

КІРОВОГРАДСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

*На правах рукопису*

АУЛІНА Тетяна Миколаївна

**ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ  
ЛАЗЕРНИМ ЛЕГУВАННЯМ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ**

Спеціальність: 05.20.03 — Експлуатація, відновлення та  
ремонт сільськогосподарської техніки

**Автореферат  
дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата технічних наук**

КІРОВОГРАД  
1997

631.3



00373762 (S)

Дисертація є рукопис.

Робота виконана на кафедрі експлуатації і ремонту машин Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування.

Наукові керівники:

- кандидат технічних наук, доцент  
Коваленко Петро Андрійович;
- кандидат технічних наук, доцент  
Мажейка Олександр Йосипович.

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор  
Бойко Анатолій Іванович;
- кандидат технічних наук, старший  
науковий співробітник  
Медяник Віктор Григорович.

Провідна організація:


- Харківський державний технічний  
університет сільського господарства.

Захист відбудеться « 4 » липня 1997 р. о \_\_\_\_\_ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради К13.01.03 в Кіровоградському інституті сільськогосподарського машинобудування за адресою: 316050, м. Кіровоград, пр. Правди, 70-А.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування за адресою: 316050, м.Кіровоград, пр. Правди, 70-А.

Автореферат розісланий « 3 » червня 1997 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради,  
кандидат технічних наук, доцент  - Василенко Ф. І.

ДВ-38.040

- 1 -

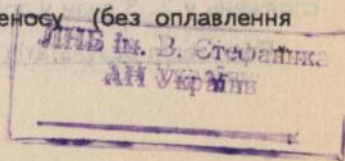
## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

Актуальність теми. Важливим резервом підвищення довговічності сільськогосподарської техніки, економії матеріальних, паливно-енергетичних і трудових ресурсів є зміцнення і відновлення робочих поверхонь деталей. Останнім часом існує потреба у розробці найбільш ефективних, екологічно чистих матеріало- і енергозберігаючих технологій, до яких належать і лазерні. Дослідження специфічних особливостей лазерного впливу на матеріали, їх використання при створенні технологій зміцнення і відновлення є актуальною задачею у ремонтній науці і практиці.

Фізико-механічні властивості робочих поверхонь, експлуатаційні характеристики деталей значно покращує лазерне легування, яке застосовується у виробництві у вигляді модифікування поверхонь деталей з їх оплавленням. Разом з тим, лазерне легування з оплавленням обмежує можливості товщини легованого шару; створює різкий перехід фізико-механічних властивостей на межі зони лазерного оплавлення, внаслідок стрибкоподібного зменшення концентрації легуючих елементів; має поширену дефектність зміцненого шару. Вказаних недоліків можна уникнути, проводячи лазерне легування без оплавлення поверхні. Тому дослідження, спрямовані на створення технології лазерного легування робочих поверхонь деталей без їх оплавлення є актуальними. Робота виконана у відповідності з республіканською науково-технічною програмою «Матеріаломісткість» — РН.Ц003.

Мета дослідження. Підвищення довговічності відповідальних деталей сільськогосподарської техніки лазерним легуванням при відновленні. Для досягнення поставленої мети в роботі визначене розв'язання наступних задач:

- дослідження процесу лазерного легування з обґрунтуванням можливості реалізації прискореного масопереносу (без оплавлення поверхні);



- дослідження структури та фізико-механічних властивостей зміцнених шарів деталей при лазерному легуванні;
- визначення оптимальної області застосування лазерного легування при відновленні деталей;
- розробка технології зміцнення конкретних деталей, проведення їх стендових і експлуатаційних випробувань;
- розробка практичних рекомендацій по впровадженню технології лазерного легування у ремонтне виробництво, техніко-економічна оцінка ефективності розроблених заходів.

Об'єкт дослідження. Технологія зміцнення деталей сільськогосподарської техніки лазерним легуванням при їх відновленні.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження базуються на тепловій моделі взаємодії лазерного випромінювання з матеріалами і фізичній моделі масопереносу під дією змушуючих сил. Експериментальні дослідження забезпечувались використанням сучасних методик за допомогою високоточних установок і приладів, обробкою результатів методами математичної статистики, застосуванням ЕОМ.

Наукова новизна. Обґрунтовано можливість лазерного легування без оплавлення поверхні з реалізацією процесу прискореного масопереносу. Встановлено аналітичні залежності для розрахунку технологічних параметрів лазерного легування. Одержано нові дані про зміну структури поверхневого шару і перерозподіл у ньому легуючих елементів при лазерному легуванні. Показано позитивний вплив лазерного легування без оплавлення поверхні на фізико-механічні та експлуатаційні властивості деталей.

Практична цінність. На основі результатів досліджень розроблено технологію зміцнення деталей сільськогосподарської техніки лазерним легуванням при відновленні, яка дозволяє підвищити зносостійкість спряжень у 2...3 рази у порівнянні з серійними деталями.

Реалізація результатів роботи. Результати роботи рекомендовані до

впровадження на Жовтневому РП Миколаївської області та АТ «Гідро-комплект» (м. Кіровоград).

Апробація роботи. Основні положення і результати роботи були заслухані та обговорені на: науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування (Кіровоград, 1985-97 рр.) і Московського інституту сталі і сплавів; Всесоюзній науково-технічній конференції «Нові процеси, обробка і методи дослідження металевих матеріалів» (Москва, 1987); семінарі з проблем лазерної технології при ДКНТ і АН СРСР (Москва, МІСІС, 13-14 квітня 1989); Всесоюзній науково-технічній конференції з відновлення деталей машин («Ремдеталь-87», Рига, 1987); міжвузівських науково-практичних конференціях (м. Кіровоград, 1989, 1991 рр.).

Основні результати та положення, які виносяться на захист:

1. Процес лазерного легування неперервним випромінюванням без оплавлення поверхні при зміцненні і відновленні деталей.

2. Структура зміцнених шарів і перерозподіл в них легуючих елементів при лазерному легуванні.

3. Фізико-механічні та експлуатаційні властивості легованих поверхонь.

4. Технологічні параметри лазерного легування без оплавлення поверхні.

5. Технологія зміцнення деталей сільськогосподарської техніки лазерним легуванням при відновленні.

Конкретний особистий внесок. Теоретично та експериментально обґрунтовано можливість проведення лазерного легування без оплавлення робочої поверхні деталей. Проаналізовано температурний і напружений стан легованої поверхні. Досліджено характер перерозподілу легуючих елементів, структуру зони лазерного впливу при легуванні.

Одержано аналітичні вирази для розрахунку технологічних параметрів лазерного легування. Досліджено вплив лазерного легування на фізико-механічні та експлуатаційні властивості деталей. Розроблено технологію зміцнення деталей лазерним легуванням при відновленні (на прикладі деталей гідротрансмій ГСТ-90). Загальна частка участі в опублікованих у співавторстві роботах складає 60-70%.

Публікації. Основні положення дисертації опубліковані у 12 роботах.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури, який нараховує 145 найменувань і додатків. Загальний обсяг дисертації складає 153 сторінки, в т. ч. 11 таблиць, 44 рисунка.

#### ЗМІСТ РОБОТИ.

Вступ. Обгрунтовано актуальність роботи, викладені основні положення, які виносяться на захист.

1 Стан питання. Мета і задачі дослідження. Проведений огляд і аналіз робіт вітчизняних і зарубіжних дослідників в області використання поверхневої зміцнювальної обробки показав, що у практиці ремонтного виробництва при зміцненні відновлюваних деталей застосовують широкий спектр методів: пластичної деформації, термічно, хіміко-термічної обробки, термомеханічні, електрофізичні. Серед електрофізичних методів перспективним є метод лазерної обробки поверхні деталей, значний внесок у розробку якого зробили В. С. Коваленко, М. М. Рикалін, О. А. Углов, Л. Ф. Головка, В. Е. Архипов та ін.

Лазерна обробка відрізняється від інших методів високою продуктивністю процесу, простотою технічної реалізації, локальністю, відсутністю деформації зміцнюваної деталі і можливістю обробки її важкодоступних місць. В основу класифікації методів лазерної обробки покладено характер впливу лазерного променя на матеріал деталі згідно

рівня густини потужності: нагрівання ( $10^4 \dots 10^8$  Вт/м<sup>2</sup>); плавлення ( $10^8 \dots 10^{10}$  Вт/м<sup>2</sup>); випаровування ( $10^{10} \dots 10^{14}$  Вт/м<sup>2</sup>); ударний вплив ( $10^{13} \dots 10^{16}$  Вт/м<sup>2</sup>). Найбільшу технологічну перспективність має інтервал густини потужності  $10^4 \dots 10^{10}$  Вт/м<sup>2</sup>, у якому реалізуються лазерні термообробка, наплавлення і легування. Враховуючи недоліки легування з оплавленням, значного підвищення експлуатаційних характеристик деталей можна досягти на основі застосування лазерного легування без оплавлення поверхні.

2 Теоретичні передумови зміцнення робочих поверхонь відновлюваних деталей лазерним легуванням. Теоретичні положення лазерного легування без оплавлення розробляли на основі теплової моделі впливу лазерного випромінювання на зміцнювану поверхню, відповідно до рисунка 1, і фізичної моделі масопереносу легуючих елементів з поверхні углиб матеріалу.

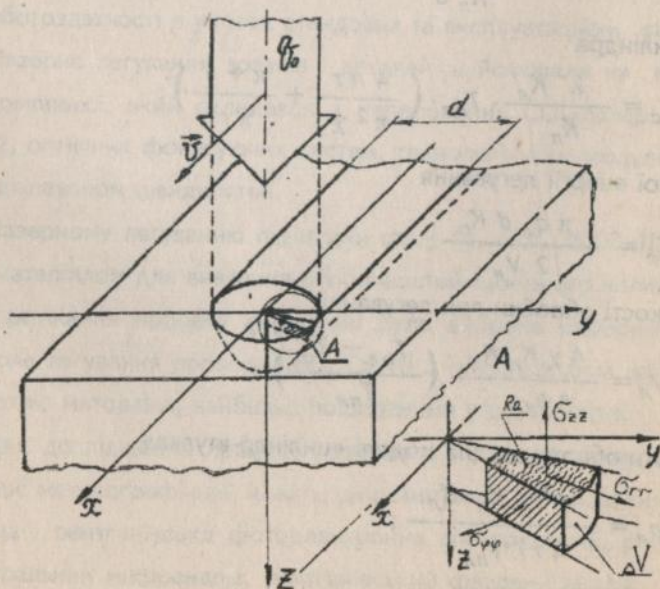


Рисунок 1 — Напівпросторова модель розрахунку поля температур і поля напруг у матеріалі під дією неперервного лазерного випромінювання.

Температурний та напружений стан поверхні визначали розв'язуванням рівнянь теплопровідності і термопружності. Це дало можливість одержати розподіли температур і напруг в області лазерного легування, визначити швидкість нагрівання і охолодження, глибину прогрітого шару, оцінити критичні параметри лазерної обробки, які призводять до оплавлення робочої поверхні деталі і величину шорсткості поверхні.

Розподіл легуючих елементів і параметри їх масопереносу (глибину проникнення та концентрацію елементів за глибиною зміцненого шару) визначали розв'язуванням рівняння масопереносу.

На основі зазначених моделей одержані вирази для розрахунку технологічних параметрів лазерного легування поверхонь деталей:

граничної густини потужності  $q_c$  для напівпросторової моделі

$$q_c = \frac{\pi \sqrt{2\pi} K_L T_{пл} \lambda}{K_n d}, \quad (1)$$

для циліндра

$$q_c = \frac{\lambda K_L}{K_n} \cdot T_{пл} \cdot \left( \frac{4nr}{\pi^2 \chi} + \frac{\pi+1}{\pi r} \right); \quad (2)$$

питомої енергії легування

$$E_L = \frac{\pi q_c d K_n}{2 V_L}; \quad (3)$$

швидкості обробки при легуванні

$$V_L = \frac{4 \chi K_n K_L}{\pi h_{зм}} \left( \frac{T_{пл} - T_{\phi}}{T_{пл}} \right)^{3/2}; \quad (4)$$

частоти обертання для моделі «циліндр-втулка»

$$n_L = \frac{\pi^2 \chi K_n K_L}{4 r \lambda T_{пл}}; \quad (5)$$

параметру шорсткості

$$R_{a\max} = (1 + K_{л\mu}) \frac{\alpha q_c K_n d^2}{16 \lambda} \quad \text{де} \quad (6)$$

$K_p, K_l$  — коефіцієнти поглинання і легування;  $d$  — ширина лазерної доріжки;  $T_{пл}, T_{ф}$  — температура плавлення і фазових переходів;  $\lambda, \chi$  — коефіцієнти тепло- і температуропровідності;  $r$  — радіус циліндра;  $V_l$  — швидкість переміщення променя;  $h_{зм}$  — глибина зміцнення;  $\mu$  — коефіцієнт Пуассона;  $\alpha$  — коефіцієнт температурного лінійного розширення.

3 Методика експериментальних досліджень. Комплекс експериментальних досліджень проводили у такій послідовності:

1. Вибір легуючих елементів, дослідження процесу лазерного легування зразків матеріалів відновлюваних деталей, вивчення структури і фізичних властивостей легованих шарів.

2. Експериментальна оцінка фізико-механіч. і експлуатаційних властивостей поверхонь після лазерного легування.

3. Вибір номенклатури деталей для відновленн. вивчення впливу лазерного легування на робочі поверхні відновлюваних деталей, оцінка їх роботоzдатності в умовах стендових та експлуатаційних випробувань.

Лазерне легування зразків і деталей здійснювали на технологічному комплексі, який складався з неперервних CO<sub>2</sub>-лазерів ЛГН-702 і ЛТ1-2, оптичних фокуруючих систем, технологічного модуля необхідним діапазоном швидкостей.

Лазерному легуванню підлягали сталі 45, 40X, 38XC, ШХ15. Вихідним матеріалом для вивчення особливостей лазерного впливу на характер протікання процесу легування було вибрано карбонільне залізо. Лазерне легування проводили В, Сг, Ні з їх попереднім нанесенням на поверхню методами, найбільш поширеними у виробництві.

Для дослідження процесу лазерного легування були вибрані такі методи: металографічний аналіз, дюрOMETричні вимірювання, оже-електронна і рентгенівська фотоелектронна спектроскопія, рентгенівський спектральний мікроаналіз, рентгенівський фазовий аналіз. Металографічний аналіз проводили на мікроскопах МИМ-8М і «Neophot-21».

Вимірювання мікротвердості проводили на приладі ПМТ-3 згідно ГОСТ 9450-76. Оже-електронні та рентгенівські фотоелектронні спектри знімали на електронному високовакуумному спектрометрі ES-300 фірми «Kratos». Рентгенівський спектральний мікроаналіз проводили на приладі «Superprobe -733» фірми «Jeol» за допомогою скануючого електронного мікроскопу JSM-35 і приставки для мікроаналізу DDS-35. Рентгенівський фазовий аналіз здійснювали на дифрактометрі «Дрон-3» у  $K_{\alpha}Co$  випромінюванні. Для оцінки властивостей легованих поверхонь вимірювали твердість, шорсткість, внутрішні залишкові напруги; досліджували зносостійкість, теплостійкість, втомлену міцність. Вимірювання шорсткості поверхні проводили на профілографах-профілометрах моделі 201 заводу «Калібр» і «Talysurf-5» фірми «Taylor Hobson» відповідно ГОСТ 2786-73. Внутрішні залишкові напруги визначали рентгенівським « $\sin^2\psi$ » методом на дифрактомері SMD-2000 фірми «Simens» у випромінюванні  $K_{\alpha}Cr$ . Зносостійкість досліджували за схемами: «палець-диск» на установці УМТ-1; «ролик-ролик» і «ролик-часткова вкладка» — на машині МІ-1М. Випробування на теплостійкість здійснювали в інтервалі температур 290...1070 К ізотермічним витриманням зразків у вакуумі протягом 1...10 годин. Дослідження втомленої міцності проводили на машині МУІ-6000 згідно ГОСТ 25.502-79.

4 Експериментальні дослідження лазерного легування поверхонь відновлюваних деталей. Дослідженнями встановлено, що неперервне лазерне опромінення попередньо сформованих шарів легуючих елементів ініціює процес їх прискореного масопереносу. Максимум концентрації легуючих елементів зміщується з поверхні углиб матеріалу, спостерігається плавне зменшення концентрації за глибиною на відміну від дифузійного шару і легування з оплавленням.

Результати експериментальних досліджень залежності глибини проникнення легуючих елементів від параметрів лазерної обробки наведено на рисунку 2.

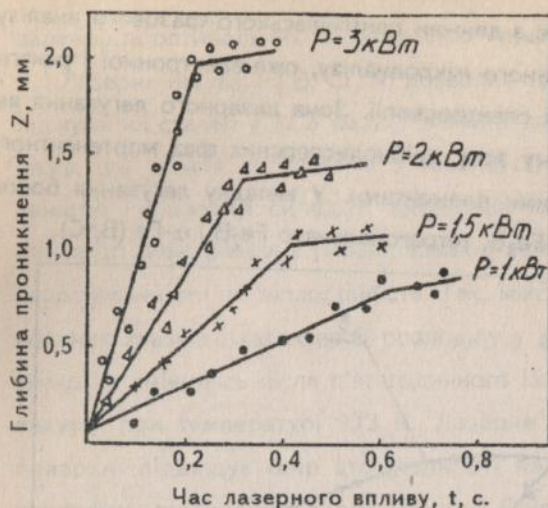
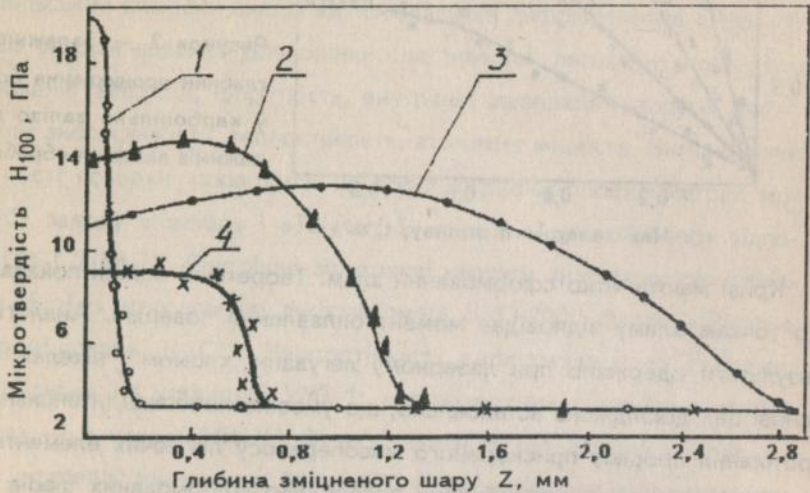


Рисунок 2 — Залежність глибини проникнення бору у карбонільне залізо від режимів лазерної обробки

Криві мають чітко сформований злам. Теоретичні оцінки показали, що точкам зламу відповідає момент оплавлення поверхні. Аналогічні результати одержано при лазерному легуванні хромом і нікелем. На основі цих досліджень встановлено, що умовою найбільш інтенсивного протікання процесу прискореного масопереносу легуючих елементів є неперервне лазерне опромінення попередньо сформованих шарів легуючих елементів на поверхнях зразків із заліза і сталей у таких режимах, при яких густина потужності наближається до свого критичного значення. За таких умов оплавлення поверхні не спостерігається. Для сталей 40, 40Х, 38ХС це такі режими:  $(2...7) \cdot 10^8$  Вт/м<sup>2</sup>; для сталі ШХ15 —  $(5...8) \cdot 10^8$  Вт/м<sup>2</sup>.

Експериментальні результати показали значне перевищення товщини зміцненого шару у випадку лазерного легування В, Сг, Ні у порівнянні з лазерною термообробкою у таких же режимах. Мікротвердість зміцненого шару досягає 14...17 ГПа, що у 1,5...2 рази вище за мікротвердість, яку можна одержати при лазерному загартуванні (Рисунок 3). Спостерігається більш плавний перехід від максимальної мікротвердості до мікротвердості основи. Розподіл мікротвердості за глибиною

зміцненого шару корелює з даними рентгенівського фазового аналізу, рентгенівського спектрального мікроаналізу, оже-електронної і рентгенівської фотоелектронної спектроскопії. Зона лазерного легування являє собою погано травиму зону дрібнодисперсних фаз мартенситного типу, збагачених легуючими елементами. У випадку легування бором це фази орторомбічного  $Fe_3B$ , тетрагонального  $Fe_2B$  і  $\alpha$ -Fe (B, C).



- 1 — борований неопромінений зразок ;
- 2 — борований опромінений ( $q = 2 \cdot 10^7 \text{Вт/м}^2$ );
- 3 — борований опромінений ( $q = 5 \cdot 10^8 \text{Вт/м}^2$ );
- 4 — без покриття, опромінений ( $q = 5 \cdot 10^8 \text{Вт/м}^2$ ).

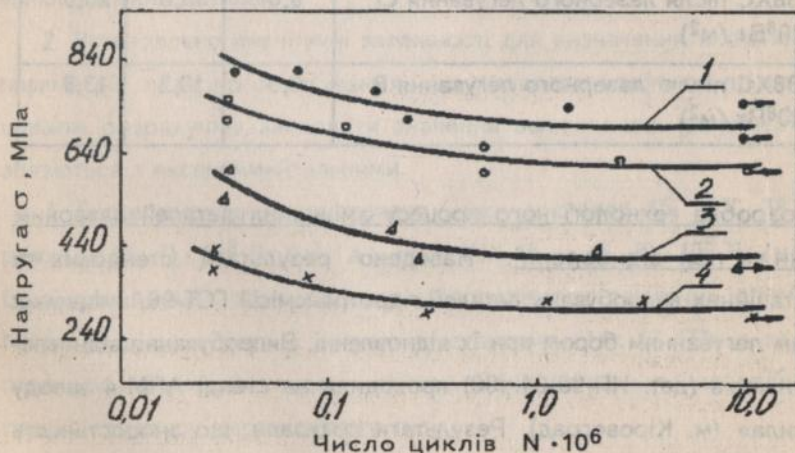
Рисунок 3 — Розподіл мікротвердості за глибиною зміцненого шару зразків сталі 40X

В умовах реалізації процесу прискореного масопереносу параметр шорсткості поверхні  $R_a$  змінювався з 2 до 5 мкм.

Досягнення необхідних концентрацій легуючих елементів, створення дрібнозернистих структур у зміцненому шарі, одержання доброї якості легованої поверхні забезпечується питомою енергією легування  $(1...3) \cdot 10^9 \text{Дж/м}^2$  і оптимальною товщиною попередньо сформованого шару легуючого елемента 45...60 мкм. У вигляді номограм встановлено

залежність оптимальних технологічних параметрів лазерного легування.

Лазерне легування В, Сг, Ні дозволяє підвищити зносостійкість досліджуваних сталей у 3...8 разів і знизити зношування спряження у 2...5 разів, що можна простежити з таблиці 1. Це пояснюється текстурованістю і фазовим складом зміцнених шарів. Одержана структура стійка до знеміцнення в умовах високих температур, що було доведено випробуваннями на теплостійкість. Так, мікротвердість опромінених борованих зразків і характер її розподілу у зоні лазерного впливу практично не змінились після п'ятигодинного ізотермічного витримування у вакуумі при температурі 973 К. Лазерне легування без оплавлення поверхні підвищує опір втомленості на 15...30% у порівнянні зі зразками, підлеглими термообробці (Рисунок 4), що пояснюється наявністю залишкових напруг стискуючого типу  $\sigma = - (50...120)$  МПа; формує однорідну дрібнозернисту структуру, яка створює в'язкий злам, про що свідчать зняті фрактограми.



- 1 — нікельований і борований ( $q = 2,5 \cdot 10^8$  Вт/м<sup>2</sup>);
- 2 — без покриття, загартовані;
- 3 — нікельований і борований ( $q = 3,2 \cdot 10^9$  Вт/м<sup>2</sup>);
- 4 — нікельований і борований без лазерної обробки.

Рисунок 4 — Втомлена міцність зразків сталі 40X

Таблиця 1.

Порівняльна оцінка випробувань пар тертя за схемою «ролик-спряжена колодочка» (колодочка з Бр ОЦС-5-5-5,  $P = 4,9$  МПа,  $n = 16$  с<sup>-1</sup>, тривалість — 15 годин).

Ролик	Інтенсивність зношування за масою, мг/км		
	ролик	колодочка	пара
Сталь 38ХС без покриття, загартована	26,3	30,4	56,7
Сталь 38ХС без покриття, після лазерного загартування ( $q=3 \cdot 10^8$ Вт/м <sup>2</sup> )	14,2	22,7	36,9
Сталь 38ХС після лазерного легування Ni ( $q=3 \cdot 10^8$ Вт/м <sup>2</sup> )	10,3	15,6	25,9
Сталь 38ХС після лазерного легування Cr ( $q=3 \cdot 10^8$ Вт/м <sup>2</sup> )	6,6	14,0	20,6
Сталь 38ХС після лазерного легування В ( $q=3 \cdot 10^8$ Вт/м <sup>2</sup> )	3,6	10,2	13,8

5 Розробка технологічного процесу зміцнення деталей лазерним легуванням при відновленні. Наведено результати стендових та експлуатаційних випробувань деталей гідротрансмiсiй ГСТ-90, зміцнених лазерним легуванням бором при їх відновленні. Випробування відновлених плунжерів (дет. НП-90-01.100) проводили на стенді АПМ-4 заводу «Гідросила» (м. Кіровоград). Результати показали, що зносостійкість плунжерів збільшилась у 2,1...3,2 рази у порівнянні з заводським варіантом зміцнення. Зношування втулок, спряжених з плунжезами, зменшилось у 1,9...2,5 рази.

На основі результатів проведених досліджень для зміцнення і відновлення деталей тракторів, автомобілів і сільськогосподарських

машин лазерним легуванням рекомендовано такий технологічний процес: миття, дефектація, контроль і сортування, шліфування попереднє, нанесення легуючого елемента, лазерне легування, шліфування тонке (доведення), контроль ВТК.

Оптимальні режими лазерного легування для установки ЛГН-702:  $P = 780 \pm 30$  Вт,  $d = 3,5$  мм;  $V_L = 0,7$  мм/с;  $n_L = 0,4 \dots 0,6$  с<sup>-1</sup>,  $h_{\text{лег}} = 0,3 \dots 0,5$  мм; для установки ЛТ1-2:  $P = 3,0 \pm 0,1$  кВт,  $d = 8$  мм;  $V_L = 1,7$  мм/с;  $n_L = 0,67 \dots 1,05$  с<sup>-1</sup>,  $h_{\text{лег}} = 0,5 \dots 0,8$  мм.

Економічний ефект від зміцнення при відновленні одного плунжера складає 0.7 гривні.

### Загальні висновки.

1. Аналіз існуючих технологій зміцнення показав, що лазерна обробка має значні потенційні можливості і переваги, а лазерне легування В, Сг, Ні без оплавлення поверхні є найбільш прийнятним для відповідальних деталей.

2. Встановлено аналітичні залежності для визначення технологічних параметрів лазерного легування, що дозволяє керувати процесом і шляхом розрахунків знаходити значення величин цих параметрів, які збігаються з експериментальними.

3. Експериментально визначено, що у сталях 45, 40Х, 38ХС у режимах  $(2 \dots 7) \cdot 10^8$  Вт/м<sup>2</sup>, а у сталі ШХ-15 —  $(5 \dots 8) \cdot 10^8$  Вт/м<sup>2</sup> відбувається процес прискореного масопереносу легуючих елементів. Мікротвердість поверхні легування становить 14...17 ГПа з плавним переходом до мікротвердості основи. Зона легування має дрібнодисперсну структуру мартенситного типу.

4. Дослідженнями показано, що лазерне легування сталей дозволяє підвищити їх зносостійкість у 3...8 разів, знизити зношування спряженя у 2...5 разів завдяки створенню зміцненого шару текстурованого типу з включенням боридів Fe<sub>2</sub>B, Fe<sub>3</sub>B.

5. Встановлено, що теплостійкість сталей 45, 40Х, 38ХС, ШХ-15 піс-

ля лазерного легування підвищується у 1,2...1,5 рази у порівнянні з лазерним загартуванням. Це пояснюється створенням мікроструктури зони легування, стійкої до знеміцнення при високих температурах.

6. Визначено, що після лазерного легування В, Сг і Ні підвищується опір втомленості на 15...30%, залишкові напруги у зоні легування мають стискуючий характер.

7. Виявлені закономірності процесу лазерного легування дозволили розробити технологію відновлення відповідальних деталей методом ремонтних розмірів з наступним зміцненням і запропонувати її для широкої номенклатури деталей.

8. Проведені стендові та експлуатаційні випробування показали, що лазерне легування деталей бором знижує зношування спряження «плунжер-втулка блоку циліндрів» гідротрансмісії ГСТ-90 у 1.9...2.5 рази у порівнянні з серійними деталями.

9. Річний економічний ефект від запропонованої технології складає 16376 гривень при програмі 23400 плунжерів.

Основні положення дисертації викладені в наступних роботах.

1. Аулина Т. Н., Шмат С. И., Аулин В. В. Об использовании лазерного излучения для упрочнения деталей// Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин. — К.: Техніка, 1988. — Вып. 16. — С. 82-85.

2. Аулина Т. Н., Сомов Б. Б., Аулин В. В. Исследование процессов лазерного легирования конструкционных сталей// Лазерная и плазменная обработка, — М.: МИСиС, 1988. — С. 103-108.

3. Аулина Т. Н., Сомов Б. Б., Аулин В. В. Изменение текстуры рабочей поверхности деталей сельскохозяйственных машин после лазерной обработки// Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин. — К.: Техніка, 1990. — Вып. 20. — С. 88-91.

4. Аулина Т. Н. Лазерное упрочнение деталей сельскохозяйственного машиностроения//Тез. докладов республ. научно-практич. конферен-

- ции «Проблемы конструирования и технологии производства сельскохозяйственных машин». — Кировоград, 1991. — Ч.1. — С. 77.
5. Аулина Т. Н., Аулин В. В. Влияние лазерной обработки на усталостную стойкость деталей//Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин. — К.: Техніка, 1993. — Вып.23. — С. 63-68.
6. Ауліна Т. М., Аулін В. В., Коваленко П. А. Вплив лазерної обробки на зносостійкість деталей сільськогосподарських машин//Проблеми підвищення надійності та довговічності машин. — Кировоград: КІСМ, 1996. — С. 89-91.
7. Ауліна Т. М. Фазовий склад і твердість борованих опромінених зразків зі сталей// Підвищення технічного рівня сільськогосподарського виробництва та машинобудування. — Кировоград: КІСМ, 1997. — С. 67-71.
8. Ауліна Т. М. Зносостійкість зміцнених шарів деталей після лазерної обробки// Підвищення технічного рівня сільськогосподарського виробництва та машинобудування. — Кировоград: КІСМ, 1997. — С. 45-50.
9. Ауліна Т. М., Мажейка О. Й., Аулін В. В., Коваленко П. А. Вплив параметрів лазерної обробки і процесу масопереносу на товщину зміцненого шару відновлюваних деталей//Підвищення технічного рівня сільськогосподарського виробництва та машинобудування. — Кировоград: КІСМ, 1997. — С. 50-58.

### Аннотация

Аулина Т. Н. Упрочнение деталей сельскохозяйственной техники лазерным легированием при восстановлении.

Рукописная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.03 -- Эксплуатация, восстановление и ремонт сельскохозяйственной техники, Кировоградский институт сельскохозяйственного машиностроения, Кировоград, 1997 г.

Содержит теоретические и экспериментальные исследования процесса лазерного легирования без оплавления поверхности. Разработана технология упрочнения деталей сельскохозяйственной техники лазер-

ным легированием при восстановлении. Предложенная технология внедрена в ремонтное производство, приводятся данные о ее технико-экономической эффективности.

Summary

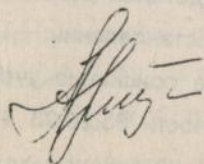
Aulina T. Hardening of agricultural equipment part by laser alloying during restoration.

Manuscript dissertation to stand for the degree of candidate of technical sciences on speciality 05.20.03 — Maintenance, restoration and repair of agricultural machines. Kirovograd Institute of Agricultural Engineering, Kirovograd, 1997.

The dissertation contains theoretical and experimental study of the laser alloying process without surface flash. The laser alloying hardening technology during restoration of agricultural equipment parts has been developed. The technology proposed has been adopted in repair practice and equipment tool production. Data on technical and economic efficiency are given.

Ключові слова:

лазерне легування, масоперенос, відновлення, зміцнення, сталльні деталі, густина потужності випромінювання, технологічні параметри.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Aulina T.', is located at the bottom center of the page. The signature is stylized and cursive.

Комп'ютерна верстка Шелудяков А. С.

Здано до набору 19.05.97. Підписано до друку 27.05.97.

Формат 60x84 1/16 (A5). Папір газетний. Надруковано на різнографі.

Гарнітура Times. Умов. друк. арк. 1. Зам. № 589/97. Тираж 100 прим. A|E|Work|Aulina

© РВЛ. КІСМ. м. Кіровоград, пр. Правди, 70-А, тел. 59-75-41, 55-92-45.

286 569

AB 38.070