

УДК 621.43:62-192.

*С.А. Кравченко, канд. техн. наук, В.Г. Гончаров, канд. техн. наук*

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ДИСКРЕТНОГО УПРОЧНЕНИЯ

### Постановка проблемы

Наиболее распространённой причиной выхода из строя трущихся деталей двигателя является не их поломка, а износ и повреждение рабочих поверхностей. Практика эксплуатации машин и оборудования показывает, что в 80 случаев из 100 они выходят из строя по причине отказа работы узла трения в результате износа поверхностей трения или поломки, вызываемой износом [1, 2].

Особенно велика степень износа трущихся поверхностей в режимах полусухого трения при пуске двигателей.

Помимо износа деталей в узлах трения теряется большое количество энергии, расходуемой на преодоление сил трения. Так, в автомобильном двигателе теряется 15...35 % его номинальной мощности, а в железнодорожных транспортных средствах - более 50 % [3], [4].

В журнале «Трение и износ» [5] акад. В. С. Авдеевский пишет, что на практике недостаточная износостойкость поверхностей трения узлов и агрегатов приводит к простоям машин по причине их неработоспособности, к чрезвычайно большой нагрузке основных производственных мощностей заводов изготовлением запасных частей (до 30 % по авто-тракторной технике), к расширению сети ремонтных организаций и мастерских.

Затраты на ремонт и техническое обслуживание машин иногда в несколько раз превышают их стоимость [6]. Известно, что двигатель транспортной техники за весь срок службы ремонтируется до 5 раз.

Как видно из изложенного, вопрос повышения износостойкости деталей является актуальным и требует серьёзного подхода.

Наиболее простой способ повышения износостойкости деталей и узлов – это еще на стадии проектирования закладывать для их изготовления высококачественные дорогостоящие легированные стали и антифрикционные материалы с использованием оловянисто-фосфористых, алюминиевых и никелево-кремнистых бронз. Однако, в двигателях большой мощности в тяжело нагруженных парах трения применяемая номенклатура материалов сведена к минимуму, поскольку не все существующие конструкционные материалы удовлетворяют требованиям высо-

ких удельных нагрузок и скоростей скольжения. Проведенный анализ показал, что решение проблемы способом применения дорогостоящих материалов экономически нецелесообразно, т.к. ведёт к большим производственным затратам и существенному удорожанию выпускаемой продукции.

При производстве двигателей на ГП «Завод имени В. А. Малышева» проблему повышения износостойкости и долговечности чугунных коленчатых валов решили путём повышения физико-механических свойств приповерхностных слоёв за счет оптимального выбора материалов сопряженных трущихся пар, использования процессов термической (нормализация) обработки, упрочнения поверхностей шеек закалкой токами высокой частоты (ТВЧ). Однако, перечисленные методы упрочнения не позволили получить удовлетворительного сочетания необходимого уровня эксплуатационных характеристик коленчатых валов с приемлемыми технологичностью и экономичностью процесса производства.

Технология поверхностного упрочнения - интенсивно развивающаяся автономная область технологии. В настоящее время существует свыше 150 методов поверхностного упрочнения. Наряду с традиционными методами химико-термической обработки поверхностей, электролитических покрытий, различных видов наплавки развиваются новые технологии с применением источников с высокой концентрацией энергии: ионноплазменные методы, лазерное упрочнение, детонационное напыление.

Каждый из вышеупомянутых методов нанесения износостойких покрытий и упрочнения поверхности имеет свои достоинства, но у них у всех есть несколько общих недостатков:

- высокая стоимость технологического оборудования;
- большие капитальные вложения для организации производственных участков и изготовления технологической оснастки;
- сложность управления процессом нанесения износостойких покрытий;
- упрочняющие способы и традиционные методы нанесения износостойких покрытий, в большинстве своём, не обеспечивают требуемого уровня по-

вышения износостойкости и усталостной прочности деталей одновременно;

- высокая энергоёмкость;
- наличие технологического концентратора напряжений.

Из вышеизложенного следует, что существующие способы упрочнения и нанесения износостойких покрытий не позволяют получить удовлетворительного сочетания необходимого уровня эксплуатационных характеристик трибосистем с приемлемыми технологичностью и экономичностью процессов изготовления коленчатых валов.

На протяжении десятилетий в различных отраслях науки и техники были предприняты попытки разработки новых нетрадиционных способов упрочнения трущихся поверхностей, которые были бы лишены многих недостатков классических технологий упрочнения. Таким новым видом упрочнения может стать способ формирования износостойкой поверхности, в основе которого принято дискретное упрочнение, полученное электроискровым методом [7].

Суть метода заключается в создании на рабочей поверхности детали при помощи электродов из легирующихся материалов упрочнённого слоя в виде расположенных на расстоянии друг от друга островков, линий всевозможной конфигурации и так далее (рис. 1).

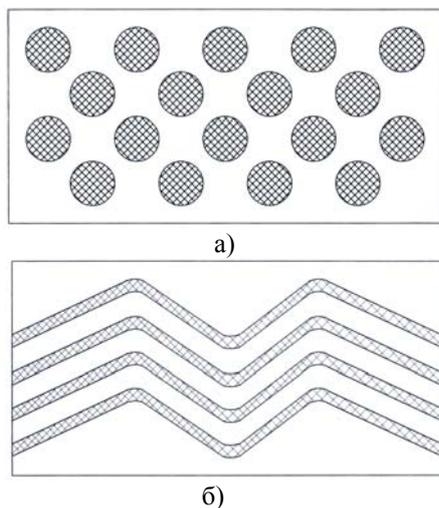


Рис. 1. Разновидности дискретного упрочнения  
а – островковые; б – линейные

Этот метод позволяет использовать в качестве электродов практически любой токопроводящий материал, выполнять упрочнение в строго ограниченных местах без разогрева деталей, имеет малую энергоёмкость.

Целью данной работы является оценка влияния дискретного упрочнения чугуна на его триботехнические характеристики и усталостную прочность.

При полномасштабных лабораторных исследованиях данного метода в центральной заводской лаборатории ГП «Завод имени В. А. Малышева», которые включали в себя металлографические и микро-рентгеноспектральные исследования, было установлено, что:

1. На поверхности формируется упрочнённая зона, состоящая из «белого» слоя с повышенной твёрдостью HRC 50 – 60 единиц при твёрдости сердцевины HRC 20 – 30 единиц и подслоя зоны с изменённым химическим составом и промежуточным (между «белым» слоем и сердцевиной образца) значением твёрдости (рис. 2).

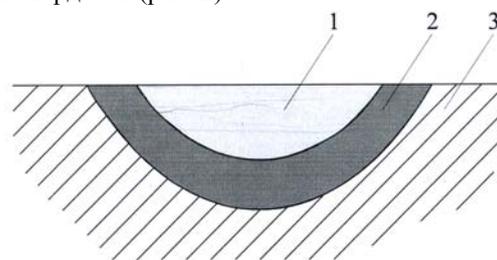


Рис. 2. Упрочнённая зона  
1 – «белый» слой; 2 – «подслой»;  
3 – основной металл (матрица)

2. Метод дискретного упрочнения позволяет повысить износостойкость чугуна в 6 - 10 раз по сравнению с нормализованным состоянием и в 1,25 – 2,1 раза по сравнению с закалённым ТВЧ состоянием (рис. 3). (Испытания проводились на образцах: ролик – диаметром 50 мм, шириной 10 мм из материала коленчатого вала; колодка – шириной 10 мм из материала вкладыша).

3. Метод дискретного упрочнения поверхности коренных и шатунных шеек чугунного коленчатого вала с последующей механической обработкой обеспечивает дискретное строение «белого» слоя с удовлетворительным качеством шероховатости поверхности и не снижает усталостную прочность чугуна (рис. 4).

В результате испытания образцов на задиростойкость и абразивную износостойкость было установлено, что образцы с дискретным упрочнением показали себя значительно лучше, чем образцы, прошедшие нормализацию и закалку ТВЧ.

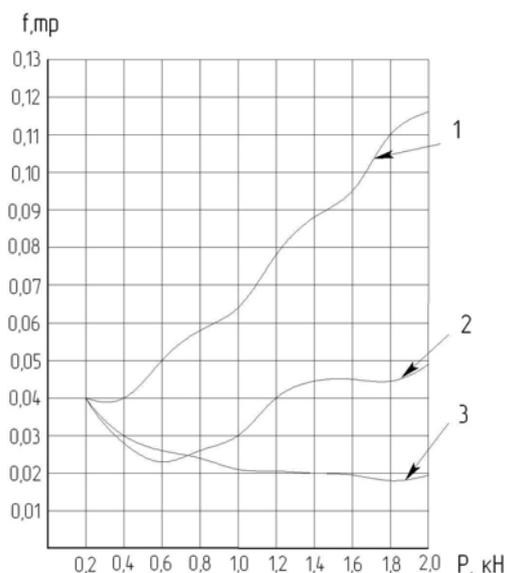


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения от нагрузки:

1 – образцы серии 1 (нормализация); 2 – образцы серии 2 (закалка ТВЧ); 3 – образцы серии 3 (дискретное упрочнение)

Результаты, полученные в процессе выполнения лабораторных исследований, позволили рекомендовать метод дискретного упрочнения поверхности коренных и шатунных шеек чугунных коленча-



Рис. 4. Вид рабочей поверхности образцов, упрочнённых методом дискретного упрочнения

#### Список литературы:

1. Основы трибологии. Трение, износ, смазка / [М.И. Хейды др.]; под ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Центр «Наука и техники», 1995. – 400 с. 2. Гарпунов Д. Н. Триботехника / Гарпунов Д. Н. – М.: Машиностроение, 1995. 3. Лужнов Ю.М. Триботехнические подходы к выбору технологии по улучшению работы машин и оборудования / Ю. М. Лужнов // Тяжелое машиностроение. – 2001 - №4 – С. 3 – 5.4. Хейды М. Теоретические основы / М. Хейды, А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с. – (Справочник по три-

бологии, в трёх томах; т. 1. ) 5. Авдеевский В.С. Трибология и машиностроение / В. С. Авдеевский, М. А. Боновой // Трение и износ. - 1990. – Т. 11, №1. – С. 7 – 20. 6. Пронников А. С. Надёжность машин / Пронников А. С. – М.: Машиностроение, 1978. – 591 с. 7. Пат. 79336 Украина, МПК E21D 21/00, B23H9/00. Спосіб формування зносостійкої поверхні металевих виробів / Гончаров В. Г., Климова О. П.; заявитель и патентообладатель Гончаров В.Г. - №200505863; заявл. 14.06.05; опубл. 17.10.05, Бюл. №10, - 17 с.

#### Выводы

В результате проведенной работы предложен метод дискретного упрочнения поверхностей трущихся деталей двигателя, позволяющий при низких температурных нагрузках на деталь и минимальных энергетических затратах получить повышенную твердость упрочненного слоя.

Упрочнённая зона состоит из «белого» слоя с повышенной твёрдостью HRC 50 – 60 единиц при твёрдости сердцевины HRC 20 – 30 единиц и подслоя зоны с изменённым химическим составом и промежуточным (между «белым» слоем и сердцевиной образца) значением твёрдости.

Метод дискретного упрочнения позволил повысить износостойкость чугуна в 6 - 10 раз по сравнению с нормализованным состоянием и в 1,25 – 2,1 раза по сравнению с закалённым ТВЧ состоянием и при этом не снижает усталостную прочность.

В дальнейшем предполагается дать оценку эффективности применения этого метода для других конструкционных материалов.