

ЗМІЦНЕННЯ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

**Мартиненко О.Д., доцент, Мартиненко О.Д., аспірант, Щербак Л.В.,
студент**

*(Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка)*

В роботі розглянуто матеріали, пов'язані з питаннями підвищення зносостійкості дискових робочих органів ґрунтообробних машин лазерним випромінюванням у порівнянні з традиційними методами зміцнення та відновлення.

Умови експлуатації машин і агрегатів вимагають високої якості, надійності і довговічності до їх деталей. По мірі зносу рівень властивостей деталей, як правило, знижується. Це пов'язано з тим, що при експлуатації зміцненої робочої поверхні має місце деякий спад твердості і зниження фізико-механічних властивостей, а також накопичення та розвиток ушкоджень (наклеп, мікротріщини, відпал, фазові перетворення, пори, графітизація та інш.).

Для забезпечення необхідних споживчих властивостей штоків, валів, шестерень, штампів та інших деталей і стабільної роботи машин і обладнання потрібно забезпечити отримання в процесі їх відновлення методом нанесення покриттів високу якість робочих поверхонь. Це можливо шляхом вибору ефективних параметрів і технології відновлення, які б не справляли впливу на зміну лінійних розмірів при обробці і забезпечували необхідні умови для експлуатації спряження. До числа таких технологічних процесів відновлення деталей відносяться методи з використанням висококонцентрованих джерел енергії - лазерна, плазмова, електронно-променева та електроіскрова обробки, які не призводять до структурних і фізико-механічних змін у підложці. Крім того, застосування цих методів, завдяки локальному нагріву поверхні, не знижує втомленої міцності відновлюваних деталей та забезпечує отримання необхідної товщини шару покриття.

В процесі експлуатації дискової ґрунтообробної техніки спостерігається підвищений знос її деталей і робочих органів. Це обумовлено передусім тим, що вони працюють в умовах абразивного зношування. Велика маса дискових ґрунтообробних знарядь зменшує швидкість самого ґрунтообробного агрегату, а це призводить до збільшення енерговитрат й погіршення якості обробки ґрунту. Експлуатаційні характеристики дискової ґрунтообробної техніки передусім залежать від конструкційних характеристик робочого органу і технологій зміцнення їх робочих поверхонь при виготовленні.

Об'єктом досліджень були робочі органи дискових борін. В промисловості

використовують сферичні диски: суцільні з ріжучими кромками, з вирізами або їх комбінації діаметром 610, 660, 710 і 760мм. Їх встановлюють на дворядних роликів підшипниках. Суцільні сферичні диски встановлюють на польових і легких садових боронах, а вирізні - на важких польових, садових і болотних. Характерною особливістю сферичних дисків з суцільним лезом є плавність його обертання. При роботі сферичний диск підрізає шар ґрунту, виносить на поверхню нижні, більш вологі шари, подрібнює і відкидає його в сторону перегортаючи.

Для зміцнення робочого органу використовується наступні технологічні способи: об'ємне гартування, наварювання порошку на зовнішню ріжучу кромку, наплавлення під шаром флюсу, лазерна термообробка, поверхнєве пластичне деформування. Оцінка показників способів свідчить про переваги лазерної термічної обробки.

В роботі використано лазерну установку типу «Комета 2», яка використовується для зміцнення робочих поверхонь та нанесення покриттів на деталі машин. Розроблено технологічний процес зміцнення дискового робочого органу та наведено основні операції.

Характерним для традиційних методів термообробки сталі є три стадії: нагрівання, витримування при певній температурі на протязі проміжку часу і охолодження. Отже, щоб загартувати сталь, її слід охолодити з такою швидкістю, щоб не встигли пройти процеси розпаду аустеніту у верхньому діапазоні температур. Особливістю термічного циклу при лазерному випромінюванні є відсутність витримування металів і сплавів при високій температурі, а також те, що за безпосереднім підйомом температури спостерігається миттєве охолодження.

При використуванні лазерного гартування, як і при інших способах обробки конструкційних матеріалів, на етапі нагрівання проходить формування аустенітної структури, а потім на етапі охолодження спостерігається перетворення її в мартенсит. Процес перетворення перліту в аустеніт при лазерному гартуванні відбувається з великими швидкостями нагрівання металу. Практично це перетворення реалізується при нагріванні вище температури аустенізації. Зауважимо, що при підвищенні швидкості нагрівання матеріалу температура аустенізації підвищується. Крім цього, при різних швидкостях нагрівання характерні різні температури початку і кінця процесу аустенізації.

Мартенсит у вуглецевій сталі являє собою пересичений твердий розчин впровадження вуглецю в решітку Fe_{α} . Мартенситне перетворення - це фазове перетворення в твердому тілі, що відбувається по бездифузійному зсувному механізму.

Для утворення мартенситу при інтенсивному охолодженні необхідно знижувати температуру металу зі швидкістю, що нижча критичної для сплаву з певним вмістом вуглецю. Мартенситне перетворення відбувається в інтервалі температур M_p та M_k , тобто відповідно температури початку і кінця тривалості перетворення. На характер протікання мартенситного перетворення, також

суттєво впливає вміст вуглецю та легуючих елементів.

Методи досліджень та обладнання, що використовувались при проведенні зміцнення поверхонь та аналізу властивостей шарів базувалися на роботі наявного технологічного та дослідного обладнання кафедри ремонту машин.

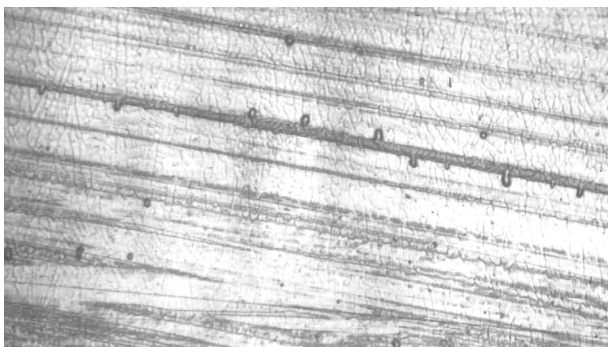
Випробування абразивним зношуванням зразків зі сталі 65Г дискового робочого органу, що зміцнені за запропонованою технологією проводили на машині тертя МІ-1М. Сутність методу полягає в тому, що досліджуваний і еталонний зразки зношують об поверхню абразивної шкурки по спіралі Архімеда в напрямку від центра диска до його периферії при статичному навантаженні і відсутності нагрівання. Отримані результати порівнюють.

Мікроструктуру зміцнених шарів дискового робочого органу вивчали за допомогою мікроскопу "МІМ-8" при збільшеннях 100...900. Для надійності результатів досліджень були виготовлені шліфи з косим зрізом, які полірували за допомогою алмазних паст зернистістю від 30 до 1мкм або піддавали хімічному поліруванню у травнику

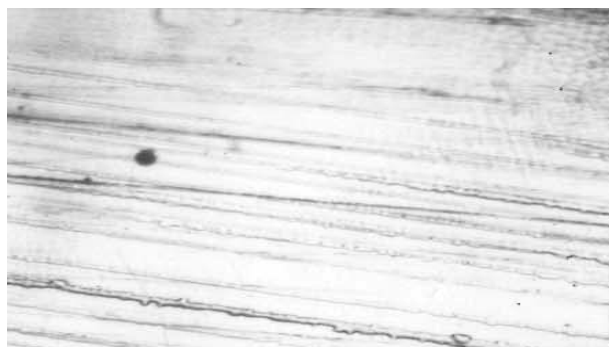
Дослідження структури зміцнених шарів, крім металографічного методу, проводили рентгенівським структурним аналізом. При цьому визначали фазові складові компонентів покриття і міжплощинні відстані решітки матеріалу основи. Твердість зміцнених поверхонь визначали за шкалою Роквелла на приладі ТК-2М (ГОСТ 3407-67).

Дисковий робочий орган встановлювали на спеціальну підставку для деталей сферичної форми і проводили заміри.

Результати розподілу мікротвердості по глибині зміцненого шару після лазерної обробки вимірювали на металографічних шліфах за допомогою приладу ПМТ-3 при збільшенні $\times 487$ у відповідності з ГОСТ 9450-76. Навантаження на індикаторі складало 0,98Н. Обробку результатів вимірювання проводили методами математичної статистики з використанням пакетів прикладних програм на ЕОМ. Похибка у визначенні мікротвердості не перевищувала 8%.



а)



б)

Рис. 1 - Фрагменти зон тертя зразків зі сталі 65Г при різних видах зміцнення: а) об'ємне гартування; б) лазерне термозміцнення ($P = 0,8$ кВт, $d = 4$, мм, $v = 10$ мм/с)

Виявлені закономірності зношування зміцнених зразків підтверджують і фрагменти поверхонь тертя зразків, при тому що величина і швидкість зношування сталі 65Г, яка піддавалась об'ємному гартуванню на 36% більша від сталі 65Г, яка піддавалась лазерному термозміцненню. Виявлені закономірності зношування зміцнених зразків підтверджують і фрагменти поверхонь тертя зразків.

Для забезпечення якісного проведення процесу термічної обробки однією із важливих технологічних вимог є точність нагрівання. Термічний процес лазерного гартування відбувається в поверхневому шарі металу на невеликій глибині ($h=1-2\text{мм}$).

Розглядаючи специфічні властивості і вплив термічної дії лазерного випромінювання на матеріал робочих органів ґрунтообробної техніки враховується те, що лазерне випромінювання має ряд унікальних властивостей

- велика інтенсивність електромагнітної енергії;
- висока монохроматичність випромінювання;
- значний ступінь часової та просторової когерентності та інші.

З огляду на те, що стадію нагрівання матеріалу лазерним випромінювання вважають основною при аналізі лазерних технологій зміцнення робочих поверхонь деталей без їх руйнування, виникає потреба розгляду таких характеристик цієї стадії, як розподіл температури в області лазерного впливу, швидкість нагрівання і охолодження, глибина прогрітого шару. Ці характеристики можна одержати розв'язуючи задачі теплопровідності. Теплова модель також дає можливість оцінити параметри лазерної обробки, які призводять до оплавлення робочої поверхні деталі.

Розподіл енергії у поперечному перерізі лазерного пучка установки «Комета 2» яку використовували в експериментальних дослідженнях підкоряється закону Гауса.

Розрахунок температурного поля у зоні лазерного впливу зводиться до розв'язання диференціального рівняння теплопровідності, яке в залежності від конфігурації зміцнюваної деталі матиме різний вигляд. Якщо глибина зони лазерного впливу набагато менша за товщину деталі, то при її поступальному русі в процесі опромінювання, поле температур і напружень можна розрахувати на основі напівпросторової моделі.

Майже всі існуючі технологічні способи зміцнення деталей машин супроводжуються зміною їх фізико-механічних властивостей по товщині поверхневого шару, що призводить до виникнення в них залишкових напружень.

Структурно-напружений стан поверхневих шарів зміцнених зразків, наявність деформацій визначали за допомогою рентгенівських досліджень. Дослідження проводили на зразках у поперечному перерізі при пошаровому зніманні певної товщини зміцненого шару за глибиною. Вихідна товщина складала 0,5...1,3мм. Попередньо, шари знімали шліфуванням алмазними кругами. Застосування алмазних кругів виключало виникнення додаткових

порушень будови зміцнених шарів, викришування карбідної фази. Операції шліфування виконували з використанням рідинного охолодження з метою зменшення термічного впливу на зразок під час шліфування. Для зняття залишків наклепаного шару, що залишився після шліфування поверхню полірували електrolітичним способом. Промивання зразків від продуктів травлення здійснювали послідовно в декількох ваннах: ацетоні, метиловому спирті, хімічно чистому бензині.

При виборі раціональних режимів лазерної обробки виходили з того, що характеристики отриманих зміцнених шарів на поверхнях ріжучих кромek дискового робочого органу повинні бути наближені до тих, що необхідні для реалізації ефекту самозагострювання при його русі в абразивному середовищі.

Увага була зосереджена на таких технологічних параметрах лазерної обробки як діаметр лазерного пучка, швидкість його переміщення та потужність випромінювання. Оскільки фазові перетворення матеріалу в зоні лазерного впливу передусім визначаються густиною потужності, то в роботі отримали залежність густини потужності від швидкості переміщення лазерного пучка і потужності лазерного випромінювання при фіксованому діаметрі пучка.

В результаті впливу лазерного випромінювання на матеріал дискового робочого органу утворюється дрібнодисперсна мартенситна структура зміцнених шарів. Ступінь дисперсності структури залежить як від матеріалів, так і режимів лазерної обробки. Характерні структури сталі 65Г після лазерної термічної обробки без оплавлення наведено на рисунку.

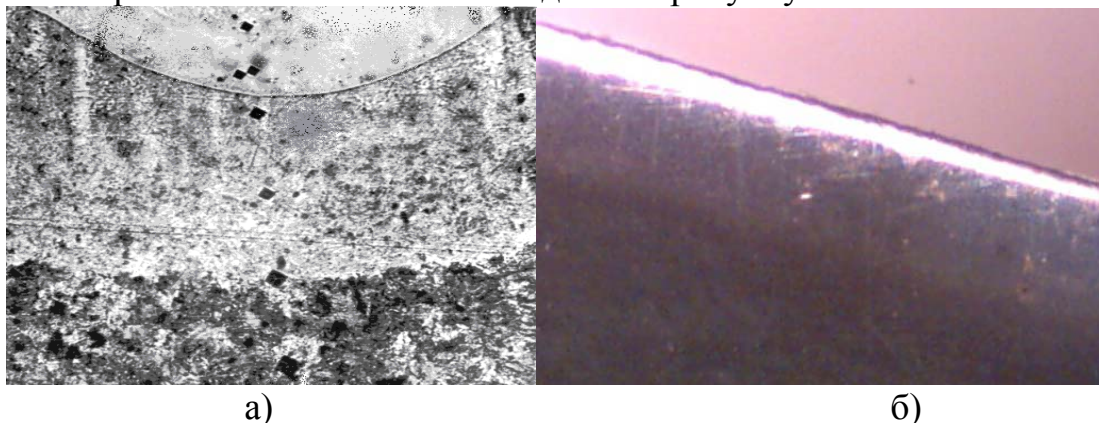


Рис. 2 - Структура сталі після лазерної термічної обробки: сталь 65Г, а) поперечний переріз, збільшення $\times 150$, б) повздовжній переріз, збільшення $\times 60$ (при $P = 0,8\text{кВт}$; $d = 5\text{мм}$; $v = 12\text{мм/с}$).

Результати дослідження показали суттєві зміни властивостей зміцнених шарів при їх обробці лазерним випромінюванням: збільшується твердість поверхні в залежності від режимів обробки; спостерігається екстремальний характер розподілу мікротвердості за глибиною й плавний перехід мікротвердості від зміцненого шару до основи.

На основі результатів досліджень в роботі вибрано раціональні режими лазерної обробки при відновленні та зміцненні дискового робочого органу, де

враховано теплофізичні характеристики матеріалу основи деталі, так і величина зміцненого шару. При виборі оптимального методу зміцнення при відновленні дискового робочого органу застосовуємо методику, сутність якої полягає в наступному:

- на першому етапі при виборі оптимального методу зміцнення при виготовленні спираємося на технологічний критерій, який дозволяє визначити можливість використання того чи іншого методу у відповідності до прийнятого маршруту відновлення.

- на другому етапі спираючись на критерій економічності потрібно визначити капітальні затрати на впровадження кожного методу зміцнення при виготовленні, та вибрати той метод, який має найменшу собівартість.

- на третьому етапі враховується техніко-економічний показник, який є узагальнюючим та спирається на коефіцієнти довговічності, собівартість та річну програму зміцнення при виготовленні. Так аналізуючи можливі способи зміцнення при виготовленні, які відповідають критерію пристосування ($K_p=1$), вибираємо той, який забезпечує необхідний ресурс зміцненої при виготовленні деталі, тобто відповідає значенню коефіцієнта довговічності ($K_d > 0,85$). Із способів, які відповідають коефіцієнту пристосування і необхідному значенню коефіцієнта довговічності вибираємо той, що в найбільшому ступені відповідає значенням коефіцієнта техніко-економічної ефективності ($K_{теф}$). Цей коефіцієнт пов'язує продуктивність способу зміцнення при виготовленні з його економічністю.

Таблиця 1. - Показники способів зміцнення при виготовленні дискового робочого органу

Показник способу зміцнення при виготовленні	Спосіб зміцнення при виготовленні			
	об'ємне гартування	лазерна термічна обробка	наплавлення під шаром флюсу	плазмове наплавлення
Критерій пристосування K_p	1,4...1,7	2,5...2,6	0,6...0,75	1,2...1,7
Коефіцієнт довговічності K_d	1,2	3,5	1,1	1,3...3,0
Коефіцієнт техніко-економічної ефективності $K_{теф}$	1,5	2,0	1,4	1,4

Раціональні режими зміцнення при відновленні та зміцненні дискового робочого органу зі сталі 65Г лазерною термічною обробкою з урахуванням можливості реалізації ефекту самозагострювання дискового робочого органу при русі в абразивному середовищі складає, потужності $P=0,75...0,85$ кВт та швидкості загартування $V=6...13$ мм/с, при діаметрі лазерного пучка $d=5$ мм .

Отже оптимальним методом зміцнення при виготовленні дискового робочого органу є лазерна термічна обробка.

Список літератури:

1. Кебнер Г. Промышленное применение лазеров. /Г. Кебнер, В. Аменд /М.: Высшая школа, 1991. – 422 с.
2. Семенов А. П., Ковин И. Б. Методы упрочнения поверхностей деталей машин концентрированными потоками энергии. /А.П. Семенов, И.Б. Ковин/ М.: Высшая школа, 1990. – 455с.
3. Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Мартыненко А.Д., Математическое обоснование режима лазерной обработки деталей, предварительно подвергнутых химико-термической обработке для повышения прочности восстанавливаемых покрытий // Вестник Национального технического университета “ХПИ”. Сб. науч. тр. тем. вып. “Динамика и прочность машин”. Вып. 10. Т.2. – Харьков: НТУ “ХПИ”. 2002. - С. 138-160.
4. Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Науменко А.А., Мартыненко А.Д., Слоновский Н.В. Метод восстановления длиномерных деталей, предварительно подвергнутых химико-термической обработке // Труды 5^{-ой} Междунар. науч.- прак. конф. “Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве”. – Харьков: ХНПК “ФЭД”. 2002. – С. 367-371.
5. Скобло Т.С., Мартыненко А.Д., Сидашенко А.И., Слоновский Н.В. Способ восстановления и упрочнения деталей обработкой лазерным лучом // Вісник ХДТУСГ: Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. Вып. 4. – Харьков: ХГТУСХ, 2000. – С. 82-86.

Аннотация

Упрочнение дисков сельскохозяйственных машин лазерным излучением Мартыненко А.Д., Мартыненко Д.А., Щербак Л.В

В работе рассмотрены материалы, связанные с вопросами повышения износостойкости дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин лазерным излучением в сравнении с традиционными методами упрочнения и восстановления.

Abstract

Work-hardening the disks of agricultural machines by a laser radiation Martyненко A., Martyненко D., ScherbaK L.

Materials of researches are considered in a robot, increases of wearproofness disks of agricultural machines related to the questions by a laser radiation. Comparing of this method is presented to the traditional methods of work-hardening and renewal.