

I-15. МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА ТРЕНИЯ ФЕРРОМАГНЕТИКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Михаил Свирид, Игорь Трофимов, Катерина Ткаченко, Елена Касьяненко

Новые шаги в трибологии прецизионных сопряжений определяются наноуровнем поверхностных взаимодействий, что требует создания моно граничных слоёв. Взаимодействие поверхностей базируется на качестве «третьего тела», и определяет свойства механического градиента фрикционного контакта.

Постановка задачи: определить механизм изнашивания на местах фактической поверхности контакта (ФПК) под действием магнитного поля (МП).

Учитывая что, микроструктурная динамика, изменение химического состава материала, генерация потока дефектов кристаллического строения и продуктов износа протекают на масштабных уровнях порядка 10–100 нм, а топографические изменения поверхности трения, определяющие плотность потока механической энергии, формируются на уровнях порядка 0,1–1,0 мм. Пластичность – одно из свойств металлов, влияющее на процессы трения и изнашивания, и определяет механизмы разрушения. Влияние МП на пластичность таких металлов как Cu, Al, Ag описывается механизмом магнитоэластического эффекта (МПЭ), суть которого заключается в смещении краевых дислокаций кристаллов помещенных в электромагнитное поле, с индукцией до 1Тл. В металлах наблюдаются перемещения дислокаций и изменение микротвердости, это и позволяет управлять пластическими свойствами металлов в процессе их деформирования. Причиной изменения микротвердости, может быть движение дислокаций, что сказывается на МПЭ. Установлено также, что МП оказывает влияние на перемещение дислокаций и их границ, что может привести к ускоренному массопереносу по дислокационному или дислокационно-диффузионному механизму. Этот эффект наблюдается в переменном МП и отсутствует в постоянном МП.

Учитывая, трёхмерное пластическое деформирование поверхностей трения, на уровне зёрен и их конгломератов, проходит глубинное изгибание зёрен, сопровождающееся их изломом. Это способствует образованию крупных продуктов износа, которые будут являться абразивными частицами для плоскостей трения. Механизм трения в МП проходит в более тонких поверхностных слоях на уровне дефектов дислокационной структуры, за счёт пластичности материала, что уменьшает коэффициент трения.

Идея – воспроизвести механизм трения в МП, на базе чего определить условия восстановления поверхности до уровня конструкторских требований (параметров).

Гипотеза. Мы предполагаем, что силовое направленное МП будет концентрировать магнитозависимые (пара- и ферро-магнитные) частицы износа и не менее зависимые модификаторы масла, зачастую состоящих из окислов железа, удерживать их в зоне трения для последующего нанесения на активные места поверхности трения.

Цель. Воссоздать модель трения в МП, определить условия износ/восстановление пары ШХ-15 по стеклу, определить как будут сортироваться составляющие материала в МП.

Задачи – определить модель трибосистемы в МП;

-дать объяснение распределению элементов пара- и диамагнитного происхождения в зоне трения между поверхностями;

Объект научного исследования это процессы, происходящие на местах ФПК под влиянием МП.

Предмет научного исследования это изучение закономерностей процессов восстановления под влиянием МП.

Физическими объектами проведения исследований были взяты поверхности трения образцов стали ШХ-15 по стеклу, с целью определения износа полупары, обойти перенос второго материала, по схеме трения «палец-плоскость», с нормальной нагрузкой 0,35кг при скорости трения 0,2м/с и силой МП 0,1 Тл. Микроструктура поверхностных слоев исследовалась на металлографическом микроскопе МИМ-7.

Аналитическое обоснование. Процесс трения есть совокупность механических актов взаимодействия, по площади равной, не более, 0,1% от площади трения. Соударение микроконтактов происходит за время 10^{-7} – 10^{-8} с, с площадью в среднем 10^{-2} – 10^{-4} см², за время 10^{-5} – 10^{-3} с. В мгновенном фрикционном контакте, отслаиваются частицы износа с характеристиками парамагнетика (так как трущаяся поверхность значительно превышает температуру точки Кюри). Частица износа с трудом удерживается в зоне контакта, но движущееся масло уносит её. С понижением температуры ниже точки Кюри, В МП обретёт состояние ферромагнетика (частицы ШХ-15), а магнитная восприимчивость увеличится в 5 тысяч раз. Такие магнитные параметры активно направят их в зону ФПК. В этих, мгновенно существующих точках, плотно упаковываются ферромагнитные и парамагнитные частицы материалов, величина которых, может достигать 100 мкм. Чем меньше частица, тем сильнее она намагничивается и удерживается в зоне ФПК. Напряженность поля вне поверхности частицы износа в многокомпонентной среде смазочного материала, при действии на него электростатической или магнитной обработки будет увеличиваться многократно.

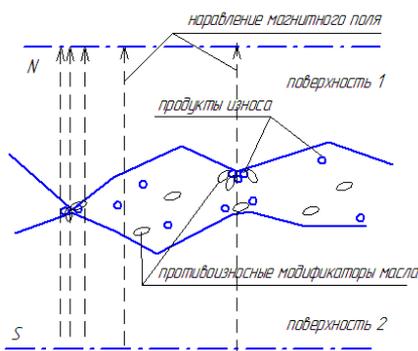


Рис. 1. Модель поверхности трения в направленном магнитном поле.

Масляная среда, при прокачке вдоль зоны трения вымывает продукты износа, и чем они больше, тем легче выносятся потоком масла за пределы пятна контакта.

С увеличением силы МП дипольные моменты молекул присадки ориентируются по вектору направления силовых линий, а частицы займут места вдоль наибольшей плотности линий магнитного поля рис.1.

Поведение пара- и ферро-магнитного материала определяет параметры износа поверхностей рис. 2. Концентрация частиц и модификаторов масла поддерживается действием магнитного поля, на поз.1 за счёт низкой нагрузки 0,1 МПа, наблюдается добавка к размеру на поверхность трения. В последующих позициях 2 и 3 фактор нагрузки начинает превалировать над усилием силовых линий магнитного поля, поэтому результаты значительно ниже. Процессы восстановления стали проходят за счёт продуктов износа и противоизносных модификаторов масла. Направлений МП вдоль дорожки трения, позициях 3,4,5 (рис.2.) не влияет на ферромагнитную составляющую находящуюся в масле, что приводит к износу ШХ-15.

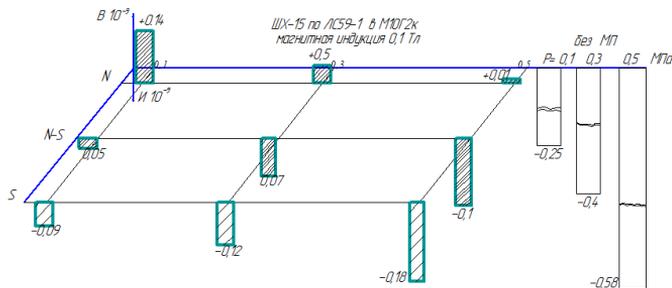
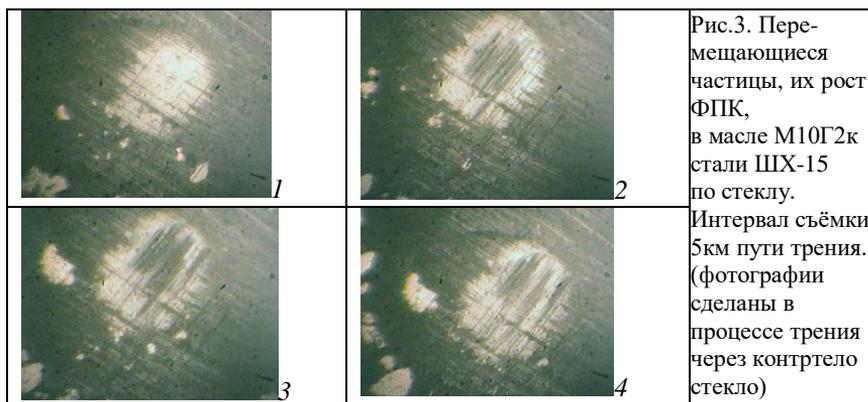


Рис. 2. Гистограммы трибопараметров стали ШХ-15 в среде масла М10Г2к по контртелу стекла. В МП с нагрузкой, $P_{0,1}$ – 1, 4, 7, 10; $P_{0,3}$ – 2, 5, 8, 11; $P_{0,5}$ – 3, 6, 9, 12; направление МП: в образец 1–3 полюс N; между полюсами 4–6=N-S; от образца в контртело 9–11 полюс S; 10,11,12 без магнитного поля

Третье направление силового поля от полюса N к полюсу S, обратное первому случаю, подчиняется уносу ферромагнитной стали в сторону стекла и вымыванием их зоны трения.

Процесс трибовосстановления (рис. 3) проходит на режиме расположения стального образца напротив полюса N, при нагрузке 0,1 МПа, и определяется увеличением относительного линейного размера стального образца. На фотографии рис.3.; поз. 1 – видно как начинает развиваться пятно контакта и накапливаются продукты износа; поз. 2 – следующим этапом они намазываются на поверхность (образовывается темное пятно); поз.3 – намазывание проходит более плотным слоем; на 4-м снимке мы наблюдаем истирание слоя с поверхности контакта. Так как наиболее сформированной частью контакта будет центр пятна то именно на этом месте наибольшая плотность дефектов кристаллической решетки как точечных, так и линейных. Направление силовых линий МП было направлено в плоскость трения от наблюдателя.



Таким образом, условия трения предусматривают послойное истирание с последующим нанесением нового слоя из частиц конгломератов износа и противозносных присадок масла.

Таким образом, трибомагнитная методика нанесения покрытий на пары трения сопряжена с значительными трудностями связанными с физическими свойствами магнитного поля в материале. Направленные магнитные линии всегда замкнуты, что создаёт симметричное воздействие на материал или сопряжённые пары материалов. Так как все материалы магнитно зависимы и по разному воспринимают МП структурными

составляющими, что является необходимостью, располагать выбранную структуру в разных частях магнитного потока.

РЕФЕРАТ

*Михайло Свирид, Ігор Трофімов, Катерина Ткаченко, Олена Касьяненко,
Національний авіаційний університет, svirid_mn@ukr.net*

МОДЕЛЬ МЕХАНІЗМА ТЕРТЯ ФЕРРОМАГНЕТИКА ПІД ДІЄЮ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Представлені експериментальні результати трибологічних характеристики стали ШХ- 15 в спрямованому магнітному полі. Особлива увага приділена ферромагнітній складовій часток зносу і модифікаторів олії М10Г2к які накопичуються в мастильній рідині в процесі тертя. Визначено, як магнітне поле впливає на перерозподіл ферромагнітних складових модифікаторів протизносу і складових сталі. Представлена фізична модель переміщення матеріалу, між площинами тертя, залежно від напрямку магнітного поля.

Ключові слова: механізм тертя, ферромагнетик, магнітне поле, масла.

РЕФЕРАТ

*Михаил Свирид, Игорь Трофимов, Катерина Ткаченко, Елена Касьяненко,
Национальный авиационный университет, svirid_mn@ukr.net*

МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА ТРЕНИЯ ФЕРРОМАГНЕТИКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Представлены экспериментальные результаты трибологических характеристик стали ШХ-15 в направленном магнитном поле. Особое внимание уделено ферромагнитной составляющей частиц износа и модификаторов масла М10Г2к которые накапливаются в смазочной жидкости в процессе трения. Определено, как магнитное поле влияет на перераспределение ферромагнитных составляющих противоизносных модификаторов и составляющих стали. Представлена физическая модель перемещения материала, между плоскостями трения, в зависимости от направления магнитного поля.

Ключевые слова: механизм трения, ферромагнетик, магнитное поле, масла.

ABSTRACT

*Mikhail Svyryd, Igor Trofimov, Katerina Tkachenko, Elena Kasyanenko,
National Aviation University, svirid_mn@ukr.net*

MODEL OF THE MECHANISM OF FERROMAGNETIC FRICTION UNDER MAGNETIC FIELD IMPACT

Experimental results tribological characteristics of SHKH-15 steel in the directed magnetic field, are presented. The special attention is focused on the ferromagnetic constituent of wearing particles and modifiers of M10G2k oil, which accumulates in a lubricating liquid during the process of friction. It is determined how the magnetic field influences on the redistribution of ferromagnetic constituents of steel antiwear modifiers and constituents. The physical model of material moving between the friction planes, depending on direction of the magnetic field, is presented.

Key words: mechanism of friction, ferromagnetic, magnetic field, oils.