

С. С. КАЗАКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ДИЗЕЛЕЙ ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ

***Ключевые слова:** поршневые кольца, лазерное упрочнение, зона оплавления, зона лазерного воздействия, износостойкость, микротвердость.*

***Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы износостойкости чугунов поршневых колец, предложены варианты траекторий лазерного луча по рабочим поверхностям ПК. Установлено влияние микротвердости на износостойкость поверхностных слоев ПК упрочненных лазером и серийных цилиндрических втулок.*

При лазерной обработке чугунов поршневых колец (ПК) в результате теплового воздействия в поверхностных слоях происходят структурные изменения, которые влияют на их физико-механические характеристики. Исследованиями установлено, что формирование структуры с повышенной износостойкостью наблюдается в определенном интервале режимов лазерной обработки.

Поскольку лазерные дорожки на поверхности детали формируют определенный рисунок – «армирующую сетку», то очень важно правильно выбрать «рисунок» и относительную площадь лазерной обработки упрочненных поверхностей. Образцы поршневых колец обрабатывались по двум схемам (рис. 1), что объясняется малой высотой и шириной поршневых колец.

Износостойкость ПК с лазерной обработкой исследовалась в сравнении с хромированными кольцами судовых дизелей 6 ЧРН 36/45 на испытательном стенде при возвратно-поступательном движении. Нагрузка на контактирующие поверхности образцов составляла 1 кН, время приработки – 3 ч, суммарное время испытаний соответствовало - 25, 50, 100 ч. В зону трения подавалось масло М14В₂ - 6 капель в минуту при скорости скольжения образцов - 1,3 м/с. Температура рабо-

чей зоны трения образцов контролировалась термопарами и составляла - 90 °С.

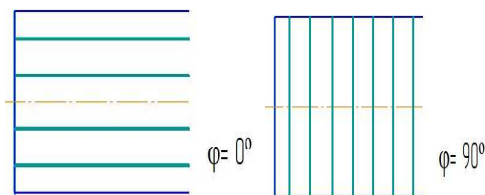


Рисунок 1 – Варианты траекторий лазерного луча по рабочим поверхностям поршневых колец

Исследованиями установлено, что при мощности лазерного излучения $P = (520 \dots 1280)$ Вт стойкость к абразивному изнашиванию чугунов ПК повышается с уменьшением скорости лазерной обработки. Это объясняется тем, что структуры, образующиеся при скорости лазерной обработки $V = (4,5 \dots 10)$ мм/с в ЗЛВ, более пластичны, поэтому при движении алмазного индентора происходит пластическое отеснение материала, а не хрупкое выкрашивание. Метастабильная структура в ЗО при данных режимах имеет высокую пластичность вследствие того, что происходит растворение углерода и его диффузия по всему объему расплава ЗО.

Структура этой зоны состоит из редких дендритов, выросших при кристаллизации расплавленного металла и окруженных дисперсным ледебуритом. Расстояние между ветвями дендритов после лазерной обработки уменьшается в 4 раза: от 11,5 мкм до 2,6 мкм (оплавленный), при этом диаметр осей дендритов уменьшается более чем 60 раз (до 0,38 мкм), – это свидетельствует о высокой скорости охлаждения чугуна в ЗО (порядка $5 \cdot 10^3$ град/с).

Известно, что чем выше скорость охлаждения, тем больше степень переохлаждения [1]. При повышении скорости охлаждения число зародышей кристаллизации резко возрастает, а, следовательно, увеличивается количество дендритов. Причем в наиболее благоприятных условиях роста находятся дендриты, главные оси которых располагаются вдоль теплового потока. Такие дендриты имеют максимальную длину, так как при их росте происходит частичное «выклинивание» соседних дендритов. Скорость охлаждения оказывает влияние на эвтектическую кристаллизацию, которая приводит к измельчению зерен, что способствует повышению прочностных характеристик чугуна.

Установлено, что с увеличением диаметра осей дендритов, абразивный износ повышается. Причем важное значение имеет не только микротвердость структуры, но и ориентация дендритов в объеме сплава. Наличие их ориентации обуславливает анизотропию свойств ЗЛВ.

Долговечность рассмотренных метастабильных фаз все же ограничена вследствие фазовых превращений, протекающих при абразивном изнашивании деталей [2]. Понижение ресурса эксплуатации деталей с зонами, упрочненными лазерной обработкой, происходит в том случае, если дальнейшие бездиффузионные превращения, протекающие за счет трибоактивации, приводят к уменьшению пластичности образующейся структуры [3].

Поскольку изнашивание упрочнённого слоя в поперечном направлении меньше, чем в продольном, то на рабочие поверхности ПК следует наносить кольцевые лазерные дорожки. Следует заметить, что рабочие поверхности ПК находятся в непрерывном контакте с поверхностью «зеркала» цилиндра. Чередование мягкой основы чугуна и упрочнённой зоны на рабочей поверхности поршневых колец позволяет получить высокие антифрикционные характеристики.

Результаты исследований приведены на рис. 2 и 3.

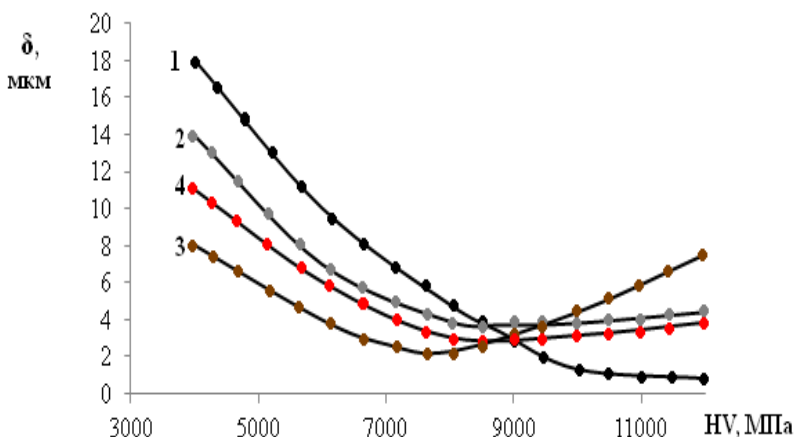


Рисунок 2 – Влияние микротвердости HV слоев ЗЛВ на износ чугуна поршневых колец после лазерной обработки при $P = 1000$ Вт и $V = 6$ мм/с 1 – $l = 0,02$ мм; 2 – $l = 0,07$ мм; 3 – $l = 0,12$ мм; 4 – поверхность ЗО

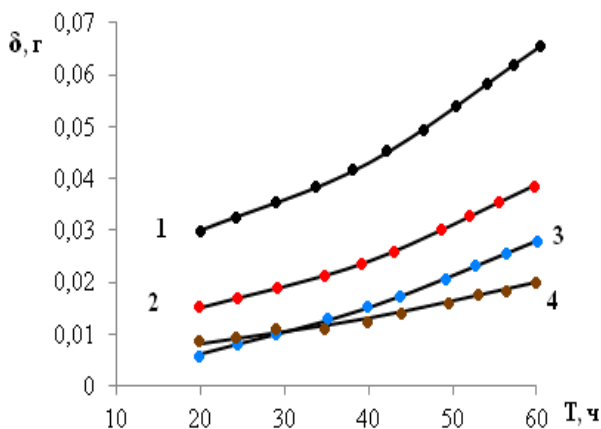


Рисунок 3 – Износ образцов пары трения втулка–кольцо на испытательном стенде при возвратно-поступательном движении:

- (1) – хромированное поршневое кольцо при работе с СЧ 25 (3);
 (2) – поршневое кольцо с лазерной обработкой при работе с СЧ 25 (4)

Установлено, что лазерная обработка ПК повышает не только износостойкость, но и снижает износ серийных ЦВ. Это дополнительно подтверждает, что на рабочей поверхности ПК чередование износостойких лазерных дорожек, имеющих структуру отбелённого чугуна повышенной твёрдости, и областей чугуна с графитными включениями благоприятно сказывается на работоспособности пары трения ЦВ - ПК. ПК судовых среднеоборотных дизелей следует упрочнять на следующих режимах:

CO_2 –лазер «Комета – 2»: $P = (950... 1000)$ Вт , $V = (4,5... 6)$ мм/с;

твёрдотельный лазер ЛТН-103: $P = (250...300)$ Вт, $V = (6..13)$ мм/с

Выводы:

- существенное влияние на физико-механические свойства поверхностных слоев при лазерном упрочнении ПК оказывают: химический состав чугуна, способы получения заготовок, микроструктура;

- на работоспособность пары трения ПК-ЦВ значительное влияние оказывает «рисунок» лазерной обработки рабочей трущейся поверхности;

- на нижнюю рабочую поверхность ПК следует наносить кольцевые лазерные дорожки, поскольку изнашивание упрочненного слоя в поперечном направлении меньше, чем в продольном;

– лазерная обработка повышает износостойкость трибосопряжения в целом: ПК и серийных ЦВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорянц А. Г. Основы лазерного термоупрочнения сплавов / А. Г. Григорянц, А. Н. Сафонов // Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк. 1988. С. 159.

2. Дубняков В. Н. Влияние предшествующей обработки на пластичность и абразивную износостойкость метастабильных слоёв / В. Н. Дубняков // Трение и износ. 1985 Т. 6, № 5. С. 827–834.

3. Дубняков В. Н. Влияние метастабильного состояния поверхностных слоёв твёрдых тел на трение и износ / В. Н. Дубняков // Трение и износ. 1983 Т. 4, №5. С. 925–929.

RESEARCH OF WEAR RESISTANCE OF PISTON RINGS OF DIESEL ENGINES AFTER LASER THERMOHARDENING

Keywords: piston rings, laser hardening, a zone of melting, a zone of laser influence, wear resistance, microhardness.

The summary. In this work questions of wear resistance of cast iron piston rings are considered, versions of trajectories of a laser beam on working surfaces of the personal computer are offered. Influence of microhardness on wear resistance of superficial layers of the personal computer strengthened by the laser and serial cylinder plugs is established.

КАЗАКОВ СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ – старший преподаватель кафедры тракторы и автомобили Нижегородского государственного инженерно-экономического института, (kazakoff.85@mail.ru).

KAZAKOV SERGEY SERGEEVICH – the senior teacher of the chair Tractors and cars, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (kazakoff.85@mail.ru).
