

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ТРЕНИИ  
СОПРЯГАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ**

**Хохлов А.Л., доктор технических наук, профессор,  
тел. 8 (8422) 55-95-13, mobilemach-dep@ugsha.ru**

**Марьин Д.М., кандидат технических наук,  
тел. 8 (8422) 55-95-13, marjin25@mail.ru**

**Нехожин А.С., магистрант,  
тел. 8 (8422) 55-95-13, nehozhin.alex1998@mail.ru  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

***Ключевые слова:** трение, электрический ток, термоэлектронная эмиссия, экзоэмиссия, термоэлектрические явления, электрохимические явления*

*Процесс взаимодействия сопрягаемых деталей при трении сопровождается разнообразными электрическими явлениями, позволяющие получать информацию о процессах, происходящих на поверхностях сопрягаемых деталей при трении и управлять их износом. В работе рассматриваются причины возникновения электрических явлений, протекающие при трении сопрягаемых деталей.*

**Введение.** При трении сопрягаемых деталей имеются благоприятные условия для проявления ряда широко известных физических эффектов, связанных с возникновением электрических токов. Эти условия обеспечиваются наличием контакта, в большинстве случаев двух разнородных металлов, выделением значительного количества тепла в результате интенсивной пластической деформации и трения, присутствием электропроводных

сред. Эти факторы осложняются дискретным характером фрикционного контакта, сложными физико-химическими процессами окисления, диффузии, адсорбции и другими, образованием граничных пленок. Совместное действие электрических и механических факторов при трении сопрягаемых деталей может вызвать специфический «электромеханический» износ пар трения, т.е. износ материалов при трении, вызванный воздействием слабого электрического тока, проходящего через фрикционный контакт. Такой износ может быть вызван различными причинами: электродиффузией, электрохимическими процессами и др. Для того, чтобы понять природу электромеханического износа, необходимо рассмотреть причины возникновения электрического тока при трении. [1, 2]

**Материалы и методы исследований.** К электрическим явлениям относят термоэлектронную эмиссию, экзоэмиссию, термоэлектрические и электрохимические явления. [3]

Термоэлектронная эмиссия заключается в «испарении» электронов из нагретого металла. Электрон, попадающий в поверхностный слой, под действием притяжения со стороны положительных зарядов возвращается обратно. Однако, если его скорость достаточно велика, то затратив определенную работу, он может вырваться с поверхности металла наружу. При росте температуры все большее количество электронов приобретает кинетическую энергию, достаточную для преодоления потенциального барьера на границе и вылета с поверхности металла. Это явление можно пояснить схемой, представленной на рис. 1.

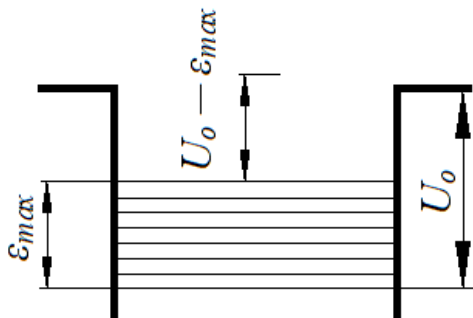


Рисунок 1 – Схема возникновения работы выхода электрона

Потенциальная энергия электронов на границе поверхности металла скачкообразно увеличивается на  $U_0$ . При  $T=0$  заполнены лишь нижние энергетические уровни до предельного значения кинетической энергии  $\epsilon_{max}$ . Для того чтобы электрон мог вырваться из металла наружу, нужно, чтобы его кинетическая энергия была больше, чем  $\epsilon_{max}$ , на  $\epsilon - \epsilon_{max} \geq U_0 - \epsilon_{max}$ . Величина  $\psi = U_0 - \epsilon_{max}$  представляет собой работу выхода электрона.

В результате термоэлектронной эмиссии возникает ток, зависимость которого от температуры имеет вид

$$I = A \cdot T^2 \cdot e^{-\psi/KT}, \quad (1)$$

где  $A$  – константа;  $T$  – абсолютная температура;  $\psi$  – работа выхода электрона;  $K$  – постоянная Больцмана;  $e$  – основание натурального логарифма.

Экзоэлектронная эмиссия, или «эффект Крамера», — это явление, при котором происходит низкотемпературная эмиссия электронов в результате деформационного возбуждения металла. Физически экзоэмиссия обусловлена снижением работы выхода электрона при деформации металла. В настоящее время процесс пластической деформации при трении трактуется с позиции

дислокационной теории прочности металлов. В то же время из электрической теории кристаллических сил следует, что не меньшее значение для понимания физической сущности прочности и пластичности металлов имеют изменения пространственного и энергетического состояния электронов в процессе пластической деформации. Механическое воздействие может вызвать деформационное возбуждение электронного газа в микрообъемах поверхности металлов, а тем самым – экзэмиссию электронов. По ее интенсивности и характеру можно судить об изменении электрического состояния поверхности контактируемых материалов [4].

Термоэлектрические явления связаны с возникновением электродвижущих сил в цепи разнородных проводников, в котором имеется градиент температуры. Для понимая этих явлений необходимо рассмотреть контактную разность потенциалов. При контакте двух различных металлов один из них заряжается положительно, другой – отрицательно, и между ними возникает разность потенциалов, называемая контактной. Механизм образования связан с тем, что при соприкосновении двух разнородных металлов с различными работами выхода электронов некоторые электроны одного металла (с меньшей работой выхода) переходят на свободные уровни второго металла (с большей работой выхода). В результате между поверхностями обоих металлов появляется разность потенциалов. Переход электронов продолжается до тех пор, пока его не прекращает возникающее на контакте электрическое поле. Значение контактной разности потенциалов определяется разностью работ выхода электрона двух металлов. Существенным является тот факт, что контактная разность потенциалов зависит от

температуры, что имеет решающее значение для термоэлектрических явлений.

При трении сопрягаемых деталей в электропроводных средах трехфазная система (металл I – раствор – металл II) может рассматриваться как специфическая электрохимическая система. На границе металл – электролит могут протекать процессы перехода заряда из одной фазы в другую, в результате чего на поверхности раздела возникает скачок потенциала. Поверхность металла приобретает электрический заряд одного знака, а прилегающий к металлу слой раствора – заряд противоположного знака. Это приводит к образованию двойного электрического слоя. Величина электродных потенциалов и строение двойного электрического слоя во многом определяют кинетику электродных процессов.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Таким образом, можно заключить, что сложный процесс взаимодействия сопрягаемых деталей при трении сопровождается разнообразными электрическими явлениями. Их протекание осложняется процессами окисления, адсорбции, диффузии, образованием вторичных структур, отличающихся по физико-механическим свойствам от исходного материала, и другими факторами. Используя электрические явления, можно, с одной стороны, получить важную информацию о процессах, происходящих на поверхностях сопрягаемых деталей при трении, а с другой – управлять их износом.

**Заключение.** Исследования электрических явлений поможет глубже понять физическую сущность процессов, происходящих при трении сопрягаемых деталей, влиять на их протекание и интенсивность.

### Библиографический список:

1. Марьин, Д.М. Теоретическое обоснование снижения износа деталей сопряжения «поршневая канавка-поршневое кольцо» /Д.М. Марьин, А.Л. Хохлов, А.А. Глушченко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №4 (32). – С. 178-182.
2. Марьин, Д.М. Приработки сопрягаемых деталей пар трения с применением электрического тока / Д.М. Марьин, Р.Н. Мустякимов // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы Национальной научно-практической конференции. Том II. – Ульяновск: ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2019. – С. 130-135.
3. Бурлакова В.Э. Трибоэлектрохимия эффекта безызносности / В.Э. Бурлакова. – Ростов н./Д, 2005. – 209 с.
4. Коробов Ю.М. Электромеханический износ при трении и резании металлов / Ю.М. Коробов, Г.А. Прейс. – Киев: Техника, 1976. – 200 с.

### ELECTRICAL PHENOMENA DURING FRICTION MATING PARTS

**Khokhlov A. L., Marin D. M., Nekhozhin A. S.,**

**Key words:** *friction, electric current, thermoelectronic emission, exoemission, thermoelectric phenomena, electrochemical phenomena*

*The process of interaction of mating parts during friction is accompanied by a variety of electrical phenomena that allow us to obtain information about the processes occurring on the surfaces of mating parts during friction and control their wear. The paper considers the causes of electrical phenomena occurring during the friction of mating parts.*