

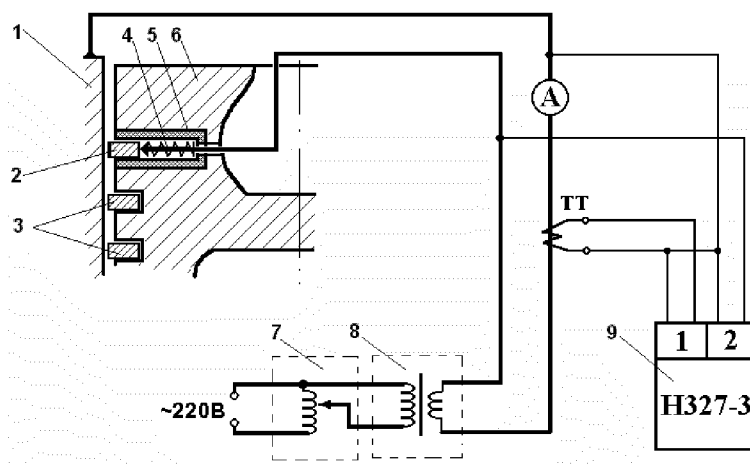
О видах смазки в сопряжении боковая поверхность кольца – зеркало цилиндра, подвергаемого ЭХМП(Д)

Рассмотрено возникновение различных видов смазки в сопряжении поршневое кольцо – цилиндрическая гильза при совместной электрохимико-механической приработке (доводке) деталей цилиндрично-поршневой группы ДВС.

виды смазки, поршневое кольцо, макроприработка, цилиндрично-поршневая группа, электрохимико-механическая приработка (доводка)

Как известно [1 и др.], при рабочих скоростных режимах сопряжения поршневые кольца – цилиндрическая гильза работают в условиях различных видов смазки – от граничной до гидродинамической. Скорость движения кольца при электрохимико-механической приработке (доводке) (ЭХМП(Д)) значительно ниже, поэтому следует ожидать изменений условий трения сопряжённых поверхностей. С целью определения видов смазки при ЭХМП(Д) этого соединения были проведены специальные исследования [2].

Опыты проводились на одноцилиндровом отсеке двигателя 4Ч12/14. Поверхность канавки поршня покрывалась тонкой плёнкой изоляционного материала, при этом сохранялись допустимые зазоры между поверхностями канавки и кольца. Ток пропускался через кольцо и гильзу. К кольцу источник тока подключался с помощью подпружиненного токосъёмника (рис.1). С целью сохранения условий штатной работы деталей ЦПГ на поршень устанавливались все остальные кольца.



1 – гильза цилиндра; 2 – верхнее компрессионное кольцо; 3 – нижние компрессионные кольца; 4 – подпружиненный токосъёмник; 5 – изоляционное покрытие; 6 – поршень; 7 – регулятор напряжения; 8 – понижающий трансформатор; 9 – осциллограф НЗ27-3 (1 и 2 – каналы); ТТ – трансформатор тока; А – амперметр

Рисунок 1 - Схема подвода тока к поршневому кольцу

Электролит (с 20% раствором нитрата натрия, вязкостью $\mu=0,08$ Па·с) подавался в надпоршневое пространство из ёмкости самотёком. Частота вращения коленчатого

вала составляла 120 мин^{-1} . С помощью быстродействующего самописца фиксировались сила тока, проходящего через кольцо и гильзу, и падение напряжения в контролируемом сопряжении. По этим параметрам определялось сопротивление в зазоре.

На рисунке 2 показаны диаграммы изменения силы тока и падения напряжения между боковой поверхностью кольца и зеркалом цилиндра в зависимости от угла поворота коленчатого вала.

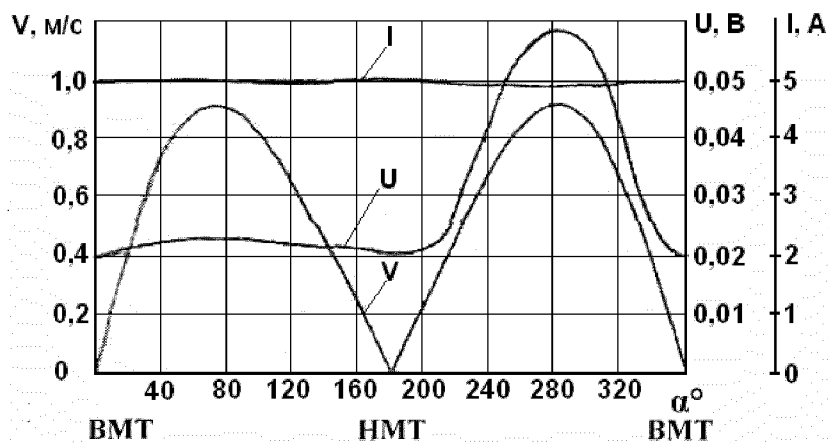
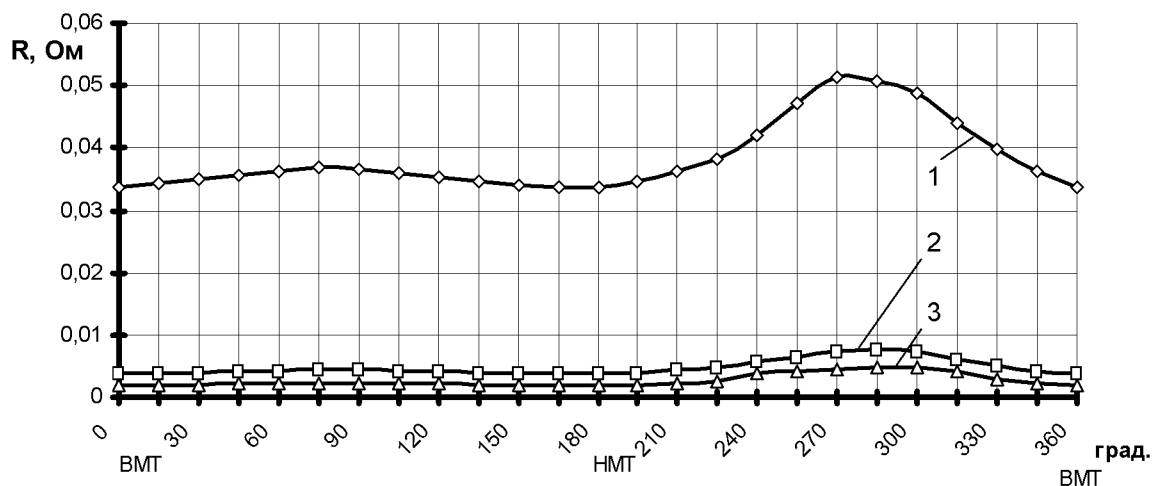


Рисунок 2 - Характер изменения падения напряжения - U, В, силы тока - I, А в сопряжении боковая поверхность кольца – зеркало цилиндра и скорость движения поршня - V, м/с в зависимости от угла поворота коленчатого вала α

На диаграммах обозначились два максимума падения напряжения (рис. 2) и сопротивления (рис. 3). Оба указанные экстремума находились в зоне максимальных скоростей движения поршня, как при движении вниз – от ВМТ к НМТ так и вверх – от НМТ к ВМТ. Причём, при движении вверх падение напряжения и сопротивление выше.



Параметр шероховатости гильзы R_{max} , мкм: 1 – 3,2 мкм; 2 – 2,1 мкм; 3 – 1,4 мкм.
Рисунок 3 - Сопротивление слоя электролита в сопряжении боковая поверхность кольца – зеркало цилиндра в зависимости от угла поворота коленчатого вала α

Установленные особенности свидетельствуют о том, что при относительном перемещении трущихся поверхностей они разделяются слоем электролита. Разные величины как падения напряжения, так и сопротивления являются следствием различных толщин разделительного слоя. При движении кольца вверх толщина

разделительного слоя в зоне высоких скоростей больше, чем в тех же зонах при движении вниз.

Это явление логично объясняется тем, что при движении поршня вверх кольцо «набегает» на столб электролита, находящегося в надпоршневом пространстве, тем самым обеспечивая его расклинивающее действие.

При обратном движении кольцо отрывается от столба электролита, а оставшееся на поверхностях его количество от предыдущего хода обеспечивает меньшую толщину разделительного слоя.

При наибольшем сопротивлении (рис. 3) (наибольшей толщине разделительного слоя) критерий Зоммерфельда $Sm = \mu \cdot V / \rho \cdot b$ составляет величину $1,13 \cdot 10^{-4}$. На основании этого можно сделать заключение, что процесс протекает при гидродинамической смазке. Равенство сопротивлений слоёв электролита – максимального при движении поршня от ВМТ к НМТ и соответствующего $V \approx 0,35$ м/с при движении от НМТ к ВМТ – позволяет утверждать, что их толщины одинаковы и, следовательно, одинаков вид смазки. При таких условиях трения вид смазки близок к гидродинамическому ($Sm = 4,7 \cdot 10^{-5}$).

Толщина разделительного слоя может быть определена по формуле: $h = b \sqrt{\mu \cdot V / \rho}$ [3]. В соответствии с формулой наибольшая величина h должна иметь место при максимальном значении скорости поршня и $h=0$ при $V=0$, т.е. в мёртвых точках. Вычисленное при V_{\max} $h_{\max}=1,8$ мкм.

Из рисунка 3 видно, что ни при одном значении угла поворота коленчатого вала α сопротивление слоя электролита между боковой поверхностью кольца и зеркалом цилиндра не было равно нулю. Конечно, можно допустить, что погрешность вносится столбом электролита над кольцом при движении поршня вверх от НМТ и наличием электролита в зазоре между поршневой канавкой и торцевой поверхностью кольца. Но, судя по разнице сопротивлений диаграмм 1 и 2 или 3, основная причина не сводится только к указанным погрешностям.

Обращает на себя внимание влияние шероховатости внутренней поверхности гильзы на величину сопротивления исследуемого сопряжения: чем больше параметр R_{\max} , тем выше сопротивление. В этом плане особенно выделяется диаграмма 1, полученная при наибольшей шероховатости зеркала цилиндра – с $R_{\max}=3,2$ мкм. Рассчитанные по сопротивлению толщины разделительного слоя ($\chi=0,1$ Ом·м⁻¹, диаметр кольца – 0,12 м, высота кольца – 0,003 м) составили: при движении поршня вверх и $V_{\max}=0,93$ м/с – $h=5,7$ мкм, а при $V=0$ (в мёртвых точках) – $h=3,7$ мкм. Эти результаты свидетельствуют о том, что в течение 5 минут длительности опыта между исследуемыми трущимися поверхностями присутствовал разделительный слой на всём пути движения поршня. Такой вывод согласуется с результатами исследований Семёнова В.С. [1].

Снижение шероховатости гильзы принципиальную картину описанного не меняло, но вызывало уменьшение сопротивления в зазоре и, следовательно, толщину разделительного слоя. При $R_{\max} = 2,1$ мкм рассчитанное значение h_{\max} составляло $\approx 0,9$ мкм, а при $R_{\max} = 1,4$ мкм – $h_{\max} \approx 0,6$ мкм. В мёртвых точках ($V=0$) расчётные величины минимальных разделительных слоёв составляли соответственно $\approx 0,4$ и $\approx 0,2$ мкм. Полученные значения h не совпадают с результатами, вычисленными по вышеприведенной формуле. Столь малые сопротивления, по которым рассчитывались значения h могут быть следствием малых величин фактической площади контакта, например при переходном режиме смазки, возникновению которого может способствовать и повышенное – в 1,5 – 2 раза [4, 5] – давление кольца в районе замка.

Выводы

1. При исследуемой пятиминутной длительности ЭХМП(Д) боковая поверхность кольца и поверхность зеркала цилиндра разделяются слоем электролита с

обеспечением гидродинамической (при наибольших скоростях) или полужидкостной смазки.

2. Повышение шероховатости гильзы увеличивает толщину разделительного слоя.

3. Полученные результаты свидетельствуют о том, что макроприработка сопряжения кольцо – цилиндровая гильза осуществляется, в основном, за счёт электрохимического растворения материалов трущихся поверхностей.

Список литературы

1. Семенов В.С. Режим смазки пары трения поршневое кольцо - цилиндровая втулка ДВС // Двигателестроение. - 1991. - №10-11. - С. 19-23.
2. Алексеев В.П., Замота Т.Н., Изюмский В.А. Особенности процесса электрохимико-механической приработки(доводки) цилиндро-поршневой группы автотракторных двигателей // Зб. наук. пр. Луганського державного аграрного університету. Технічні науки.-Луганськ, №4(10).-1999.- С.10-18.
3. Усов П.П. Теория гидродинамической смазки шероховатых поверхностей // Трение и износ.- 1986.-т.7. - №2. - С. 214-222.
4. Гинцбург Б.Я. Теория поршневого кольца. - М: Машиностроение, 1979.- 271 с.
5. Молдаванов В.П. Поршневые кольца ДВС. - М.: Россельхозиздат, 1985.- 158 с.

В. Алексеев, В. Изюмський

Про види мащення в сполученні бічна поверхня кільця – дзеркало циліндра, що піддається ЕХМП(Д)

Розглянуто виникнення різних видів мащення в сполученні поршневе кільце – циліндрова гільза при сумісному електрохіміко-механічному припрацюванні (доведенні) деталей циліндро-поршневої групи ДВЗ.

V. Alekseev, V. Izyumskiy

About the types of greasing in an interface a lateral surface of ring is a mirror of cylinder, subjected ECMR(G)

The origin of different types of greasing is considered in an interface a piston-ring is a cylinder shell at the joint electrochemical-mechanical running (grinding in) of details of cylinder-piston group DVS.

Одержано 11.03.11