

УДК 621.787

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИСКРЕТНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР ПАР ТРЕНИЯ

Ляшенко Б.А., Антонюк В.С

Показано, что для узлов трения, работающих в жидкой смазке, упрочнение площадками малых размеров с последующим заполнением пространства между упрочненными зонами антифрикционным материалом является эффективным способом повышения работоспособности деталей машин.

Многочисленные исследования показывают, что разрушение поверхности деталей при контактном взаимодействии, как правило, предшествует разрушению основы. Большинство отказов механизмов машин происходит в результате поверхностного разрушения и в первую очередь от изнашивания [1].

Одним из путей повышения работоспособности деталей машин и механизмов и защиты контактных поверхностей от интенсивного износа является нанесение износостойких покрытий на их рабочие поверхности.

Из всего многообразия методов формирования защитных и износостойких покрытий на рабочих поверхностях деталей одним из эффективных является метод электроискрового легирования (ЭИЛ), позволяющий создавать покрытия, учитывающие условия эксплуатации контактных пар.

Исследования [2] показали, что для обеспечения требуемой износостойкости часто нет необходимости в получении сплошного покрытия, достаточно выполнить упрочнение отдельных участков, расположенных определенным образом на рабочей поверхности с определённой сплошностью Ψ ($\Psi = S/S_0$, где S – площадь, занимаемая дискретными участками, S_0 – рабочая площадь детали).

Формирования дискретного слоя покрытия обусловлено необходимостью снижения нормальных остаточных напряжений в покрытии и ограничения касательных напряжений в плоскости адгезионного контакта, что в условиях высоких контактных нагрузок имеет решающее значение для продления срока службы деталей

С целью определения эффективности применения локально-упрочненных поверхностей в узлах уплотнений, а также в подшипниках, работающих в жидкой смазке (где возможен переход от граничного режима трения- при пуске, к жидкостному - при работе), были проведены исследования по применению ЭИЛ для повышения износостойкости уплотнений торцевого типа для ходовых систем транспортных машин.

Для этого были проведены предварительные исследования стальных колец (диаметром 120 мм с толщиной стенки 5 мм), на рабочую поверхность которых наносили дискретный упрочненный слой из твердого сплава Т15К6.

Дискретные покрытия формировали методом ЭИЛ в виде микрон (до 1,0 мм²) в направлении вектора скольжения со сплошностью $\Psi = (50...83)\%$. При повышении сплошности покрытия вышеуказанных значений начинается отслоение частиц покрытия, что объясняется появлением локальных перенапряжений в покрытии [2].

Дискретный слой покрытия наносили на экспериментальной установке созданной на базе токарного станка 1К62ПУ и специализированной установки «Элитрон - 50». Легирование осуществляли электродами из твердого сплава Т15К6 и электротехнической меди. Режимы нанесения: рабочее напряжение $V = (20 - 25)V$, и ток $I = (10-15)A$; частота вибратора $f = 100 \pm 10$ гц; время легирования 1 мин.

Исследования колец проводили в условиях возвратно-вращательного движения, где стальные кольца испытывались по схеме: торец по торцу, частота вращения - 30 об/мин. Усилие сжатия колец- 1 кН. В качестве смазывающего материала использовалась смазка консистентная -Литол-24.

При этом лучшие результаты получены при сплошности $\Psi=67\%$ и соотношением упрочненной и неупрочненной микрозон 2/1.

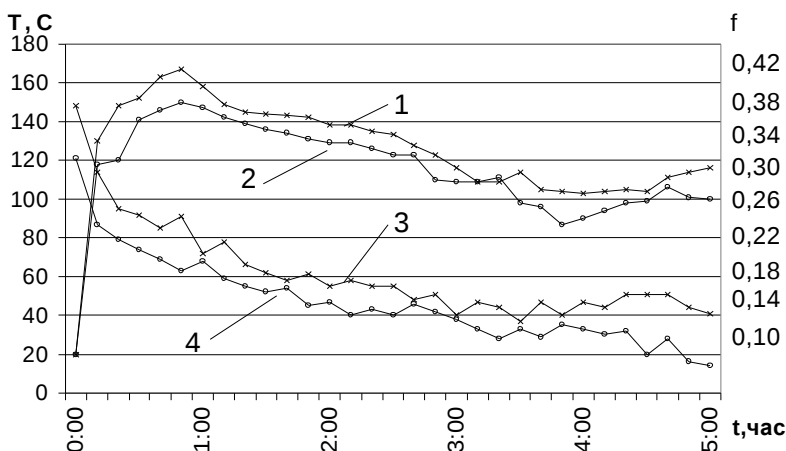


Рисунок 1 - Изменение температуры контакта пары трения T (кривые 1, 2) и коэффициента трения f : (кривые 3,4) при исследовании образцов с дискретными участками из твердого сплава Т15К6 (кривые 1, 3) и участками с твердым сплавом Т15К6, и медью (2, 4)

После проведения экспериментов и разборки узла трения на этом же кольце методом ЭИЛ пространство между упрочненными зонами заполняли антифрикционным материалом, в частности, медью (слоем 10...15мкм).

На рисунке 1 показано изменение температуры и коэффициента трения от времени испытаний колец с дискретными покрытиями из Т15К6 и с покрытиями из Т15К6 с дополнительно нанесенным слоем меди на рабочие площади, несущие нагрузку.

Сравнительные испытания упрочненных колец с нанесенным медным слоем показали снижение коэффициента трения с 0,18 до 0,10 и стабильную работу узла в течение длительного времени. При этом вследствие заполнения пространства между упрочненными зонами медью,

узел наряду с высокой износостойкостью обеспечивает и достаточно высокую герметичность стыка трущихся поверхностей.

Для дальнейших исследований в качестве базового варианта была выбрана пара трения: вкладыши шатуна-коленвал двигателя ЗИЛ-130. Новые вкладыши шатуна запрессовывали в стальную обойму, которая с помощью специального устройства прижималась к поверхности стального вала (HRC 48...52, Ra 0,20 мкм). Зазор в подшипнике составлял 0,05 мм.

Испытания проводили на специальном автоматизированном стенде, позволяющим сравнивать подшипники скольжения реальных размеров применительно к режимам запуска и остановки двигателей внутреннего сгорания. Стенд регистрировал силу трения в моменты пуска, установившегося режима и остановки. Предусмотрен также постоянный контроль температуры масла. Управление стендом осуществляется с помощью программного реле.

С учетом характерных особенностей запуска, работы и остановки такой пары трения была выбрана следующая циклограмма испытаний: пуск на малых оборотах (2,5 1/с), работа в течение 8 мин, остановка, снова кратковременный (на 1 с) пуск через 2 с, отдых в течение 2 мин.

Таким образом, за один цикл испытаний подшипник дважды переходил с режима граничного трения (при пуске) на режим жидкостного трения и обратно, т.е. 4 раза за цикл подшипник работал в тяжелых условиях, определяющих практически ресурс подшипника по износостойкости.

Нагрузка в течение цикла испытаний оставалась постоянной. Стенд работал в автоматическом режиме, что позволяло при испытаниях в несколько десятков часов производить наработку значительного числа пусковых моментов и моментов остановки подшипника. Приработка стандартного подшипника производилась в течение 20 час при постоянной нагрузке в 1 кН, затем нагрузку постепенно увеличивали и контролировали изменение температуры масла в резервуаре испытательного устройства. Нагрузка считалась приемлемой, если температура масла через некоторое время стабилизировалась.

Контрольным условием допустимости нагрузки было условие обязательного выхода подшипника на режим жидкостного трения после пуска (что контролировалось по показаниям осциллографа и стандартного манометра, передающего крутящий момент подшипника на корпус стенда). Испытаниями было установлено, что указанная стандартная пара трения сохраняет свою работоспособность при нагрузке до 6 кН (частота вращения вала - 2,5 1/с, была постоянной во всех испытаниях). При этой нагрузке температура масла не превышала 40°C, а подшипник стабильно выходил на жидкостный режим работы.

На рисунке 2 показана типичная осциллограмма изменения силы трения в подшипнике при остановке и кратковременном пуске в конце цикла. Из осциллограмм видно, что максимальные значения сила трения имеет в моменты пуска подшипника, когда коэффициент трения достигает 0,18.

При установившемся режиме жидкостного трения f снижается до 0,005 и определяется практически свойствами использованного при испытаниях масла.

Полученные данные служили в качестве базовых при испытаниях стальных колец (аналогичных по размерам стандартной паре трения), у которых внутренняя поверхность после закалки на HRC 46...50 и чистового растачивания резцом из СТМ, была подвергнута локальному электроискровому упрочнению электродами из твердого сплава T15K6 толщиной (7-10) мкм, и медью толщиной (10 - 15) мкм.

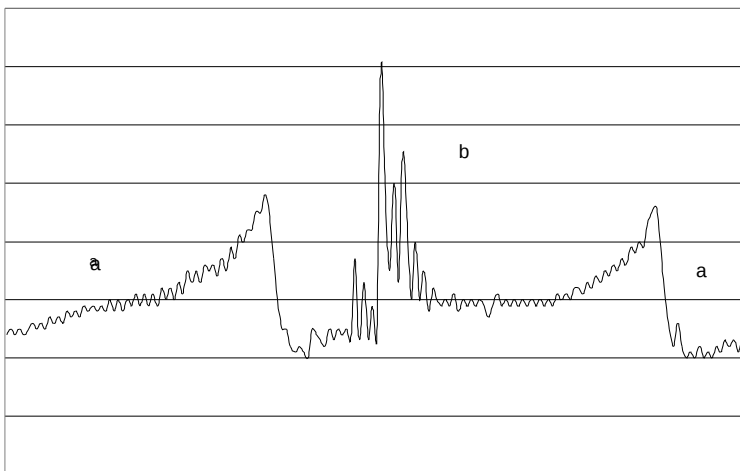


Рисунок 2 - Типичная осциллограмма изменения силы трения при остановке (a) и кратковременном пуске (b) в конце цикла испытаний

Экспериментальные исследования таких пар трения и проведенный анализ соответствующих осциллограмм подтвердил высокую работоспособность подшипника при заполнении медью пространства между упрочненными зонами.

Длительными испытаниями установлено, что указанные кольца сохраняют работоспособность при нагрузках до 10 кН, что более, чем в 1,5 раза превышает критическую нагрузку для стандартной пары трения.

Коэффициент трения в моменты пуска подшипника незначительно превышал значение коэффициента трения для стандартной пары ($f=0,22$ при $f_0=0,18$). Установлено также, что упрочненная поверхность обладает высокой задиростойкостью (задиры на контрповерхности не возникали даже при весьма тяжелых условиях работы имевших место при испытаниях поверхностей без дополнительного заполнения пространства

между упрочненными зонами медью, когда не обеспечивается переход с граничного на жидкостный режим трения).

Проведенные эксперименты показали, что применение дискретных покрытий наиболее эффективно для формирования износостойких поверхностей при изготовлении деталей подшипников скольжения работающих в жидкой смазке. Такие подшипники могут переходить от режима граничного трения (при пуске) к режиму жидкостного трения (при установившемся движении) и наоборот (при остановке). Одними из наиболее распространенных подшипников такого класса являются подшипники скольжения кривошипно-шатунного механизма двигателей внутреннего сгорания. Эти подшипники образуются парами трения: коленвал- вкладыши шатунов, коленвал - вкладыши опорных подшипников. Значительное повышение износостойкости этих узлов трения путем применения рассматриваемой технологии непосредственно при финишной обработке шатунов (или отверстий под вкладыши опорных подшипников) позволяет решить сложную техническую задачу - создать двигатели, не требующие ремонта наиболее сложных их узлов - кривошипно-шатунных механизмов.

Выводы

Выполненный комплекс триботехнических испытаний упрочненных электроискровым способом стальных поверхностей, показал, что для узлов трения, работающих на жидкой смазке, а также для подшипников, выполняющих роль уплотнений, рекомендуется дискретное упрочнение площадками малых размеров (площадью около 1 мм²), расстояние между которыми должно составлять около 1 мм с последующим заполнением пространства между упрочненными зонами антифрикционным материалом (в частности, медью).

Библиография

- 1 Новиков Н.В. Методы упрочнения поверхностей машиностроительных деталей / Н.В.Новиков, Б.А.Ляшенко. — К.: АН УССР, 1989. — 250 с.
- 2 Упрочнение поверхности металлов покрытиями дискретной структуры с повышенной адгезионной и когезионной стойкостью/ Б.А.Ляшенко, Ю.А.Кузема, М.С.Дигам, О.В.Цыгулев и др. — К., 1984. — 57 с. (Препр. /АН УССР. Ин-т проблем прочности; 84-88).

Поступила в редакцию 29.11.2001 г.