

УДК 621.7-9

О.Г. Чернета,
В.С. Аверьянов,
А.Н. Коробочка

*Днепродзержинский государственный технический университет
ул. Днепростроевская 2а, г. Днепродзержинск, Украина 51918
Ocherneta@gmail.com*

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

Работа посвящена выбору и исследованию комбинированной технологии азотирования с последующей лазерной обработкой рабочей поверхности поршневых колец двигателя внутреннего сгорания с целью повышения износостойкости. Представлены результаты исследования структуры и свойств поверхностных слоев образцов из азотированной, подвергнутых лазерной обработке концентрированным потоком энергии – лучом импульсного лазера.

Ключевые слова: азотирование, лазерная обработка, износостойкость, поршневые кольца.

Постановка проблемы. Современные технологии упрочнения поверхности деталей автомобилей включают огромный набор технологических методов и применяемого оборудования. Как показала практика к применению различных технологических методов упрочнения, помимо повышения прочностных характеристик обрабатываемых деталей, особое внимание уделяет таким факторам, как себестоимость технологического процесса и применяемого оборудования, время технологических операций, технологичность, энергоёмкость, материалоёмкость, экологичность и безопасность. Именно эти факторы и определяют приоритет выбора технологических методов упрочнения при равноценных результатах прочности, износостойкости и высоких эксплуатационных характеристик.

В таблице 1 приведен ряд, как традиционных методов упрочнения, так и более новых комбинированных методов упрочнения с приблизительным анализом себестоимости, времени и энергоёмкости технологических процессов.

Таблица 1 – Оценка эффективности технологических процессов восстановления деталей

№	Технологический процесс упрочнения	Себестоимость (грн.)	Время (час)	Энергоёмкость (кВт/год)
1	ТВЧ	9600	15	24000
2	Азотирование	1000	100	25000
3	ГДНП (газодинамическое нанесение п-й)	1500	50	600
4	Цианирование	1250	150	1000
5	Нитроцементация	2250	48	800
6	ИПА (ионо-плазменное азотирование)	750	36	900
7	ЛО (импульс)	1250	150	1000
8	ЛО (неперервный)	21000	300	3000
9	А + ТВЧ	21120	200	6000
10	А + ЛО (импульс)	21000	300	6000
11	А + ЛО (неперервный)	11520	200	3000

Материалы и результаты исследований. Для примера рассмотрим три технологических процесса упрочнения деталей поршневых колец из стали 50ХФА – традиционное азотирование, лазерную обработку и азотирование с последующей лазерной обработкой.

Процесс азотирования производился по режиму: нагрев деталей до 550-600°C в атмосфере частично диссоциированного аммиака. Аммиак подавался в нижнюю часть через перфорированную насадку трубопровода. Нагреваясь, аммиак диссоциирует на азот и водород ($\text{NH}_3 + \text{Fe} = \text{N}(\text{Fe}) + 3/2\text{H}_2$). Избыточное давление газообразного аммиака поддерживали на уровне 3 атм. Азотирование проводилось в течении 96 часов при температуре 520°C. Диссоциация аммиака в первые 10 часов составляла 23-30%, в остальное время -70%.

Исходная микроструктура стали 50ХФА, подвергнутая азотированию в поперечном сечении на расстоянии от поверхности около 1мм представляет собой феррит с дисперсными вкраплениями цементита (рисунок 1).

Лазерную обработку поверхностных слоев поршневых колец осуществляли с помощью импульсного лазера ГООС- 1001.

Для исследования лазерного упрочнения были выбраны образцы из стали 50ХФА с ферритно-карбидной структурой. При импульсной закалке образцов без оплавления поверхности решающее значение оказывает дисперсность исходной структуры. Исследуемая сталь 50ХФА имеет легирующие элементы и микротвердость зоны лазерного воздействия повышается в 1,5 раз из-за высокой концентрации азотистого мартенсита, который образуется в азотированных поверхностных слоях, содержащих нитридные и карбидные образования.

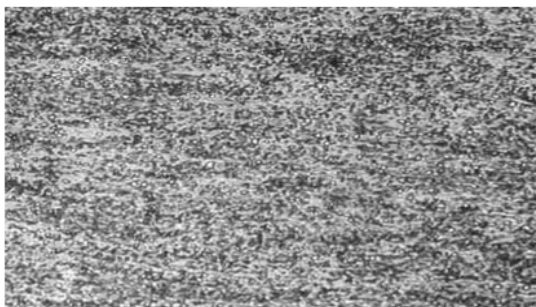


Рисунок 1 – Исходная микроструктура стали 50ХФА, x1000

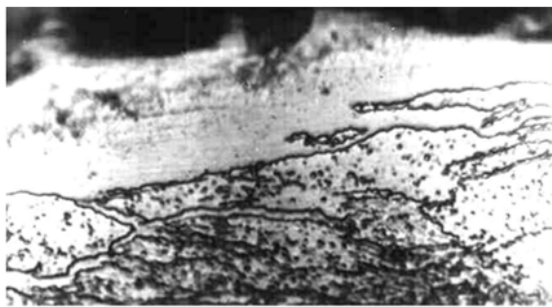


Рисунок 2 – Микроструктура азотированного поверхностного слоя стали 50ХФА, x1000

Металлографические исследования азотированных образцов с лазерным упрочнением выполняли с помощью оптических (МИМ-7, «НЕОФОТ-21» с интервалом увеличения 120-1000 крат) и растровых электронных («Cambridg Stereoscan-34» с интервалом увеличения 1000-4000 крат, РЭМ-202М с регистрацией изображения во вторичных и отраженных электронах с увеличением 720-15000 крат, УЭМВ-100А – от 30000...54000 крат) микроскопов. Рентгеноструктурные исследования рабочих поверхностей осуществляли в монохроматизированном медном излучении на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2 с автоматической регистрацией дифракционных спектров в интервале углов отражения $2\theta = 20^\circ \div 150^\circ$ [1].

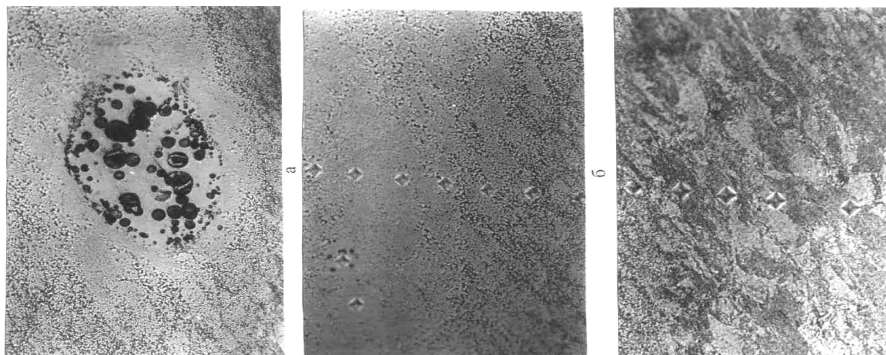


Рисунок 3 – Микроструктура рабочей поверхности, обработанной лазером, x 400

На рисунке 4 приведены изменения микротвердости образцов А- азотированных, ЛО с лазерной обработкой и А+ЛО азотированных с последующей лазерной обработкой.

Микротвердость азотированной поверхности $H_{\mu 50} = 6639$ обусловлена образованием на поверхности образца азотированного слоя, состоящего из нитридов железа Fe_3N , Fe_4N .

Лазерная обработка приводит к образованию на поверхности стали 50ХФА закалочных структур с микротвердостью $H_{\mu 50} = 6992 \dots 9277$ МПа. Причиной этого является образование в этой зоне особой ферритно-карбидной структуры закалочного типа с свойственными изоморфным фазам типа Mn_7C_3 , Cr_7C_3 , $(Fe, Cr)_7C_3$, Me_7C_3 .

Фаза $Me_7(CN)_3$ представляет собой карбонитрид со сложной орторомбической решеткой (пространственная группа $D_{2h}^{16} = P_{nma}$), у которого часть позиций атомов углерода занимают атомы азота. Эти структуры образуются на поверхности предварительно азотированной стали вследствие вторичного воздействия лазерного излучения, когда в локальных зонах нагрева идет распад ранее образованных структур нитридов железа Fe_3N , Fe_4N и образования более сложных гарденитных фаз с карбонитридами $Me_7(CN)_3$.

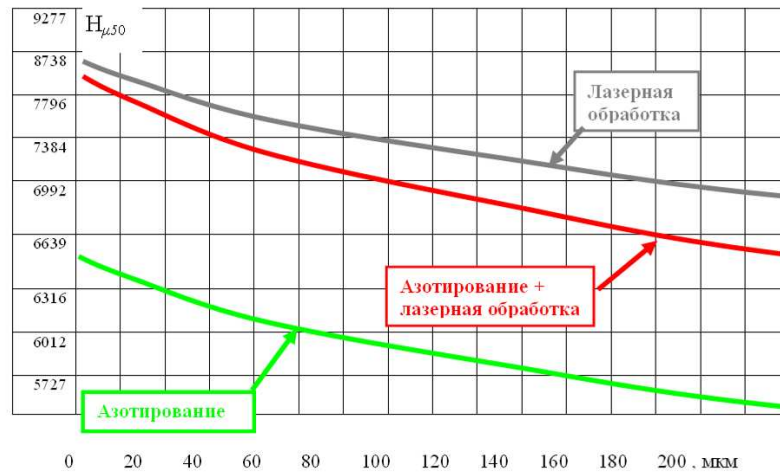


Рисунок 4 – Распределение микротвердости в продольном сечении зоны лазерного воздействия азотированной стали 50XF

Микротвердость поверхности $H_{\mu 50} = 6992 \dots 9277$ мПа после азотирования и лазерной обработки с возрастанием глубины от 0 до 160 мкм снижается, так как мартенситные образования со скоплением карбонитридов в структуре поверхностного слоя постепенно растворяются в объеме основного металла и достигают микротвердости сердцевины до $H_{\mu 50} = 3000$ мПа.

Износостойкий слой на поверхности, полученный в результате комбинированного упрочнения А+ЛО имеет высокие физико-механические характеристики, высокие трибологические и эксплуатационные свойства, что позволяет применять эти технологии упрочнения для целой группы автомобильных деталей, работающих в тяжело нагруженных узлах, при циклических, термических знакопеременных нагрузках.

Для выбора оптимальных технологических методов упрочнения, помимо получения высоких прочностных, износостойких характеристик, крайне важно учитывать такие факторы как технологичность, себестоимость, экологичность, безопасность, доступность процесса упрочнения.

На графике (рисунок 5) в обобщенном виде расставлены в виде колонн различные методы упрочнения, причем их положение на плоскости относительно ординат обусловлено положением таких факторов как время – горизонтальная ордината, показатели износостойкости и микротвердости получаемых покрытий – вертикальная ордината; энергоёмкость и себестоимость – наклонная ордината

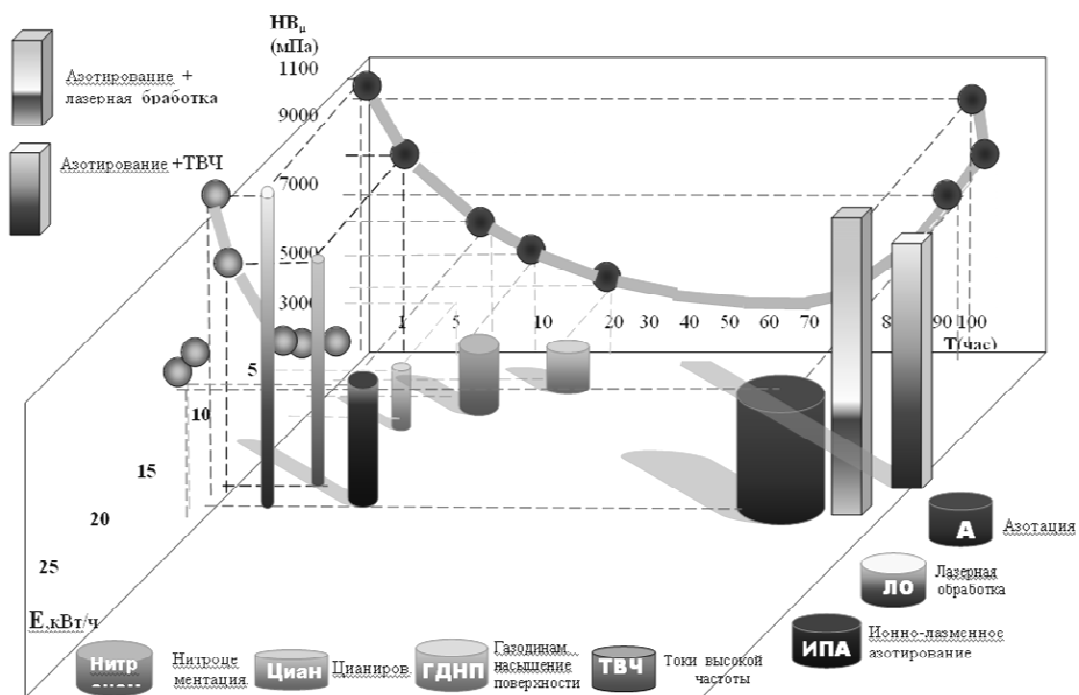


Рисунок 5 – График обобщенных параметров и свойств различных технологических методов упрочнения рабочих поверхностей деталей машин

Так, например для процесса азотирования, положение колонны на плоскости соответствует ее времени протекания технологического процесса (96 часов), энергозатратам, выраженных в потраченной электроэнергии, а высота колонны соответствует показателям полученной в результате упрочнения значению микротвердости поверхностного слоя. Объем (цилиндра) колонны соответствует техническим возможностям, производительности технологического оборудования. В данном случае соответствует объему садки печи азотации (4,5т).

Проекции значений микротвердости на вертикальной плоскости из 9 выбранных технологий упрочнения показывают прочностные характеристики и время технологических операций. Наклонная плоскость, в виде отдельных точек, отражает реальные энергетические расходы рассматриваемых технологических операций и реальные прочностные показатели.

Как видно из графической зависимости, можно реально просчитать себестоимость упрочнения детали разными технологическими методами при заданных технологических характеристиках, выбрать необходимый объем и производительность оборудования.

Выводы:

1. Как показали предварительные исследования, лазерная обработка приводит к образованию на рабочей поверхности образцов из стали 50ХФА сложного микрорельефа с углублениями, впадинами и микротрещинами. Это обусловлено локальным оплавлением объема металла и его ускоренным затвердеванием.

2. Лазерная обработка с микроплавлением азотированной поверхности на стали 50ХФА приводит к формированию участков с высокотвердой фазой – бесструктурного пластинчато-реечного мартенсита (гарденита) с $H_{\mu 50} = 3900$ МПа и непосредственно прилегающим к сформировавшимся в расплавленной зоне структурам закалочного типа участков $\alpha - Fe$ (феррита) с высокотвердыми карбонитридами $Me_7(CN)_3$.

Биографический список использованной литературы

1. Поут Д. Модифицирование и легирование поверхности лазерными и электронными пучками / Д. Поут, Г. Фоти, Д. Джекобсон. – М.: Машиностроение, 1987. – 120 с.
2. Завьялов А.С. Условия и механизм образования бесструктурного мартенсита (гарденита). / А.С. Завьялов, Г.П. Теплухин, К.В. Габеев // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1979. – №10. – С. 11 – 13

Поступила в редакцию 17.06.2013 г.

Чернета О.Г., Авер'янов В.С., Коробочка О.М. Вибір оптимального технологічного методу зміцнення поверхонь деталей автомобілів

Робота присвячена вибору і дослідженню комбінованої технології азотизації з подальшою лазерною обробкою робочої поверхні поршневих кілець двигуна внутрішнього згоряє з метою підвищення зносостійкості. Представлені результати дослідження структури і властивостей поверхневих шарів зразків з азотованої, підданих лазерній обробці концентрованим потоком енергії – променем імпульсного лазера.

Ключові слова: азотизація, лазерна обробка, зносостійкість, поршневі кільця.

Cherneta O., Averynov V., Korobochka O. Choice of optimum technological method of consolidating of surfaces of details of cars

Work is devoted to the choice and research of the combined technology of azotirovaniya with subsequent laser treatment of working surface of piston rings of combustion engine with the purpose of increase of wearproof. The results of research of structure and properties of superficial layers of the standards from azotirovannoy, exposed to laser treatment by the concentrated stream of energy – by the ray of impulsive laser, are represented.

Keywords: azotirovanie, laser treatment, wearproof, piston rings.