

КОМБІНОВАНИЙ СПОСІБ МОДИФІКАЦІЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ БОРУВАННЯ І ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ

Чернета Олег Георгійович, канд. техн. наук, доцент кафедра автомобілів та транспортно-логістичних систем, Дніпровський державний технічний університет, e-mail: OCherneta@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3871-6923

Очеретяний Микола Анатолійович, аспірант, Дніпровський державний технічний університет, e-mail: Kolo4eret@gmail.com

Скороход Максим Вікторович, аспірант, Дніпровський державний технічний університет, ORCID: 0000-0008-4801-8177, maksymskrhd@gmail.com

Бондюк Денис Миколайович, аспірант, Дніпровський державний технічний університет, e-mail: dbondyuk@gmail.com

Суслов Іван Вікторович, аспірант, Дніпровський державний технічний університет, ORCID: 0009-0008-1759-8930, e-mail: Malina280081991 @gmail.com

Актуальність дослідження пов'язана з технологіями відновлення та ремонту газорозподільного механізму двигунів внутрішнього згорання. Ці технології застосовані на сучасних методах зміцнення поверхневого шару деталей ГРМ двигунів внутрішнього згорання.

Метою дослідження є визначення оптимальних способів зміцнення робочих поверхонь пар тертя деталей двигуна.

Об'єктом дослідження є зміцнені поверхні.

Експериментально доведено, що при обробці боридних шарів електронним пучком у вакуумі здійснюється зміна морфології боридів. Крім того, боридні шари стають гетерогенними – мають тверді і м'які структурні складові, що призводить до зниження крихкості борованого шару. Гетерогенність борованого шару забезпечується завдяки наявності суттєвого признаку винаходу, а саме наступною обробкою електронним пучком у вакуумі за наданими режимами борованого шару, що сформований трьохфазним боруванням. Недоліком даного способу є неконтрольований процес структуроутворення і неможливість забезпечити однорідний поверхневий шар з наданими фізико-механічними характеристиками.

Відмінністю дослідного комбінованого способу обробки є режими, складові боровміщуючих компонентів і речовин, обладнання, способи і послідовність проведення обробки зміцнення [1, 2].

В основу технології поставлена задача вдосконалення комбінованого способу модифікації поверхні деталі шляхом об'єднання двох послідовних операцій – насичення поверхневого шару бором в печі з утворенням надміцних фаз FeB, Fe₂B з мікротвердістю H_{μ50}=16000 МПа на сталі 45 на глибині 25 мкм. Недоліком надтвердої структури є її крихкість і схильність до тріщино утворення. Для усунення цих вад запропоновано другий цикл обробки з використанням лазера попередньо борованих поверхней деталі. Голчаста

мікроструктура поверхневого борованого шару під дією лазерного опромінювання руйнується. Кристалічні голки мікроструктури подрібнюються і виникають нові структури гарту в поверхневих шарах типу карбоборидів Fe(CB), Fe₂(CB). Знижуються на 20% над високі напруження кристалічної решітки і мікротвердість $H_{\mu 50}=14000$ мПа в поверхневому шару.

Режими лазерної обробки розроблений з наступними параметрами при: енергія накопичення $E=28$ кДж, $\varnothing=8$ мм – діаметром лазерного пучка з коефіцієнтом перекриття зон обробки 15%, з тривалістю імпульсу $1 \cdot 10^{-3}$ - $2 \cdot 10^{-3}$ с і з відстанню до мішені 70 мм. У запропонованому комбінованому способі при боруванні в печі відбувається насичення поверхневого шару бором на глибину 25 мкм. Наступний етап при модифікації поверхні – це обробка імпульсним лазером однорідної насиченої бором поверхні з зберіганням геометричних параметрів [3].

Реалізація комбінованого способу за прототипом призводить до часткової перекристалізації мікроструктур борованого шару. Надтвердий голкоподібний борований шар після лазерної обробки перетворюється на більш менші утворення, а накопичення боридів FeB, Fe₂B трансформуються у карбобориди типу Fe(CB), Fe₂(CB) із зменшенням твердості поверхневого шару на 15-20%. При цьому пропорційно підвищується пластичність матеріалу, що позитивно впливає на загальні характеристики міцності і зносостійкості. Коливання величин накопичення енергій менше ніж $E=28$ кДж призводить до неповної перекристалізації структур поверхневого шару, наявності зон без впливу лазерного випромінювання. При використанні енергій більше $E=28$ кДж призводить до неконтрольованого оплавлення локальних зон, порушенню і руйнацію мікрогеометрії поверхневого шару, виникнення кратерів і інших дефектів поверхневого шару. При коливанні коефіцієнту перекриття менш ніж 10% окремі локальні зони не попадають під зону лазерного впливу, а більш ніж 30% до порушенню балансу складових компонентів і борованому шарі і неконтрольованих процесів гарту і подвійного гартування.

На рис.1 надана принципова схема здійснення запропонованого комбінованого способу зміцнення поверхневого шару. Розподільний вал 1 двигуна внутрішнього згорання розміщують в камері печі 2 для борування.

Електричний нагрівальний прилад 3 забезпечує підтримку температури в печі $T=850^{\circ}$ з витримкою 7 годин в середовищі бороваміслюючих речовин. Другий етап процесу зміцнення пов'язаний з лазерною обробкою (твердотільний імпульсний лазер 3 ГОС- 1001) борованого шару за наданими режимами при енергії накопичення $E=28$ кДж, $\varnothing=8$ мм – діаметром лазерного пучка з коефіцієнтом перекриття зон обробки 15%, з тривалістю імпульсу $1 \cdot 10^{-3}$ - $2 \cdot 10^{-3}$ с і з відстанню до мішені 70 мм. Після закінчення комбінованого способу зміцнення поверхня деталі очищується від продуктів нагару та окислення. В результаті борування і лазерної обробки 4 на поверхні формується зносостійкий шар товщиною 25 мкм з боридами FeB, Fe₂B і карбоборидами Fe(CB), Fe₂(CB) (рис.2а,б.) [3].

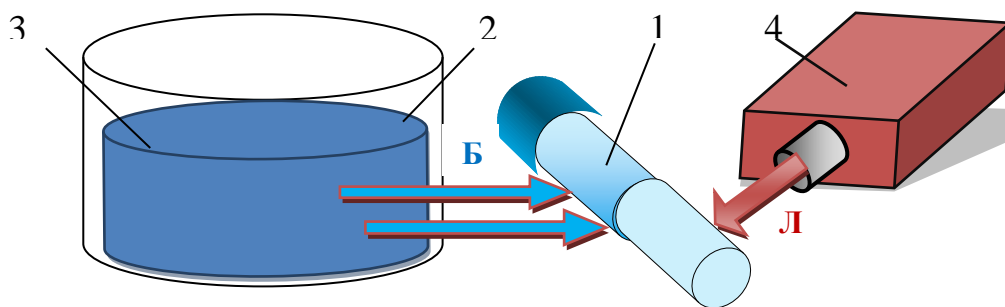


Рис.1 Схема комбінованого способу зміцнення – буровання + ЛО

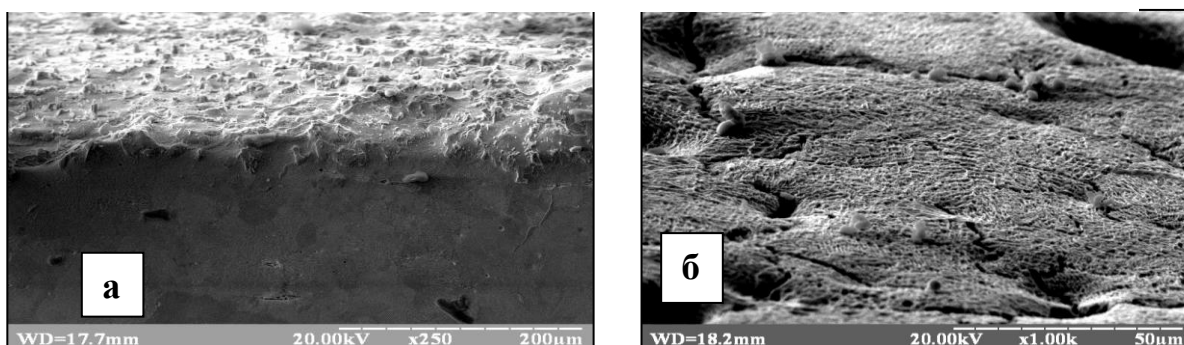


Рис.2 Мікроструктури поверхні із сталі 45 а- борваного шару ; б - борваного шару з лазерною обробкою поверхні імпульсним лазером ГОС-1001

Висновки

Запропонований комбінований спосіб зміцнення на основі буровання з наступною лазерною обробкою, дозволяє одержати більш технологічні надміцні структури з широким спектром фізико-механічних характеристик.

Література

1. Чернета О. Г. Зміцнення деталей автомобільного транспорту комбінованою лазерною обробкою : монографія. – Кам’янське : ДДТУ, 2024. –147 с.
2. Чернета О.Г. Ефективні матеріали і покриття при виготовленні і відновленні деталей автомобілів. О.Г. Чернета, О.М. Коробочка. Навчальний посібник– Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2008 – 143с.
3. Спосіб комбінованої модифікації поверхні деталі. Патент України на корисну модель №151554, 10.08.2022р., Бюл. № 32. Чернета О.Г., Авер’янов В. С., Сасов О.О., Серeda Б.П., Лисенко О.Б.