

ЛАЗЕРНЕ ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЦНЕННЯ ПРЕЦИЗІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ

Афанасьєва О. В.,

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри фізичних основ електронної техніки
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна*

Дощечкіна І. В.,

*кандидат технічних наук, доцент,
професор кафедри технології металів та матеріалознавства
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна*

Лалазарова Н. О.,

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології металів та матеріалознавства
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
м. Харків, Україна*

Анотація. Вирішальний вплив на роботу дизелів має стан паливної апаратури і особливо її прецизійних деталей, від стану поверхні яких залежить протікання процесів сумішоутворення і згоряння в циліндрах двигуна. Деталі паливної апаратури працюють в умовах тертя і зносу, корозійного впливу палива. Абразивну дію мають продукти зносу деталей і продукти корозії. В роботі розглянуто підвищення зносостійкості голки розпилювача паливної апаратури лазерним гартуванням. Для поверхневого зміцнення використовували твердотільний YAG-лазер потужністю 5 Вт. Під час експлуатації ведучим видом

зносу у голки є абразивний з наступним переходом у мікросхоплювання. Рекомендовано піддавати голку розпилювача із сталі Р9 гартуванню, обробці холодом і одному відпуску, що дозволяє скоротити тривалість термічної обробки, зменшити кількість залишкового аустеніту і отримати твердість 63–64 HRC. Структура сталі після термічної обробки – високолегований мартенсит, дисперсні карбіди і залишковий аустеніт. Для поверхневого зміцнення окремих ділянок голки, які піддаються інтенсивному зносу, використовували лазерне поверхнєве гартування лазером малої потужності, що працює в імпульсному режимі. Встановлено, що мікротвердість сталі Р9, яку піддавали поверхневому лазерному гартуванню від температур близьких до температури солідуса, залежить від тривалості імпульсу. Між залежностями мікротвердості, кількістю залишкового аустеніту і числом вторинних карбідів від довжини імпульсу спостерігається хороша кореляція. Визначена оптимальна тривалість імпульсу лазерного випромінювання (3 мс) для отримання максимальної твердості 12800 МПа і товщини зміцненого шару 0,15-0,2 мм.

Ключові слова: Імпульсний режим, Лазерне гартування, Швидкорізальна сталь.

Надійність дорожньо-будівельної техніки в значному ступені залежить від надійності дизелів та їх паливної апаратури (Локшин, 2002). Вирішальний вплив на роботу дизелів має стан паливоподаючої системи і особливо її прецизійних деталей. Від стану поверхні цих деталей залежить протікання процесів сумішоутворення і згоряння в циліндрах двигуна, які визначають економічні, динамічні та експлуатаційні показники всієї машини. Ресурс паливної апаратури обмежується не тільки технологією виготовлення деталей, покращенням фільтрації палива, зміною конструкцій деталей, але в значному ступені зносостійкістю прецизійних пар. Розпилювач є важливим вузлом паливної апаратури – це елемент системи впрыскування, призначений для дозованої

подачі палива, його розпилення в камері згоряння і утворення паливо-повітряної суміші. Деталі розпилювача працюють в умовах напіврідкого змащення, високих температур (100–280 °C), агресивного середовища (дизельне паливо), зношування (абразивну дію мають самі продукти зносу деталей, продукти згоряння палива), високого тиску, ударних навантажень (швидкість відносного переміщення 1,85 м/с і вище) (Грехов та ін., 2005).

Наслідки зносу деталей – зменшення гідравлічної щільності, герметичності і спотворення характеристик паливної апаратури.

Мета роботи – підвищення зносостійкості голки розпилювача паливної апаратури лазерним гартуванням.

Голку розпилювача виготовляють із швидкорізальних сталей (Грехов та ін., 2005). Для лазерного зміцнення використовували твердотільний YAG-лазер потужністю 5 Вт.

Рекомендовано замінити стандартний режим об'ємної термічної обробки голки розпилювача із швидкорізальної сталі P9, який складається із гартування та трьох відпусків, на гартування, обробку холодом і один відпуск при $t = 550 - 570$ °C на протязі 60 хв, що дозволяє скоротити тривалість термічної обробки, зменшити кількість залишкового аустеніту і отримати твердість 63–64 HRC.

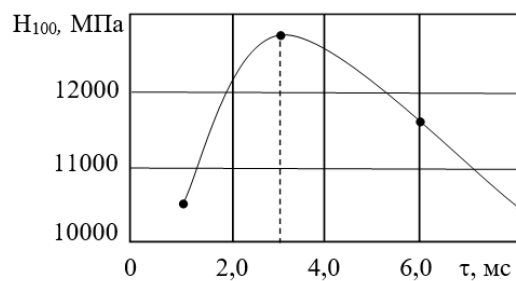
Структура сталі після гартування, обробки холодом і відпуску: високолегований мартенсит, карбіди, залишковий аустеніт ~ 5 %.

Для локального поверхневого зміцнення ділянок голки, які піддаються інтенсивному зносу, використовували гартування лазером малої потужності, що працює в імпульсному режимі

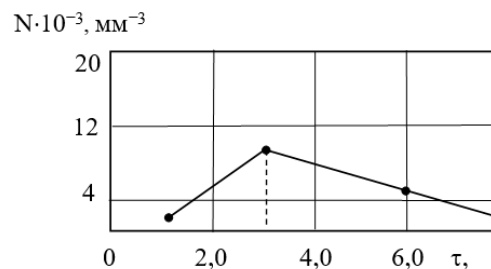
Вважають, що безперервний режим лазерного випромінювання більше підходить для проведення термічної обробки сталевих виробів. Однак використання імпульсного режиму дозволяє знизити потужність лазерних пристроїв для поверхневого зміцнення. Дуже мала тривалість імпульсів і можливість фокусувати випромінювання в пляму малого діаметра, дозволяє отримувати енергії потужності, які є достатніми для нагріву зміцнюваної

поверхні до температур вище фазових перетворень (Афанасьєва, & Лалазарова, 2015).

В роботі досліджували вплив тривалості імпульсу лазерного випромінювання на мікротвердість H_{100} зміцненого шару. Максимум мікротвердості відповідає тривалості імпульсу $\tau=3$ мс (рис. 1, а). Тривалість імпульсу 3 мс забезпечує густину енергії випромінювання, тобто енергію в імпульсі, яка необхідна для нагріву до температур близьких до температури солідусу (T_c), при яких відбуваються фазові перетворення в сталі Р9.



а



б

Рис. 1. Залежність твердості (а) загартованого шару і кількості карбідів (б) від тривалості імпульсу

Металографічними дослідженнями не вдалось знайти різницю між структурою сталей після лазерного гартування імпульсами різної тривалості. Таку різницю знайдено при рентгеноструктурному аналізі. При $\tau_i=3,0$ мс в сталі мінімум залишкового аустеніту, після лазерного гартування імпульсами 1,5 і 8,0 мс в структурі знайдено ~ 15 % залишкового аустеніту.

В структурі сталі присутні вторинні карбіди для всіх досліджуваних значень τ ; після лазерного гартування від температури T_c , їх кількість також залежить від тривалості імпульсу. Максимальна кількість карбідів спостерігається при $\tau=3$ мс (рис. 1, б).

При збільшенні тривалості імпульсу (і щільності енергії) спостерігається зменшення твердості, що пояснюється оплавленням поверхні і утворенням менш твердих структурних складових, збільшенням кількості залишкового аустеніту.

На рис. 2 наведений розподіл твердості за глибиною зміцненого шару. Глибина зміцненого шару при лазерній обробці на оптимальних режимах досягає 0,1-0,2 мм.

Широке розповсюдження лазерного імпульсного гартування обумовлено формуванням специфічних метастабільних структур, які мають високий опір зносу в процесі тертя.

При оптимальній тривалості імпульсу 3 мс максимальна твердість поверхневого шару сталі P9 може досягати 11000–12800 МПа.

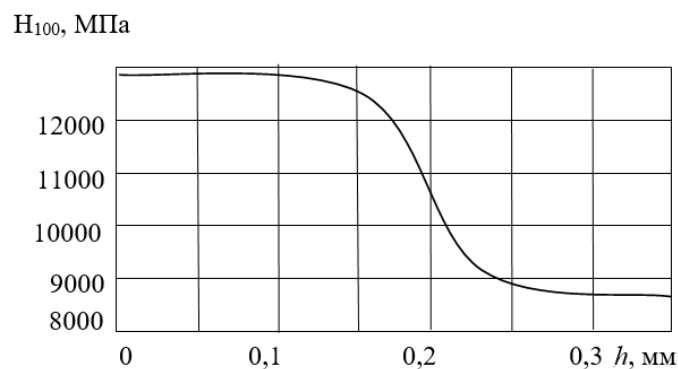


Рис. 2. Зміна мікротвердості за глибиною зони лазерного впливу

Порушення режимів лазерної обробки (збільшення тривалості імпульсу) викликає оплавлення поверхневого шару. Обробка з оплавленням призводить не тільки до зниження твердості, але і до погіршення якості поверхні – збільшення

шорсткості, порушення геометрії, що не бажано для прецизійних деталей паливної апаратури.

Таким чином, на основі проведених досліджень встановлено, що мікротвердість сталі Р9, яку піддавали поверхневому лазерному гартуванню, залежить від тривалості імпульсу. Між залежностями мікротвердості, кількістю залишкового аустеніту і числом вторинних карбідів від довжини імпульсу спостерігається хороша кореляція. Визначена оптимальна тривалість імпульсу (3 мс) лазерного випромінювання для отримання максимальної твердості поверхневого шару швидкорізальної сталі 12800 МПа.

Література:

- [1] Локшин, Е. С. (2002). *Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов*. Мастерство.
- [2] Грехов, Л. В., Иващенко, Н. А., & Марков, В. А. (2005). *Топливная аппаратура и системы управления дизелей*. (2-е изд.). Легион-Автодата.
- [3] Афанасьева, О. В., & Лалазарова, Н. А. (2015). Влияние параметров импульсной лазерной закалки на структуру и свойства углеродистых сталей. *Прикладная радиоэлектроника*, 14 (3), 262-266.