

УДК 621.793

Чернета О.Г., Касьян В.С., Шурыгин Д.А.

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Введение. Наиболее значимыми для надежной работы двигателя внутреннего сгорания узлами являются цилиндропоршневая группа и пара коленчатый вал- вкладыш. При этом важную роль играет правильный выбор материалов сопряжения трущихся пар, поскольку допустимый износ этих деталей составляет всего десятые доли миллиметра. В последние годы в мировой практике активно развивается новый подход к их конструированию: на дешевое и массивное основание наносят износостойкие, более дорогостоящие, эффективные покрытия. Лазерная обработка автомобильных деталей имеет перспективное развитие у мировых автомобилестроительных производителей и все чаще применяется в качестве упрочняющих технологий на автозаводах СНГ и Украины.

Постановка задачи. Целью данной работы является разработка технологий лазерной обработки, упрочнения рабочих поверхностей шатунных и коренных шеек коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания.

Износостойкость пары трения определяется не только исходным состоянием материалов пары, но и теми изменениями, которые происходят в поверхностных слоях при трении. В процессе самоорганизации материал трения претерпевает значительные структурные и химические изменения, что отражается на их механических свойствах, которые в конечном итоге и определяют уровень износостойкости пары. В результате электронно-микроскопического анализа поверхностного слоя [1] установлено, что размер ячеек в результате деформации трением уменьшился с 2...5 мкм до 50..100 нм. Насыщение поверхности кислородом происходит на глубину до 3 мкм, а деформационные процессы распространяются на глубину до 20 мкм. Такое изменение структуры существенно влияет на уровень твердости поверхностного слоя.

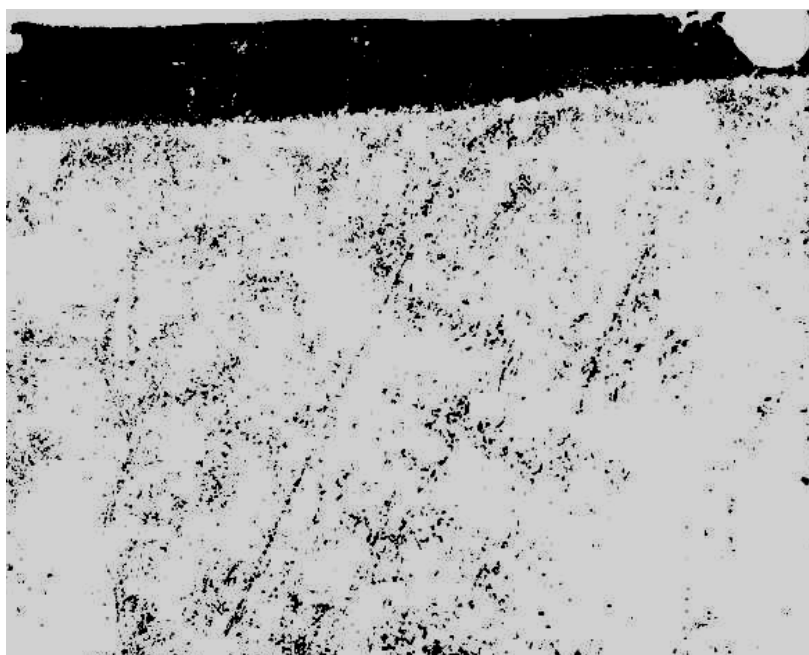
Результаты работы. Для исследований был избран двигатель ИЭ-412 (автомобиль «Москвич») так, как он является наиболее распространенным в странах СНГ в малом классе автомобилей. Коленчатый вал данного двигателя изготовлен из стали 45. Поверхность коренных и шатунных шеек подвергалась азотированию (цементации) с целью повышения усталостной прочности поверхностных слоев. Данная сталь по химическому составу является углеродистой; по назначению - конструкционной (цементуемой); по качеству - качественная. Ее широко применяют в промышленности в частности для изготовления валов-шестерен, коленчатых и распределительных валов, шестерен, шпинделей, цилиндров, кулачков и других нормализованных, улучшаемых и подвергаемых поверхностной термообработке деталей, от которых требуется повышенная прочность. Для изучения микроструктуры поверхностных слоев образцов, подвергнутых лазерному легированию, были изготовлены микрошлифы из секторов коренных и шатунных шеек четвертого цилиндра так, как именно эта часть коленчатого вала наиболее изнашивается при эксплуатации двигателя. На рисунке 1 приведена фотография шлифа с лазерной обработкой с увеличением 200 раз.

После проведения лазерного термоупрочнения были получены пятна диаметром 5 мм. Далее зоны термического упрочнения были вырезаны для микроструктурного анализа и распилены по диаметру пятен.

В результате проведенного микроанализа оказалось, что после лазерного упрочнения были получены гарденитные и бейнитные образования, структуры перлита, что хорошо прослеживается на снимках (рис. 1, 2). Отличительной особенностью таких покрытий является неоднородная структура. Низкая пористость поверхностного слоя предотвращает усадку покрытия при эксплуатации деталей. В покрытии формируются остаточные напряжения сжатия. Они затрудняют образование трещин, увеличивают сопротивление усталости деталей и повышают износостойкость материала, что и обеспечивает высокие триботехнические характеристики, антизадирные свойства и низкий коэффициент трения (0,02...0,03) во всем рабочем диапазоне нагрузок, что соответствует жидкостной или граничной смазке с минимальной толщиной масляной пленки [1].

Рост коэффициента трения, связанный с нарушением сплошности этой пленки между покрытием и вкладышем, происходит при 1,5-кратном превышении температуры или давления.

Замеры микротвердости проводились от поверхности вглубь заготовки. Для получения более точных данных на каждом шлифе делались замеры в каждом слое, с одинаковым интервалом, по три раза. Следовательно на каждом образце было сделано по девять замеров. Далее исходя из полученных данных рассчитывали среднее значение твердости каждого слоя. Все полученные результаты замеров сводились в таблицу 1.

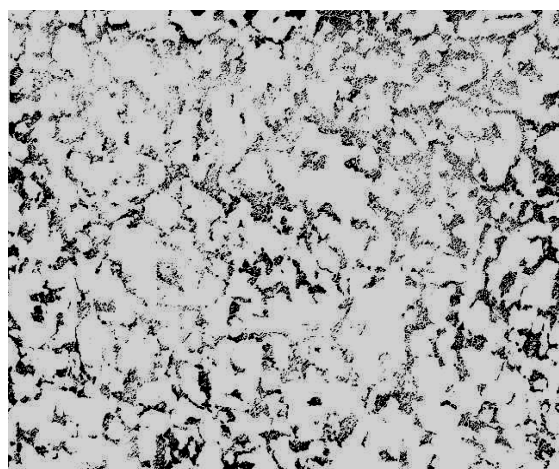


Оплавленный
слой гарденит

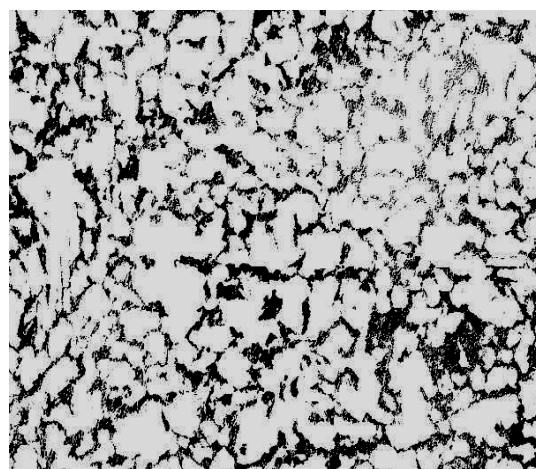
Зона под
оплавленным
слоем - бейнит

Микроструктура
основы - перлит

Рисунок 1- Микроструктура образца К1(шатунная шейка) после лазерной обработки, (Ч 200)



а



б

Рисунок 2-Микроструктура образца К4(коренная шейка) после лазерной обработки(Ч 400); а - бейнит (зона под оплавленным слоем гарденита); б – перлит (микроструктура основы)

Лазерная обработка поверхности углеродистых, низколегированных и легированных сталей приводит к повышению прочностных характеристик и твердости поверхности за счет образования структур закалочного типа.

В настоящей работе приводятся результаты исследования структуры и свойств поверхностных слоев образцов из азотированной стали, подвергнутых лазерной обработке концентрированным потоком энергии – лучом импульсного лазера. Как показали предварительные исследования, лазерная обработка приводит к образованию на рабочей поверхности образцов из стали 45 сложного микрорельефа с углублениями, впадинами и микротрещинами. Это обусловлено локальным оплавлением объема металла и его ускоренным затвердеванием.

Неожиданной, на первый взгляд, особенностью полученных данных является тот факт, что в объемах металла поверхностного слоя с последующей лазерной обработкой реализуется $\gamma > \alpha$ превращение с образованием гарденита, как одной из разновидностей мартенсита. В то же время, в прилегающих участках на поверхности и в подповерхностном слое, нагреваемых до высоких температур, фаза мартенситного типа не выявляется. Хотя в [2,3] приводятся данные о возможности формирования при лазерной обработке в поверхностном слое углеродистых, низколегированных и легированных сталей структур мартенситного типа без расплавления поверхностных объемов металла.

Фазовые и структурные превращения в этой стали при охлаждении после нагрева в γ -область однозначно описываются в справочной литературе [3] изотермическими и термокинетическими диаграммами превращения аустенита. В зависимости от скорости охлаждения аустенит в стали 45 распадается с образованием структур ферритно-перлитного или бейнитно-мартенситного типов, т.е. фаза типа Me_7C_3 в стали 45 при обычных режимах термической обработки не образуется.

Согласно полученных значений строим графики $H_{cp}(h)$ для графического изображения изменения твердости в слоях, как в шатунных, так и коренных шейках (рис. 3.а и 3.б соответственно). Далее строим графики для изображения изменения твердости до и

после термоупрочнения, отдельно для шатунной и коренной шеек (рис. 3.а и 3.б соответственно).

Таблица 1

Координаты отпечатков алмазной призмы на поверхности образцов, а- до и б- после термоупрочнения

Образец К1 (шатунная шейка) Нагрузка $P = 100$ г.						
Слой	1 дорожка		2 дорожка		3 дорожка	
	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
Поверхностный слой	400	511	398	515	338	457
Подповерхностный слой	318	448	326	458	327	452
основной материал-перлит	325	424	325	443	398	510
Образец К2 (коренная шейка) Нагрузка $P = 100$ г.						
	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
Поверхностный слой	335	410	338	407	334	411
Подповерхностный слой	344	405	352	404	331	404
основной материал-перлит	358	410	350	409	348	413

а

Образец К1(шатунная шейка) Нагрузка $P = 100$ г.						
Слой	1 дорожка		2 дорожка		3 дорожка	
	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
слой обработанный лазером - гарденит	360	398	358	408	345	395
переходной слой -бейнит	334	403	332	400	334	401
основной материал -перлит	330	400	327	400	326	405
Образец К2 (коренная шейка) Нагрузка $P = 30$ г.						
Слой	1 дорожка		2 дорожка		3 дорожка	
	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
слой обработанный лазером - гарденит	370	408	409	440	410	442
переходной слой - бейнит	395	450	401	448	394	452
основной материал -перлит	422	480	401	447	393	446

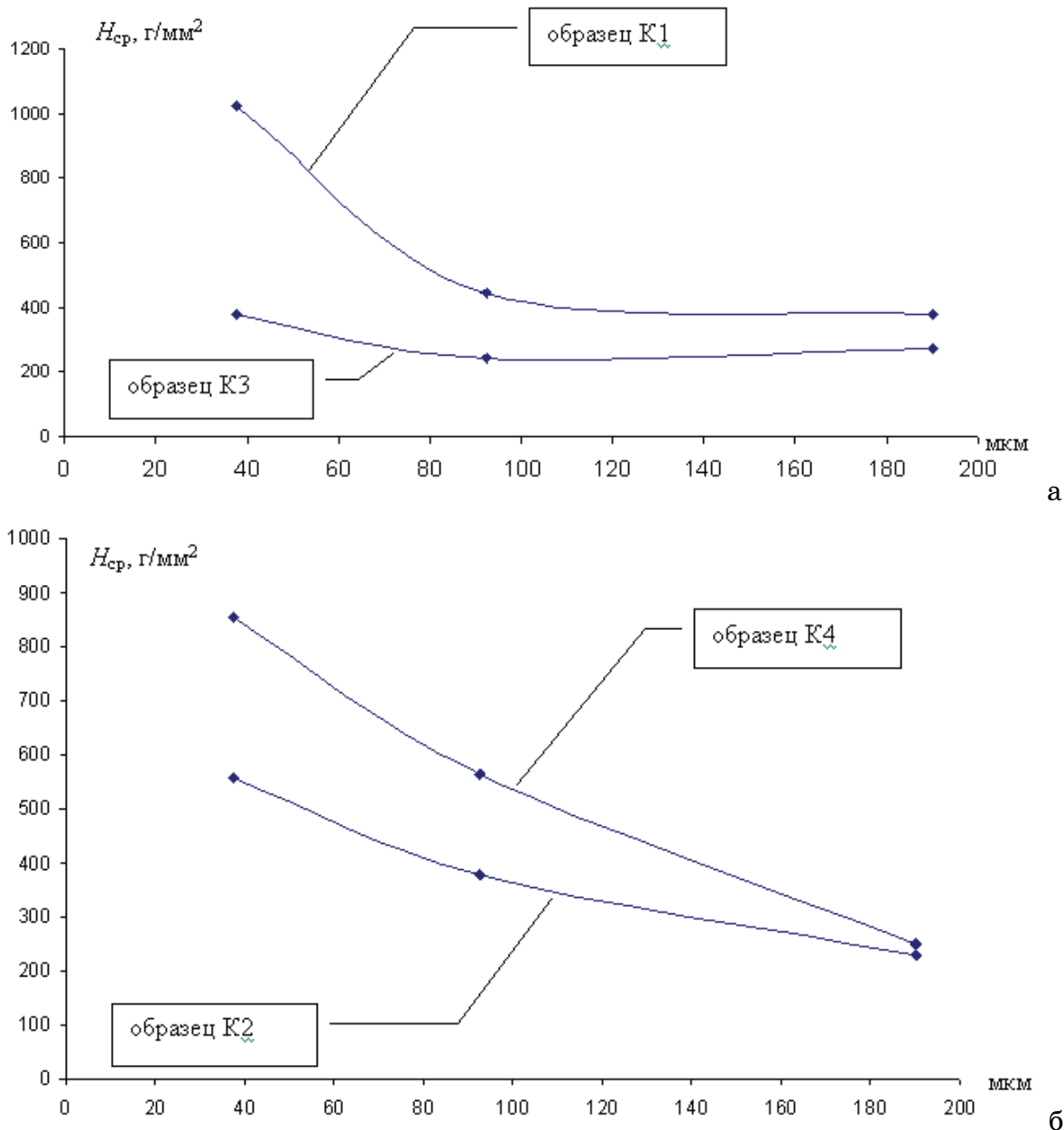


Рисунок 3 – График изменения твердости в слоях образцов а- шатунной и б-коренной шейки

Выводы. В результате проведенной исследовательской работы по изучению влияния лазерной обработки на изменение структуры и микротвердости в образцах из стали 45 были получены следующие результаты:

- разработана технология лазерного упрочнения рабочих поверхностей коренных и шатунных шеек двигателя внутреннего сгорания;
- микроструктура после лазерной обработки претерпевает изменения, где после воздействия лазера появляются новые структуры - гарденит и бейнит;

- микротвердость исследуемых образцов после обработки импульсным лазером повышается на 23 %.

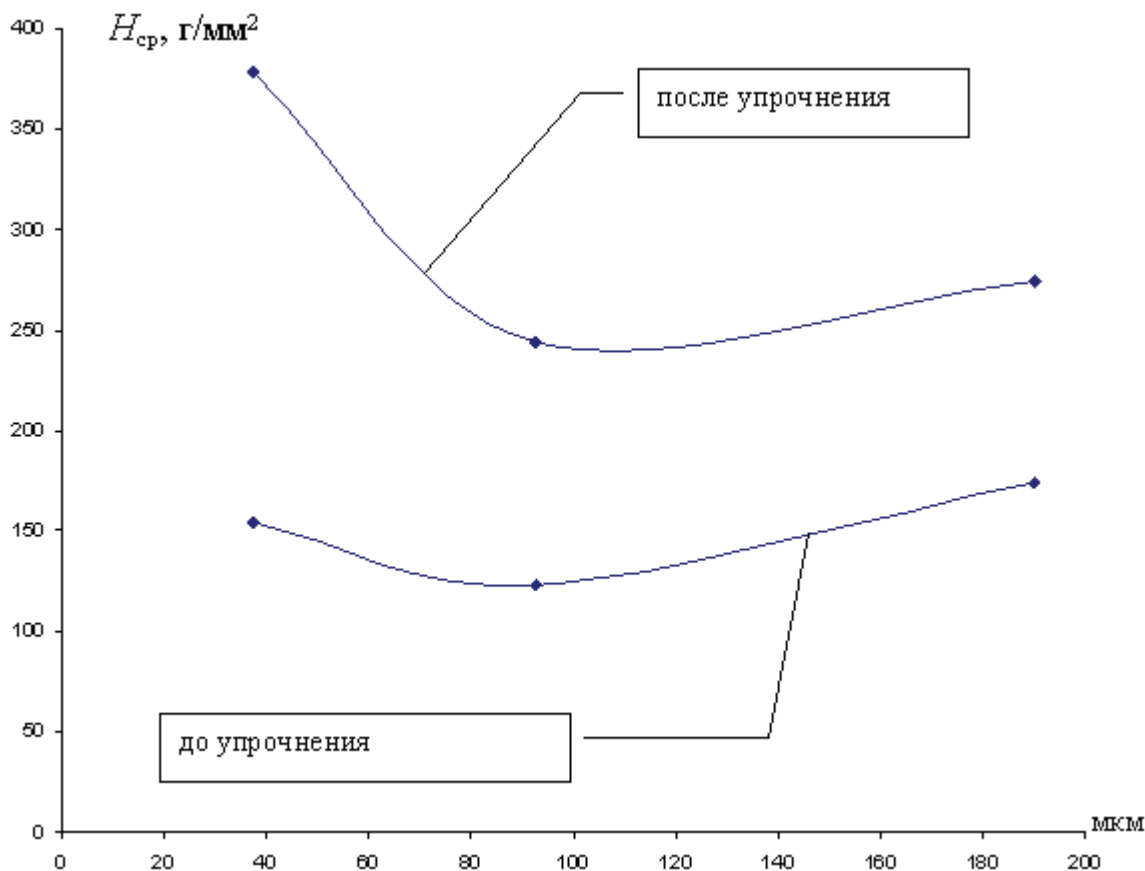


Рисунок 4 - График изменения твердости в слоях образца К1, до и после упрочнения

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров С.В., Коржик В.Н., Горбань, Демидов В.Д., Новоселов А.В. Газотермические покрытия для упрочнения тяжело нагруженных деталей мощных дизелей. // Упрочняющие технологии и покрытия. (Научно-технический и производственный журнал) 2005 №6, С20-29.
2. Завьялов А.С., Теплухин Г.Н., Габеев К.В. Условия и механизм образования бесструктурного мартенсита (гарденита). Металловедение и термическая обработка металлов.- №10.-1979.-С.11-12.
3. Крапошин В. С. Термическая обработка стали и сплавов с применением лазерного луча и прочих прогрессивных видов нагрева. Итоги науки и техники. Металловедение и термическая обработка. - М.- Т21; 1987.-С.144.
4. Попов А.А., Попова Л.Е. Изотермические и термокинетические диаграммы распада охлажденного аустенита. Справочник термиста. - М.: МашГиз, 1961.-С.480.

Получено 26.10.2006 г.