної обробки поверхні деталі електричним струмом. Технологія пов'язана з дозованим впливом електричного струму на поверхню деталі як за часом, так і за потужністю. Розподіл температури, яка сформована в результаті такого впливу, дозволяє оцінити термічні напруги в отриманих поверхневих шарах деталей. Таким чином, отриманий спосіб дає можливість впливати на формування оптимальної сукупності мікроструктур, що забезпечує необхідні механічні властивості поверхні обробленої деталі.

ЛІТЕРАТУРА :

1. Новые методы поверхностного упрочнения прокатных валков (по материалам межзаводской школы) / Ю.Е. Кузнецов, Н.М. Воронцов, Т.С. Скобло и др. – М., 1984. – 33 с.
2. Гевелинг Н.В. Поверхностная электротермообработка. – М.: ОНТИ, 1936. – 112 с.
3. Петров С.В., Сааков А.Г. Плазма продуктов сгорания в инженерии поверхности. – Киев: ТОНАС, 2000. – 220 с.
4. Валки листовых станов холодной прокатки / В.В. Новиков, В.К. Белосечев, С.М. Гамазков и др. – М.: Металлургия, 1970. – 336 с.

МІЛЕВСЬКИЙ Сергій Володимирович – співробітник Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Наукові інтереси:

- поверхневе зміцнення робочих поверхонь деталей машин;
- дискретні зносостійкі покриття;
- технологічне забезпечення якості та експлуатаційних властивостей деталей машин.