

ВПЛИВ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ

Глушкова Д. Б.¹, Ніконов О. Я.¹

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Для підвищення довговічності деталей циліндро-поршневої групи двигунів внутрішнього згоряння застосовують різні матеріали й технологічні прийоми, які є досить дорогими. Працездатність двигунів внутрішнього згоряння значною мірою залежить від терміну експлуатації деталей циліндро-поршневої групи, що працюють в умовах тертя, циклічного змінювання силових і температурних навантажень. Тому підвищення довговічності цих деталей має велике значення і є актуальним завданням.

Ключові слова: аустеніт, мартенсит, оплавлення, лазерна обробка, поршень.

Вступ

Працездатність двигунів внутрішнього згоряння значною мірою залежить від довговічності деталей циліндро-поршневої групи, що працюють в умовах тертя, циклічної зміни силових і температурних навантажень. Тому підвищення довговічності цих деталей має велике значення.

Сучасний рівень розвитку лазерної техніки дозволяє розглядати лазери як зручний економічний і надійний інструмент, який має високу продуктивність, надзвичайно широкий спектр матеріалів, які обробляються і застосовуються для зміцнення приповерхневих шарів широкої номенклатури деталей [1–4]. Матеріали, які використовуються для деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ), повинні мати високі показники: 1) припрацьовуваності; 2) зносостійкості; 3) задиростійкості. Цим вимогам значною мірою задовольняє високоміцний чавун.

Аналіз публікацій

Зміну властивостей поверхневих шарів матеріалів за допомогою лазерного випромінювання можна здійснювати як у результаті швидкісного термічного циклу, так і насиченням поверхні легуючими елементами. Ці елементи, розчинившись в основному металі, утворюють новий шар з особливими властивостями [4–6].

На характер формування зміцненого шару великий вплив має розподіл енергії в лазерному промені. Для збільшення ефективності лазерного зміцнення на поверхні, які обробляються, наносять спеціальні покриття, які добре поглинають енергію випромінювання [7].

У роботі [8] наведено результати лазерного зміцнення внутрішньої поверхні напрямних клапанів із сірого чавуну. Для підвищення опору удару і зношуванню за наявності гарячих газів проводять лазерне легування за допомогою металевих порошків.

Автори робіт [8–10] рекомендують застосовувати лазерне термічне зміцнення для підвищення зносостійкості чавунних поршнів, доріжок підшипників кочення, галтелей, колінчастих валів та інших деталей.

Лазерну обробку застосовують для пар тертя деталей паливних насосів дизелів, шийок і виступів кулачкових валів, деталей гальмівних циліндрів [11, 12]. Її використовують для зміцнення робочих поверхонь валів, досягаючи при цьому твердості 60–64 HRC і товщини зміцненого шару 0,2–0,5 мм, а також для наскрізного зміцнення тонких деталей без викривлення.

В роботі [13] зміцнювали сфери корпусу диференціала роздавальної коробки легкових автомобілів, які виготовлені з перлітного ковкого чавуну. Стендові випробування показали, що довговічність корпусів після лазерного гартування збільшується в 6–10 разів.

Порівняльні дослідження чавунів, оброблених імпульсним і безперервним лазером, показали [14], що імпульсна обробка з оплавленням феритного і перлітного чавунів призводить до виникнення в поверхневому шарі значних розтягувальних напружень, які релаксують з утворенням тріщин. Опромінення без оплавлення створює на поверхні значні стискальні напруження.

Безперервне випромінювання лазера під час обробки без оплавлення викликає появу на поверхні більш високих розтягувальних напружень. Для запобігання утворенню трі-

щин при гартуванні перлітного ковкого чавуну рекомендується обробка з меншими швидкостями нагрівання й охолодження, що може бути досягнуто за одночасного зменшення щільності потужності випромінювання і швидкості переміщення променя.

Авторами [15] розроблено режими лазерної термообробки для зміцнення автомобільних деталей: гільз циліндрів, корпусів підшипників водяного насоса і сидла клапана, які забезпечують підвищення зносостійкості, відсутність викривлення і відносно низьку трудомісткість.

Таким чином, при впровадженні лазерної термічної обробки для кожної групи деталей необхідно розробляти спеціальне оснащення і режими його роботи. Висока вартість цього процесу обумовлює економічну ефективність і доцільність обробки невеликих, але відповідальних ділянок деталей.

Незважаючи на те, що лазерна обробка в наш час є більш дорогою, ніж стандартна термічна, в ряді випадків її впровадження дозволяє отримувати значний економічний ефект.

Як видно з розглянутих прикладів, ефективність лазерного зміцнення і легування досить висока, проте в цей час приклади промислового використання цього виду обробки обмежені. Це пояснюється як новизною процесу, так і необхідністю проведення подальших досліджень з метою створення надійного технологічного обладнання.

Мета і постановка завдання

Метою цієї роботи є встановлення впливу поверхневої лазерної обробки на структуру і

властивості високоміцного чавуну, що використовується для виготовлення поршневих кілець.

Матеріали й методика дослідження

Хімічний склад чавунів, що застосовуються для виготовлення основних деталей циліндро-поршневої групи, та їх механічні властивості приведені в табл. 1.

Обробка проводилась лазером безперервної дії марки ЛТ-1. Для збільшення поглинальної здатності оброблювані поверхні зразків піддавалися чорнінню різними способами: оксидуванням і фосфатуванням, були обрані режими, які дозволили досліджувати вплив на формування і властивості зміцненого шару наступних параметрів випромінювання:

- потужність випромінювання W за постійної швидкості опромінювання;
- швидкість опромінювання за постійної потужності випромінювання;
- щільність потужності випромінювання W_p .

Щільність потужності:

$$W_p = \frac{W}{S} \quad (1)$$

при $V_{\text{вип}} = \text{const}$ може варіюватись або змінною потужності випромінювання, або змінною та розфокусуванням ΔF , тобто площею плями опромінювання.

Було проведено дослідження мікроструктури в початковому стані та після лазерної обробки. Мікротвердість вимірювалась на приладі ПМТ-3. Фазовий аналіз здійснювався рентгенівським методом.

Таблиця 1 – Хімічний склад чавунів, що застосовуються для виготовлення основних деталей циліндро-поршневої групи та їх механічні властивості

Деталь	Вміст елементів у чавуні, %											Механічні властивості		
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Sn	Mg	σ_B , МПа	$\sigma_{\text{Виг.}}$, МПа	НВ, МПа
Втулка	2,8 – 3,1	1,8 – 2,1	0,8 – 1,1	0,1 – 0,15	≤0,12	0,3 – 0,65	0,9 – 1,2	0,5 – 0,7	0,3 – 0,4	4,7 – 5,1	–	–	700	202 –
Поршень	2,9 – 3,1	1,6 – 2,0	0,9 – 1,2	< 0,1	< 0,1	0,15 – 0,35	0,7 – 1,0	0,2 – 0,4	6,2 – 0,45	–	–	300	–	207 –
Кільце	3,4 – 3,7	2,1 – 2,5	0,85 – 1,3	< 0,1	≤0,03	≤0,15	1,2 – 1,5	0,6 – 0,9	0,3 – 0,4	–	0,03 – 0,10	–	1000	101 –

Результати дослідження та їх обговорення

У дослідженому діапазоні режимів лазерної обробки в опроміненому високоміцному чавуні утворюються шари з виходом на поверхню зон, загартованих з розплавленого стану, – шари із зоною оплавлення і шари з

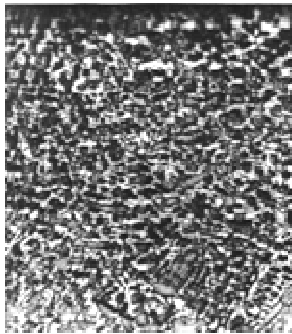
виходом на поверхню зон, загартованих від температур, менших за температуру солідусу, металевої основи – шари із зоною гартування.

Проведені дослідження показали, що поверхня чавуну оплавляється по всій площі

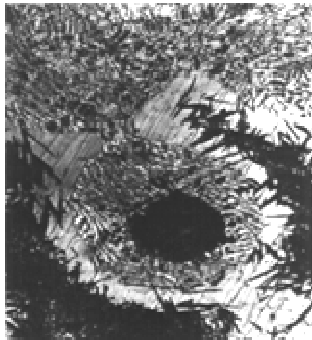
контакту з променем за швидкості опромінення 6,4 мм/с, частково – за швидкостях опромінення 6,5; 7,6 мм/с. За швидкості 11 мм/с спостерігається гартування тільки приповерхневого шару. Глибина шару при цьому зменшується зі збільшенням швидкості опромінювання за параболічним законом. За швидкості опромінювання 5,4 мм/с вона становить 1,3 мм, при 11 мм/с – 0,5 мм.

Структура оплавлених зон є неоднорідною за обсягом смуги опромінювання і скла-

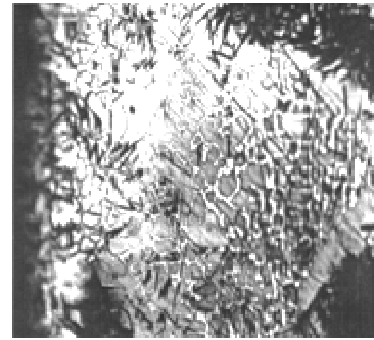
дається з трьох складових: загартованого з розплаву білого чавуну (рис. 1, а), загартованої з розплаву високовуглецевої сталі (рис. 1, б, в) і графіту. Неоднорідність пояснюється короткочасністю лазерного впливу, що не дозволяє отримувати однорідний за складом рідкий розчин у розплавленому гетерогенному об'ємі, а також неоднорідним розплавленням ділянок гетерогенної структури, які знаходяться при кожній даній ізотермі.



а



б



в

x100

Рис. 1. Структурні складові зони оплавлення: а, б – ділянки білого чавуну; в – ділянка високовуглецевої сталі

Показано (рис. 1, в), що перш за все за досягнення температури евтектичного перетворення розплавляються навколографітні зони і розчиняють вуглець, тоді як розплавлення основної металевої матриці евтектоїдного складу запізнюється.

Методом рентгенівського фазового аналізу встановлено наявність в оплавлених зонах аустеніту, мартенситу і цементиту в різних кількісних співвідношеннях. Зі збільшенням швидкості опромінення зменшується кількість аустеніту і цементиту.

Дослідження мікротвердості зони оплавлення так само підтверджують неоднорідність її структури. Найбільшу твердість мають ділянки із квазіевтектичною структурою ($H_{\mu}=8,5 \cdot 10^3 \dots 9,5 \cdot 10^3$ МПа), найменшу – аустеніт ($H_{\mu}=4,2 \cdot 10^3 \dots 5,7 \cdot 10^3$ МПа). Досить високу твердість аустеніту можна пояснити наклепом при швидкісній кристалізації й фазових перетвореннях. Мікротвердість мартенситно-аустенітної структури становить ($H_{\mu}=6,3 \cdot 10^3 \dots 8,5 \cdot 10^3$ МПа) і спостерігається тенденція до її зменшення зі зниженням швидкості опромінювання. Це пов'язано як зі збільшенням частки аустеніту, так і з відпуском мартенситу.

У зонах, які загартовані від температур, менших за евтектичні, вплив графіту здійснюється тільки за рахунок дифузії вуглецю в аустеніт. У зв'язку з короткочасністю лазерного впливу вуглець дифундує з графіту на дуже малі відстані й основний об'єм матриці не насичується вуглецем. Тому графіт не чинить помітного впливу на її структуру і властивості під час гартування. У зонах гартування залежно від температури нагріву можуть утворюватися при охолодженні структури голчастого мартенситу або безструктурного мартенситу. Обидві складові мають високу твердість $H_{\mu}=7,3 \cdot 10^3 \dots 8,5 \cdot 10^3$ МПа.

Швидше за все, що високе легування аустеніту в ліквацийній зоні й насиченість вуглецем знижує його M_n до від'ємних температур. У високотемпературній зоні гартування відбувається розплавлення матриці поблизу цементиту.

Проведений аналіз структури і властивостей опромінених шарів чавуну показав, що і при оплавленні, і при гартуванні відбувається значне зміцнення поверхневого шару. Вказані вище значення мікротвердості можна порівняти зі значеннями мікротвердості неопроміненого чавуну: $H_{\mu}=2,2 \cdot 10^3 \dots 3,6 \cdot 10^3$ МПа.

Лазерна обробка сприяє утворенню на поверхні тертя гетерогенної структури, що від-

повідляє вимогам, які висуваються до антифрикційних матеріалів. При цьому лазерна обробка практично не змінює чистоту та конфігурацію деталей циліндро-поршневої групи.

Дослідження впливу нагріву на стан структури та властивості показало, що за температури відпуску 400–500 °C не змінюється структурний стан (рис. 2). Це підтверджено рентгеноструктурним аналізом, а також замірами мікротвердості.

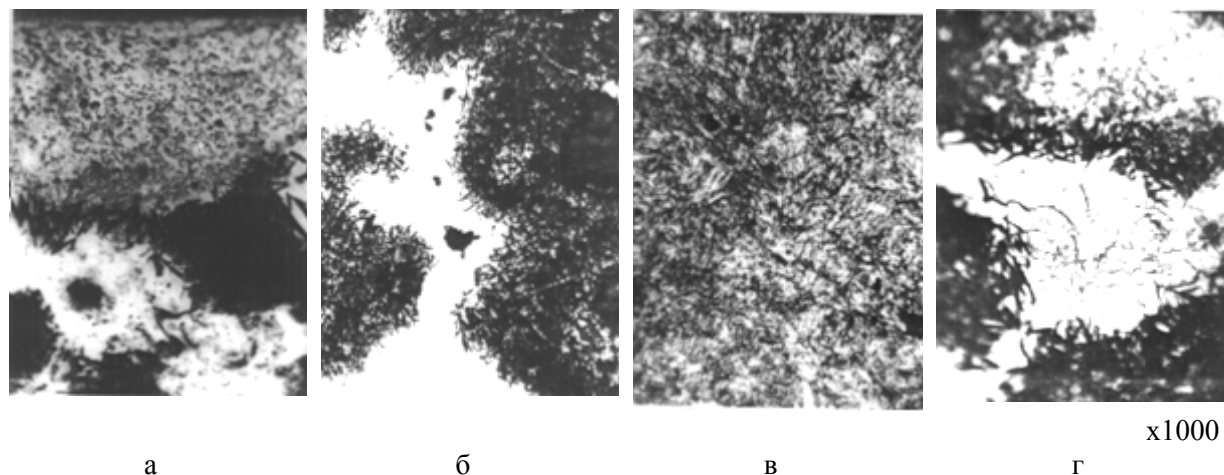


Рис. 2. Структура опроміненого шару після відпуску: а – зона оплавлення за температури відпуску 400 °C; б – зона гартування за температури відпуску 400 °C; в, г – зона гартування за температури відпуску 500 °C

Зміни мають місце після відпуску за температури 500 °C. При рентгенографічному аналізі фіксується помітне зменшення кількості аустеніту з 37 % після лазерної обробки до 12 % після відпуску. Мікротвердість аустеніту зон ліквідації зростає до $H_{\mu}=8,5 \times 10^3 \dots 9,5 \times 10^3$ МПа. Металографічно в ділянках зон ліквідації виявляється голчаста структурна складова, яку можна трактувати як карбідну фазу бейнітного походження (рис. 2, в). Збіднений вуглецем аустеніт під час охолодження зазнає вторинного загартування. Обидва процеси викликають зростання твердості зон ліквідації.

Твердість мартенситної складової практично не змінюється при нагріванні до темпе-

ратури 350 °C. Деяке зменшення твердості пояснюється відпуском мартенситу.

Зі збільшенням температури відпуску до 500 °C твердість знижується до значення $H_{\mu}=5 \times 10^3 \dots 6,3 \times 10^3$ МПа.

Таким чином, структура чавуну, яка утворюється після лазерного опромінення, зберігає високу твердість і гетерогенність у діапазоні температур до 350 °C.

Випробування на знос опромінених з оплавленням і загартованих поверхонь поршневих кілець демонструють істотне зниження зносу в порівнянні із серійним хромуванням поверхні, а також свідчать, що їх зміни не виходять за межі впливу температури, менше ніж 350 °C (табл. 2).

Таблиця 2 – Зносостійкість пари кільце–гільза (випробування проведені на машині тертя СМЦ-2 за навантаження 100 Н і час випробування 2 години)

Обробка	Знос, мг		Коефіцієнт тертя f
	кільце	ролик (гільза)	
Серійне хромування з покриттям після припрацювання	202	27,4	0,09
Лазерне гартування	0,2	10,7	0,09
Лазерне гартування з покриттям після припрацювання	0,4	10,7	0,07–0,09
Лазерне оплавлення	0,3	10,7	0,09–0,10
Лазерне оплавлення з покриттям після припрацювання	1,0	13,3	0,08–0,09
Лазерне гартування і відпуск при:			
200° C	0,25	12,7	
350° C	0,60	7,8	
400° C	0,80	7,1	
500° C	1,00	11,8	

Це підтверджується станом поверхонь зносу кілець. При цьому зменшується знос контртіла – гільзи. Більший знос кілець з поверхнею після оплавлення в порівнянні з гартуванням можна пояснити більшою часткою аустенітних ділянок, що виходять на поверхню тертя. Підвищений знос гільзи можна пояснити наявністю ділянок білого загартованого чавуну. При цьому значну роль відіграє зменшення частки графіту, який виходить на поверхню та має змащувальну дію. На підставі отриманих результатів можна сказати, що при лазерній обробці поршневих кілець кращим є опромінення з гартуванням поверхні. При цьому порушення режиму, який викликає часткове оплавлення поверхні, не є підставою для відбраковування деталей.

Висновки

1. Методами оптичної мікроскопії, вимірюванням мікротвердості, лабораторними та експлуатаційними випробуваннями на зношування вивчено структуру і властивості високоміцних чавунів після лазерної термообробки з метою визначення можливості використання цього методу обробки для підвищення довговічності деталей циліндро-поршневої групи.

2. Структура, отримана при лазерній обробці високоміцного чавуну є неоднорідною, що пояснюється короточасним лазерним впливом і неоднорідним розплавленням ділянок гетерогенної структури. Дослідження мікротвердості зони оплавлення підтверджують неоднорідність її структури.

3. Встановлено, що зміцнений лазерною обробкою чавун характеризується високою стійкістю до відпуску при нагріванні до 350 °С, що можна пояснити впливом кремнію та інших легувальних елементів.

4. Лазерна обробка приводить до суттєвого підвищення зносостійкості високоміцного чавуну.

5. Вивчено вплив режимів лазерної обробки на глибину, структуру, фазовий склад і властивості опроміненого шару в поршневих кільцях. Встановлено діапазони швидкостей опромінення, що створюють шари з повним, частковим оплавленням і загартуванням поверхні. Визначено режими опромінення, що виводять на поверхню шари з різним співвідношенням аустенітної, мартенситної й карбідної складової і властивостями, які забезпечують добру зносостійкість.

6. Показано, що найкращою зносостійкістю, яка перевищує зносостійкість серійних хромованих кілець, характеризуються кільця, опромінені за режимом: $W = 0,6$ кВт, $V_{\text{опр.}} = 10\text{--}11$ мм/с.

Література

1. Любченко А.П. Неразрушающий контроль глубины лазерной закалки деталей тепловозных двигателей. *Неруйнівний контроль та діагностика*. Збірник ФМШ ім. Карпенюка. Львів, 2003. С. 73-75.
2. Любченко А.П. Лазерно-технологический комплекс для термической обработки гильз цилиндра дизельных автомобилей. *Технология организации производства*. Київ, 2000. Вип. 3. С. 44 – 45.
3. Любченко А.П., Тарабанова В.П. Влияние температуры отпуска после лазерной закалки на износостойкость поршневых колец. *Научный вестник строительства*. Харків, 2011. Вип. 64. С. 50-56.
4. Тарабанова В.П., Нестеренко Е.А. Влияние различных видов поверхностной обработки на состояние поверхности трения. *Дни науки – 2012: материалы 8-й между. научно-практич. конф.* (Прага, 2012). Т.89, С. 63-68.
5. Котляров В.П., Бобылев А.Г., Анякин Н.И., Ивашенко А.Н. О возможности лазерной обработки. *Сборник Лазерная технология*, (Вильнюс: Институт физики АН Лат.ССР. 1988). Т5. С. 65–70.
6. Котляров В.П. Технологія лазерної обробки. Ніжин, 2010. *НДУ ім. М. Гоголя*. С. 53-60.
7. Тарабанова В.П., Белый В.А. Влияние параметров лазерного нагрева на глубину борированного слоя высокопрочного чугуна. *Научный вестник строительства*. Харків, 2014. Вип. 2(76). С. 81-84.
8. Роик Т.А., Белый В.А., Костина Л.Л. Прогрессивные методы упрочнения и восстановление деталей цилиндрико-поршневой группы. *НТУ Кийвський політехнічний університет НТМТ*. Моногр. Київ, 2014. 216с.
9. Hlushkova D., Voronova Y., Belyi V. Improvement of machine parts wears resistance. *European Applied Sciences*. 2015. vol.3, p. 24-27.
10. Чернета О. Г., Коробочка А.Н., Коржавин Ю.А. Формирование поверхностной структуры поршневых колец лазерным упрочнением. *Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века*. Междунар. сб. науч. тр. ДонГТУ. Донецк, 1999. Т. 3. С. 153–156.
11. Петров М.П. Лазерная обработка материалов. *Компоненты и технологии*. Киев, 2000. №10. С. 35–42.
12. Чернета О.Г., Коробочка А.Н., Козина Н.Н., Пустовойт А.М. Исследование физико-механических свойств поверхности поршневых колец, обработанных лазером. *Прогрессивные технологии и системы машиностроения*.

- ния. Междунар. сб. науч. тр. ДонГТУ. Донецк, 2001. Вып. 18. С. 71–75.
13. Чернета О. Г. Влияние азотирования и лазерной обработки на формирование износостойкой структуры рабочей поверхности поршневых колец ДВС. *Системні технології*. Регіон. міжвуз. зб.наук. пр. Дніпропетровськ, 2001. Вип. 4 (15). С.73–78.
 14. Глушкова Д.Б., Костина Л.Л., Рыжков Ю.В., Демченко С.В. Особенности формирования упрочненного слоя при лазерном борировании поршневых колец. *Науковий Вісник будівництва*. Харків, 2017. Вип. 87. С. 77–81.
 15. Hlushkova D., Grinchenko E., Demchenko S. Features of Laser Borating of Piston Rings. *American Journal of Engineering research*. 2018. vol. 6, no. 11, p. 20–24.

Reference

1. Lyubchenko A.P. (2003) Nerazrushayusch'iy kontrol' glubiny' lazernoy zakalki detaley teplovozn'y'h dvigateley. [Non-destructive testing of laser hardening depth for diesel engine parts]. *Neruyni'vniy kontrol' ta di'agnostika*. Sbi'rnik FMSH i'm. Karpenyuka. L'vi'v, 73–75. [in Russian].
2. Lyubchenko A.P. (2000) Lazerno-tehnologicheskii kompleks dlya termicheskoy obrabotki gil'z cilindra dizel'ny'h avtomobiley. [Laser-technological complex for heat treatment of cylinder liners of diesel cars]. *Tehnologiya organizacii proizvodstva*. Kii'v, 3. 44 - 45. [in Russian].
3. Lyubchenko A.P., Tarabanova V.P. (2011) Vliyanie temperatury' otpuska posle lazernoy zakalki na iznosostoykost' porshnev'y'h kolec. [Effect of tempering temperature after laser hardening on the wear resistance of piston rings]. *Naukoviy vi'snik budi'vnictva*. Harki'v, 64. 50–56. [in Russian].
4. Tarabanova V.P., Nesterenko E.A. (2012) Vliyanie razlichny'h vidov poverhnostnoy obrabotki na sostoyanie poverhnosti treniya. [The effect of various types of surface treatment on the state of the friction surface]. *Dni nauki - 2012: materialy' 8-y mejd. nauchno-praktich. konf.* (Praga, 2012). T.89, S. 63–68. [in Russian].
5. Kotlyarov V.P., Bobylev A.G., Anyakin N.I., Ivaschenko A.N. (1988) O vozmozhnosti lazernoy obrabotki. [About the possibility of laser processing] *Sbi'rnik Lazernaya tehnologiya*, (Vil'nyus: Institut fiziki AN Lat.SSR.). 5. 65–70. [in Russian].
6. Kotlyarov V.P. (2010) Tehnologiya lazernoi' obrobki. [Laser Processing Technology]. *Ni'jin, NDU i'm. M. Gogolya*. 53–60. [in Ukrainian].
7. Tarabanova V.P., Bely'y V.A. (2014) Vliyanie parametrov lazernogo nagreva na glubinu borirovannogo sloya vy'sokoprochnogo chuguna. [Influence of laser heating parameters on the depth of the borated layer of high-strength cast iron]. *Naukoviy vi'snik budi'vnictva*. Harki'v, 2(76). 81–84. [in Russian].
8. Roik T.A., Bely'y V.A., Kostina L.L. (2014) Progressivny'e metody' uprochneniya i vosstanovlenie detaley cilindro-porshnevoy gruppy'. [Progressive methods of strengthening and restoration of details of the cylinder-piston group]. *NTU Kii'vs'kiy poli'tehni'chniy uni'versitet NTMT. Monogr. Kii'v*, 216. [in Russian].
9. Hlushkova D., Voronova Y., Belyi V. (2015) Improvement of machine parts wears resistance. *European Applied Sciences*. 3. 24–27.
10. Cherneta O. G., Korobochka A.N., Korjavin YU.A. (1999) Formirovanie poverhnostnoy struktury' porshnev'y'h kolec lazernym uprochneniem. [The formation of the surface structure of piston rings by laser hardening]. *Mashinostroenie i tehnosfera na rubeje XXI veka*. *Mejdunar. sb. nauch. tr. DonGTU. Doneck*, 3. 153–156. [in Russian].
11. Petrov M.P. (2000) Lazernaya obrabotka materialov. [Laser processing of materials]. *Komponenty' i tehnologii*. Kiev, 10. 35–42. [in Russian].
12. Cherneta O.G., Korobochka A.N., Kozina N.N., Pustovoyt A.M. (2001) Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv poverhnosti porshnev'y'h kolec, obrabotanny'h lazerom. [A study of the physico-mechanical properties of the surface of piston rings treated with a laser]. *Progressivny'e tehnologii i sistemy' mashinostroeniya*. *Mejdunar. sb. nauch. tr. DonGTU. Doneck*, 18. 71–75. [in Russian].
13. Cherneta O. G. (2001) Vliyanie azotirovaniya i lazernoy obrabotki na formirovanie iznosostoykoy struktury' rabochey poverhnosti porshnev'y'h kolec DVS. [The effect of nitriding and laser processing on the formation of a wear-resistant structure of the working surface of the internal combustion engine piston rings]. *Sistemni' tehnologii'i*. *Regi'on. mi'jvuz. zb.nauk. pr. Dni'propetrovs'k*, 4 (15). 73–78. [in Russian].
14. Glushkova D.B., Kostina L.L., Ryjkov YU.V., Demchenko S.V. (2017) Osobennosti formirovaniya uprochnennogo sloya pri lazernom borirovanii porshnev'y'h kolec. [Features of the formation of a hardened layer during laser boration of piston rings]. *Naukoviy Vi'snik budi'vnictva*. Harki'v, 87. 77–81. [in Russian].
15. Hlushkova D., Grinchenko E., Demchenko S. (2018) Features of Laser Borating of Piston Rings. *American Journal of Engineering research*. 6, 11, 20–24.

Глушкова Діана Борисівна¹, д.т.н., проф., зав. кафедри технології металів та матеріалознавства, 057-707 37-29, diana@gmail.com,
 Ніконов Олег Якович¹, д.т.н., завідувач кафедри комп'ютерних технологій і мехатроніки, тел. +38-057-707-37-58, e-mail: nikonov.oj@gmail.com.

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Влияние лазерной обработки на структуру и свойства деталей цилиндрично-поршневой группы

Аннотация. Исследовано влияние лазерной обработки на структуру и свойства высокопрочного чугуна. Структура, полученная при лазерной обработке высокопрочного чугуна, не однородна, что объясняется кратковременностью лазерного воздействия и неоднородным расплавлением находящихся при каждой данной изотерме участков гетерогенной структуры. Установлено существенное повышение износостойкости и стойкости к отпуску при нагреве до 350 °С при облучении с закалкой поверхности.

Ключевые слова: аустенит, мартенсит, оплавление, лазерная обработка, поршень.

Глушкова Диана Борисовна¹, д.т.н., заведующая кафедрой технологии металлов и материаловедения, тел. 097-481-15-93, diana@khadi.kharkov.ua

Никонов Олег Яковлевич¹, д.т.н., заведующий кафедрой компьютерных технологий и мехатроники, тел. +38-057-707-37-58, e-mail: nikonov.oj@gmail.com

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

The influence of laser treatment on the properties of the surface of cylinder-piston group parts

Abstract. Various valuable materials and technological methods are used to increase the durability of the parts of the cylinder-piston group of internal combustion engines. The performance of internal combustion engines largely depends on the service life of the parts of the cylinder-piston group operating in conditions of friction, cyclic changes of power and temperature loads. Improving the durability of these parts is of great importance and is an urgent task.

Goal. To calculate the influence of surface laser treatment on the structure and properties of high-strength cast iron used for the manufacture of piston rings is the goal of the work. **Method.** The treatment was performed with an JIT-1 laser continuous treatment. To increase the absorption capacity, the treat-

ed surfaces of the samples were subject to blackening in various ways: oxidation and phosphating. The microstructure was studied in the initial state and after laser treatment. Microhardness was measured on a PMT-3 instrument. Phase analysis was performed by an X-ray. **Results.** The study has shown that the surface of cast iron melts over the entire area of contact with the beam at an irradiation rate of 6.4 mm / s, partially – at irradiation rates of 6.5; 7.6 mm / s. At a speed of 11 mm / s there is hardening of only the surface layer. The depth of the layer decreases with increasing irradiation rate according to the parabolic law. At an irradiation rate of 5.4 mm / s, it is 1.3 mm, at 11 mm / s - 0.5 mm. The heterogeneity is due to the short duration of the laser exposure. Studies of the microhardness of the melting zone also confirm the heterogeneity of its structure. The analysis of the structure and properties of the melted layers of cast iron showed that both during melting (reflowing) and hardening there is a significant strengthening of the surface layer. The above values of micro-hardness can be compared with the values of micro-hardness of not irradiated cast iron: $H_{\mu} = 2,2 \cdot 10^3 \dots 3,6 \cdot 10^3$ MPa. **Novelty.** Laser treatment promotes the formation on the friction surface of a heterogeneous structure that meets the requirements for antifriction materials. In this case, the laser treatment does not practically change the purity and configuration of the parts of the cylinder-piston group. **Practical implementation.** Industrial research shows that with laser treatment of piston rings the best is irradiation with surface hardening. In this case, violation of the mode, which causes partial melting of the surface, is not a reason to reject the parts. The work was implemented at the Malyshev Plant.

Keywords: austenite, martensite, reflowing, laser treatment, piston.

Hlushkova Diana¹, Doct. Sc., Chef of Department of Technology of Metals and Materials Science, tel: 057-707-37-29, diana@khadi.kharkov.ua

Nikonov Oleg¹, Doct. of Science, Head of Computer Technology and Mechatronics Department, tel. +38-057-707-37-58, e-mail: nikonov.oj@gmail.com.

¹Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.