

УДК 656.11

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В СОПРЯЖЕНИЯХ ДВС

*И.Р. Салахутдинов, кандидат технических наук, доцент,
тел. 8(8422) 55-95-13, iltmas.73@mail.ru*

*А.А. Глущенко, кандидат технических наук, доцент,
тел. 8(8422) 55-95-13, oildel@yandex.ru*

*А.П. Никифоров, студент 4 курса инженерного факультета,
тел. 8(8422) 55-95-13, a.n.31.oktabr.1996@mail.ru*

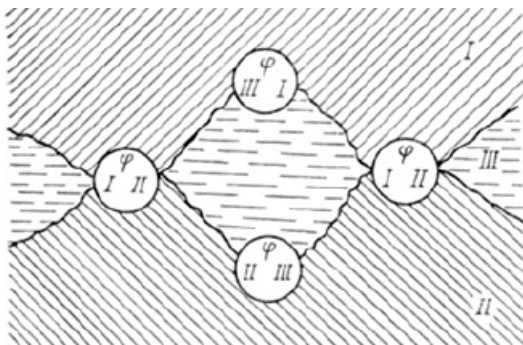
*А.В. Лусин, студент 4 курса инженерного факультета,
тел. 8(8422) 55-95-13, nice.lisin@yandex.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

Ключевые слова: *электрохимический процесс, разность потенциалов, твердость материалов.*

В статье рассмотрены условия и причины возникновения электрохимических явлений в сопряжениях двигателя внутреннего сгорания, представляющих собой специфическую электрохимическую систему металл - электролит - металл, влияние образующейся при этом разности потенциалов на поверхностях трущихся металлов на свойства металлов и их износ, направления снижения разности потенциалов.

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) представляет собой сложную систему, при работе которой осуществляется относительное перемещение различных рабочих поверхностей относительно друг друга. Средой, с которой контактируют трущиеся поверхности, является разделяющий их слой смазочного масла. По причине наличия в смазочном масле различных присадок, обладающих высокой химической активностью, а также растворенной влаги, масло обладает собственной электрохимической активностью, а соответственно является электролитом. Это вызывает коррозионно-механическое изнашивание деталей в узлах трения. Таким образом, любое сопряжение двигателя представляет собой трехфазную систему (металл I - электролит III - металл II), которую необходимо рассматривать как специфическую электрохимическую систему, а следовательно к ней будут применимы основные электрохимические законы (рис. 1).

При трении в присутствии электролита одним из существенных отличий электрохимических процессов является то, что их протекание



**Рисунок 1 - Схема элементарного контакта трущихся поверхностей:
I - металл первой поверхности; II - металл второй поверхности; III -
электролит (смазочное масло)**

происходит в условиях деформирования отдельных микронеровностей трущихся поверхностей при относительном их перемещении. То есть, в процессе работы сопряжения будут постоянно образовываться и разрушаться короткозамкнутые гальванические микропары. При рассмотрении процесса работы сопряжения как трехфазной системы (рис. 1), видно, что на границе металл - смазочное масло, по причине появления и разрушения контактов, будут возникать скачки потенциала φ_{III} и $\varphi_{III'}$, а в местах металлического контакта - контактная разность потенциалов (φ_{II}). Возникающая при этом электродвижущая сила способствует протеканию на его отдельных контактируемых микронеровностях окислительно-восстановительных реакций.

Протекающие реакции приводят к кратковременному формированию локальных окислительных пленок, которые при замыкания микронеровностей зачищаются. В результате происходит прямой контакт металлов, приводящий к резким колебаниям потенциала, при этом их частота будет определяться скоростью относительного перемещения (скольжения), шероховатостью трущихся поверхностей и другими факторами. Исходя из этого, процесс трения в таких трехфазных сопряжениях будет сопровождаться не только импульсными колебаниями величины сдвига потенциалов, но и их изменениями.

Поскольку разность потенциалов является результатом различной величины энергии, затрачиваемой на выход электрона из твердого тела или жидкости, для трехфазных сопряжений ДВС ее можно записать

$$\varphi = W_I - W_{III} - W_{II},$$

где W_I - энергия выхода электрона из металла I ; W_{II} - энергия выхода электрона из металла II ; W_{III} - энергия выхода электрона из электролита III .

С учетом того, что температура в контактах трущихся пар всегда отлична от нуля, то в соответствии с элементарной теорией, можно записать

$$\varphi = \frac{KT}{e} \ln \frac{n_2}{n_1},$$

где K - постоянная Больцмана; T - температура в сопряжении, K ; e - заряд электрона, Кл; n_1 и n_2 - соответственно, концентрация электронов в металлах трущихся деталей.

Тогда, приняв, что температура электролита будет равна температуре одной из поверхностей и при условии разности температур самих трущихся поверхностей, что характерно для реальных сопряжений ДВС, получим

$$\varphi = \varepsilon = \frac{K}{e} (T_I - T_{II}) \ln \frac{n_2}{n_1}.$$

В этом выражении величина ε будет являться термоэлектродвижущей силой.

Как видно, при работе ДВС в его сопряжениях возникает электрический ток, величина которого будет зависеть от свойств трущихся материалов и температуры в сопряжении.

Как рассмотрено выше процесс взаимодействия металлов сопряжений с внешней (разделяющих их) средой сопровождается образованием локальных окислительных граничных пленок. Процесс формирования пленок, как процесс окисления, будет сопровождаться адсорбционным понижением поверхностной прочности металла, и вызывать при контакте его пластическое деформирование. Протекание этого процесса будет зависеть от особенностей условий, создающихся на границе контактируемых твердых поверхностей, которые, в свою очередь, определяются величиной свободной поверхностной энергии. То есть величина прочности твердых тел будет пропорциональна их поверхностной энергии [1]. Исходя из этого, процесс трения в сопряжениях может быть представлен следующим образом. На первом этапе, в силу особенностей условий в сопряжении, при физической адсорбции поверхностей происходит уменьшение их поверхностной энергии, что облегчает процесс перехода электронов. Это сопровождается

возникновением разности потенциалов, что активизирует сначала электрические процессы, под воздействием которых начинаются электрохимические процессы. Их появление сопровождается образованием окисных пленок на контактах и изменением условий в контакте. Причем этот процесс будет активизировать по мере роста электрохимической и механической активации. Эти явления приводят к уменьшению поверхностной твердости трущихся материалов, что под воздействием механических факторов приводит к их пластической деформации. В свою очередь пластическая деформация поверхностей трения вызывает появление механохимического эффекта [3], сущность которого заключается в снижении поверхностной энергии металлов, облегчении перехода электронов, что вызывает прогрессирование химических реакций между разделяющей трущейся поверхностью средой и металлом, сопровождающихся ещё большим снижением прочностных свойств и последующим разрушением поверхностей.

Таким образом, влияние коррозионно-активных разделяющих поверхности сред на механические свойства металлов сопряжений (прочность, твердость, пластичность, ползучесть, усталость и др.) убедительно показывают, что изменения этих свойств, прежде всего, связаны с электрическим зарядением трущихся поверхностей [4-6].

Исходя из этого, можно заключить, что одним из направлений снижения износа металлов сопряжений ДВС является предотвращение в них образования разности потенциалов. Это может быть достигнуто формированием на рабочих поверхностях трения сопряжений диэлектрических покрытий, поляризацией металлов сопряжения от внешней среды, обеспечением оптимального соотношения трущейся поверхности к свободной поверхности сопряжения, использованием ингибиторов коррозии. Развитие этого направления требует дальнейших исследований электрохимических процессов, протекающих в сопряжениях ДВС в присутствии смазочного масла.

Библиографический список

1. Дзюб, А. Г. Исследование скорости коррозии при трении/А.Г. Дзюб, В.А. Кузнецов, Г.А. Прейс. - Киев. Пищевая промышленность. В сб.: Проблемы трения и изнашивания, вып. 17, 1980. - С. 1-18.
2. Лихтман, В. И. Физико-химическая механика материалов/В.И. Лихтман, Е.Д. Шукин, П.А. Ребиндер. - М.: Изд-во АН СССР, 1962. - 186 с.
3. Карпенко, Г. В. Влияние среды на прочность и долговечность металлов.- Киев. Наукова думка, 1976. - 126 с.

4. Уханов, Д.А. Наведённая ЭДС – критериальный показатель минимальной частоты вращения коленчатого вала поршневого ДВС / Д.А. Уханов, А.П. Уханов, В.А. Перов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. г. Ульяновск. №1 (41). Январь 2018. Стр. 21-25.
5. Методы управления трением и изнашиванием материалов в условиях возникновения контактной разности потенциалов / И.Р. Салахутдинов, А.А. Глущенко, М.М. Замальдинов, А.П. Никифоров // Эксплуатация автотракторной и сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы. – Материалы III международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – С.125-127.
6. Процесс образования контактной разности потенциалов в сопряжении «поршневое кольцо – гильза цилиндров» / И.Р. Салахутдинов, А.А. Глущенко, М.М. Замальдинов, А.В. Лисин // Эксплуатация автотракторной и сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы. – Материалы III международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – С.128-130.

ELECTROCHEMICAL PHENOMENA IN ICE CONNECTIONS

Salakhutdinov I.R., Glushchenko A.A., Nikiforov A.P., Lisin A.V.

Key words: *electrochemical process, potential difference, hardness of materials.*

The conditions and causes of the appearance of electrochemical phenomena in the conjugations of the internal combustion engine, which represent a specific electrochemical metal-electrolyte-metal system, the effect of the resulting potential difference on the surfaces of rubbing metals on the properties of metals and their wear and tear reduction of the potential difference.