

ФОРМИРОВАНИЕ РАВНОВЕСНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ БРОНЗОВЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ОБЪЕМНЫМ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ДОРНОВАНИЕМ

А.В. Морозов, к. т. н., доцент

Г.Д. Федотов, к. т. н., доцент

А.В. Байгулов, аспирант

**ФГБОУ ВПО «Ульяновская государственная
сельскохозяйственная академия»**

Тел. 8(84231)55-95-97

Ключевые слова: *равновесная шероховатость, износ, пара трения, объемное электромеханическое дорнование.*

Представлены материалы сравнения исходной равновесной шероховатости технологически обработанных поверхностей со значениями установившейся (эксплуатационной) равновесной шероховатости пары трения поршневой палец – втулка верхней головки шатуна. Исследования и расчеты позволяют рекомендовать технологию объемного электромеханического дорнования (ОЭМД) при ремонте шатуна.

Чтобы увеличить срок службы деталей машин, работающих в условиях внешнего трения, необходимо до минимума сократить износ в период приработки и максимально увеличить продолжительность установившегося (нормального) изнашивания. Интенсивность и длительность периода приработки при постоянных условиях эксплуатации определяются, в основном, качеством поверхностного слоя контактирующих деталей. С процессом приработки тесно связан и процесс установившегося изнашивания. От условий и результатов приработки зависят развитие износа в установившийся период и время наступления аварийного разрушения.

Исследователи, занимающиеся вопросами трения и изнашивания, установили, что в период приработки шероховатость поверхности трения претерпевает значительные изменения. Одним из основных условий завершения процесса приработки было принято считать переход исходной технологической шероховатости к эксплуатационной.

М.М. Хрущев и П.Е. Дьяченко экспериментально показали, что по окончании приработки на поверхности трения формируется шероховатость, не зависящая от исходной, полученной при механической обработке, а зависящая только от условий изнашивания. Эта шероховатость оптимальна для данной пары и условий трения и обеспечивает минимальное изнашивание. И.В. Крагельский и В.С. Комбалов для шероховатости, сформировавшейся в процессе приработки, ввели понятие «равновесная шероховатость» и предложили безразмерный комплексный параметр её оценки [1]:

$$\Delta = R_{\max} / (rb^{1/v}), \quad (1)$$

где $R_{\max}$ – максимальная высота шероховатости; r – приведенный радиус вершин микронеровностей; v и b – параметры опорной кривой.

В период стационарного изнашивания равновесная шероховатость воспроизводится на всем последующем процессе нормальной работы пары трения. Все это позволило некоторым исследователям сделать вывод, что технология обработки поверхности трения не влияет на ее долговечность. Но совершенно очевидно, что чем больше исходная шероховатость поверхности трения отличается от оптимальной, тем больше будет износ в период приработки, а следовательно, тем меньше долговечность пары трения. Особенно это важно в узлах подшипников скольжения, работающих в условиях граничного и сухого трения.

Для пары трения поршневой палец – втулка верхней головки шатуна значение равновесной шероховатости составляет $2,4 \cdot 10^{-2}$ [2]. Это усредненное значение для большинства двигателей внутреннего сгорания, поэтому для конкретных моделей необходимо определять свою равновесную шероховатость. В исследованиях рассматривался двигатель УМЗ-421, устанавливаемый на автомобилях «Газель».

Для подтверждения эффективности применения технологии объемного электромеханического дорнования (ОЭМД) для ремонта шатуна, в частности замены втулки верхней головки, нами были проведены замеры параметров шероховатости поверхностей трения втулок, находящихся в эксплуатации, развернутых и шлифованных и обработанных ОЭМД. В качестве режима обработки были выбраны следующие параметры: сила тока 4000 А, натяг 0,2 мм, скорость 210 мм/мин.

Микрогеометрию исследовали на профилометре модели 130. Профилограммы снимались с трех образцов каждой группы с пяти участков поверхности. Для профилографирования выбирались участки наиболее характерные для исследуемой поверхности. Полученные данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Параметры шероховатости исследуемых втулок

Параметр шероховатости, мкм	После шлифования			После ОЭМД			После приработки (снятая с эксплуатации)		
Ra	0,196	0,263	0,295	0,237	0,170	0,180	0,148	0,157	0,204
Rz	3,72	3,54	2,99	1,39	4,32	3,47	0,912	0,613	0,983
Rmax	3,99	4,32	4,10	2,37	5,14	4,67	1,30	1,10	1,46

Чтобы рассчитать равновесную шероховатость необходимо определить параметры аппроксимации кривой опорной поверхности b и v , а также r . Для этого обрабатываются полученные профилограммы, но для некоторых случаев эти данные представлены справочно. Например, для приработанных поверхностей принимается $v=2$ [3], тогда согласно формуле 1 эксплуатационная (оптимальная) равновесная шероховатость по среднему значению $R_{\max}$ будет равна:

$$\Delta_{\text{экт}} = \frac{1,29}{54 \cdot 1,2^{1/2}} = 0,0218$$

Для технологически обработанных поверхностей комплекс Δ связан со значением Ra зависимостью [3]:

$$(Ra') = \left(\frac{\Delta}{C} \right)^{1/\gamma} \quad (2)$$

где Ra' - безразмерное выражение, равное отношению Ra (мкм) к значению $Ra_0 = 1$ мкм;

C и γ - комплексные параметры оценки качества поверхности.

$$\text{Отсюда} \quad \Delta = Ra'^\gamma \cdot C \quad (3)$$

Для поверхностей, обработанных шлифованием, также с учетом среднего значения Ra :

$$\Delta_{\text{шлиф}} = 0,251^{2,08} \cdot 0,8 = 0,0451$$

Для поверхностей, обработанных ОЭМД:

$$\Delta_{\text{оэмд}} = 0,1956^{1,9} \cdot 0,55 = 0,0247$$

Как видно из измерений и расчетов равновесная шероховатость после ОЭМД близка по значению к оптимальной шероховатости для пары трения поршневой палец - втулка верхней головки шатуна как большинства двигателей, так и

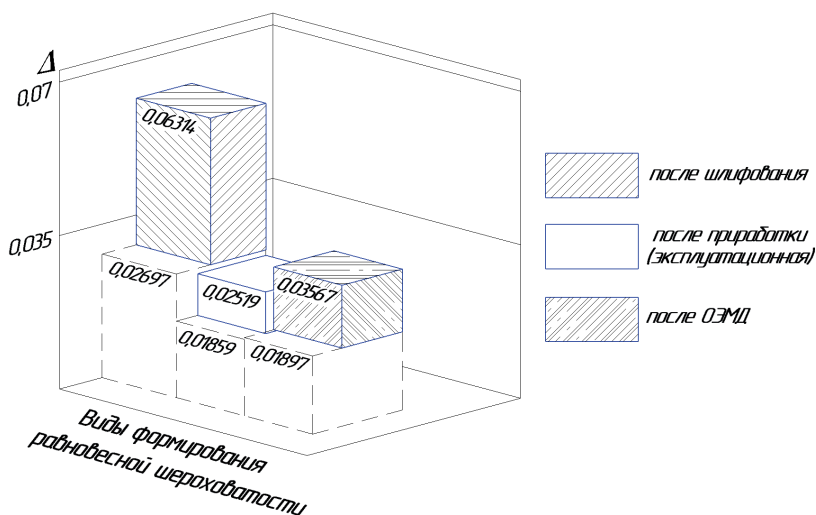


Рис. 1. Сравнительная диаграмма значений равновесной шероховатости втулок верхней головки шатуна

рассматриваемого УМЗ-421 в частности. Причем, если рассматривать равновесные шероховатости поверхностей не по средним значениям R_a и R_{max} , а по распределениям от минимального к большему, то можно определить общие области значений для того или иного вида формирования равновесной шероховатости, технологической обработки либо эксплуатации (приработка как «обработка» поверхности до оптимальных значений).

Графическое изображение областей распределений позволяют наглядно оценить общность значений. Как видно из рис. 1 значения равновесной шероховатости после ОЭМД и после приработки имеют общий диапазон от $1,897 \cdot 10^{-2}$ до $2,519 \cdot 10^{-2}$, чего нельзя заметить у шлифованной поверхности. Это говорит о снижении времени приработки и скорейшему наступлению периода «нормального» износа.

ОЭМД втулки верхней головки шатуна при ремонте зарекомендовала себя как энергосберегающая технология, снижающая трудоемкость процесса замены бронзовой втулки. Вышеизложенный материал подтверждает преимущество технологии ОЭМД перед существующим методом ремонта данного сопряжения.

Библиографический список:

1. Инженерия поверхности деталей. Под ред.: Суслова А.Г., М.: Машиностроение, 2008 – 320 с.
2. Комбалов В.С. Влияние шероховатости твердых тел на трение и износ. М.: «Наука», 1974. 112 с.
3. Крагельский И.В., Добычин М.К., Комбалов В.С. Основы расчета на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977. 540 с.

УДК 631.371

ХАРАКТЕР ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ИЗНОСА ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОДВИЖНЫХ СОПРЯЖЕНИЙ ПРИМЕНЯЕМЫХ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ

**А.В. Морозов, к. т. н., доцент
В.А. Фрилинг, аспирант
ФГБОУ ВПО «Ульяновская государственная
сельскохозяйственная академия»
Тел. 8(8422)559597, friling.vladimir@mail.ru**

Ключевые слова: износ, цилиндрические сопряжения, дуга контакта, контактное взаимодействие, одностороннее изнашивание

В работе рассмотрены взаимодействия гладких подвижных цилиндрических сопряжений. Проведен обзор деталей относящихся к данной группе сопряжений. Приведены контактные схемы взаимодействия деталей.