

УДК 621.892.09

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКОГО ИЗНАШИВАНИЯ СТАЛЕЙ

Е.А. Мотова

В статье приведены результаты исследования коррозионно-механического изнашивания стали У8А в кислом водном электролите при взаимодействии с полиэтиленом и текстолитом. Проведены эксперименты по изучению влияния водорода на коррозионно-механическое изнашивание с применением методики «меченых атомов». Показано, что определяющим фактором суммарной интенсивности изнашивания в приведенных условиях является трибокоррозия.

Среди научных направлений, определяющих технический уровень разработок в области пищевого, легкого, сельскохозяйственного машиностроения, важная роль принадлежит трибологии [1]. В первую очередь это связано с тем, что большинство узлов трения машин и механизмов пищевой и перерабатывающей промышленности работают в условиях коррозионно-механического изнашивания, характеризующегося значительным снижением их надежности по критерию износостойкости. Данные обстоятельства в равной мере относятся к трибосопряжениям, например, сталь-полимерный материал, а также к большому количеству специфичных трибопар, таких как сталь - биомасса (зерно, силос) не являющихся узлами трения в привычном понимании этого термина, но от работоспособности которых существенно зависит надежность и долговечность оборудования, его производительность [2]. Вместе с тем, коррозионно-механическое изнашивание является самым распространенным видом разрушения металлической поверхности при трении и состоит из двух составляющих: трибокоррозии и механического диспергирования поверхности. В свою очередь, трибокоррозионные процессы изучены недостаточно, и их влияние может привести к возрастанию неоднородности поверхностных слоев, их охрупчиванию, ведущему к образованию трещин, питтингу и отслаиванию.

Цель настоящей работы - изучение фрикционного взаимодействия материалов с функциональными элементами технологического оборудования на примере модельных трибологических пар сталь - полимерный материал, работающих в условиях воздействия агрессивной среды на основе исследования коррозии при трении.

Процессы статической коррозии и процессы трибокоррозионного износа состоят из ряда параллельных и последовательных реакций таких как: образование и удаление адсорбированных и хемосорбированных слоев, диффузии коррозионного агента к поверхности, удаления продуктов реакции с поверхности и т.д. Поэтому интенсивность статической коррозии и трибокоррозионного изнашивания можно представить в соответствии с Больцмановским распределением, в виде экспоненты [3]:

$$J = J_0 \exp\left(\frac{-E''}{RT}\right), \quad (1)$$

где J - трибокоррозионная составляющая суммарной интенсивности коррозионно-механического изнашивания; J_0 - предэкспоненциальный множитель, пропорциональный доле атомов, расположенных на механически активированной поверхности, зависящий от механических свойств материала пар трения; E'' -

эффективная энергия активации, определяемая из температурной зависимости скорости коррозии Дж/ мольК; R - газовая постоянная, T - абсолютная температура.

В свою очередь, механическая активация поверхности в процессе трения интенсифицирует диффузию в приповерхностных слоях жидкости, способствует удалению с поверхности как хемосорбированных слоев, так и продуктов коррозии. В результате чего, происходит снижение энергетического барьера, отвечающего коррозионному процессу в статических условиях.

В данной работе исследовалась скорость статической и кинетической (трибокоррозии) коррозии стали У8А в кислом водном электролите серной кислоты, в интервале температур от 20 до 50⁰С, по методике, описанной в работе [4]. В качестве модельных материалов контртел использовали текстолит марки ПТК-С и полиэтилен низкого давления (ПЭНД). В процессе эксперимента была реализована схема с возвратно-поступательным движением контртел. В ходе опыта велась непрерывная регистрация изменения электрического сопротивления стальных образцов, по величине которого рассчитывалась интенсивность трибокоррозионной составляющей суммарного износа. В работе были приняты следующие режимы исследования материалов: удельная нагрузка на образец варьировалась от 0,5 до 1 МПа; продолжительность испытаний составляла 60 минут, количество образцов в каждой серии экспериментов по 4 штуки; в качестве среды для испытаний был взят водный раствор серной кислоты марки химически чистой.

На первом этапе исследований были определены величины кажущейся энергии активации, растворения стали У8А в статических условиях. Снималась зависимость уменьшения электрического сопротивления стального образца от времени. Из данных по кинетике растворения, представленных в аррениусовых координатах, значение кажущейся энергии активации составило 68,1 кДж/ моль.

С целью определения энергии активации трибокоррозии было исследовано влияние температуры на интенсивность трибокоррозионного изнашивания. Изучено фрикционное взаимодействие пар сталь У8А-текстолит; сталь У8А - ПЭНД.

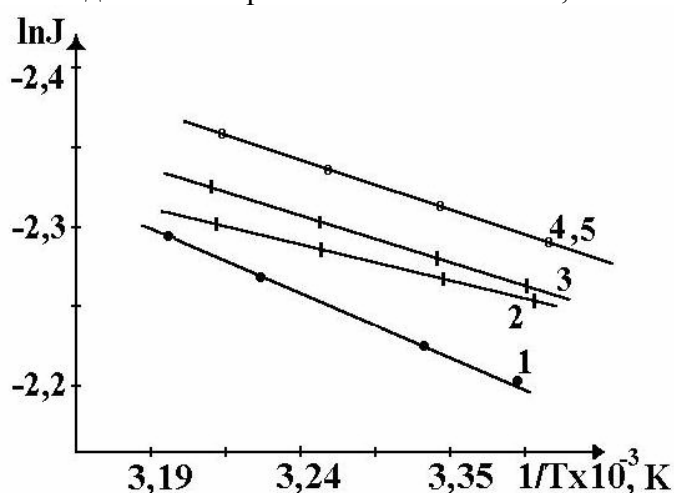


Рис.1 Зависимость логарифма интенсивности изнашивания трибопар в соляной кислоте от удельной нагрузки: 1 - без нагрузки (сталь У8А); 2 - $P=0,5$ МПа (сталь У8А); 3 - $P=1$ МПа (сталь У8А - текстолит); 4 - $P=0,5$ МПа (сталь У8А - ПЭНД); 5 - $P=1$ МПа (сталь У8А - ПЭНД)

Результаты, представленные на рисунке 1, позволяют сделать следующие выводы:

- при переходе от трибопар сталь У8А - текстолит к сталь У8А - ПЭНД наблюдается значительное снижение численного значения энергии активации коррозионно-механического изнашивания стали с 68,1 до 36,2 кДж/моль;

- величина предэкспоненты (J_0) находится в линейной зависимости от удельной нагрузки для пар сталь У8А - текстолит;

- изменение удельной нагрузки не вызывает существенного изменения кажущейся энергии активации для пар сталь У8А - ПЭНД.

Известно, что выделение водорода при трении металлополимерных пар может привести к интенсификации процесса коррозионно-механического изнашивания [5]. Для уточнения роли и поведения трибохимического водорода были проведены эксперименты по трению пар сталь У8А - ПЭНД в кислом водном растворе серной кислоты, содержащей добавки дейтериевой и тритиевой воды. Параллельно было проведено исследование фрикционного взаимодействия пар сталь У8А - текстолит в среде серной кислоты с теми же добавками. Дейтерий в стальной поверхности анализировался на искровом масс-спектрометре МХ - 3301. Масс - спектрометрический анализ показал наличие дейтерия в стальных образцах на глубине до 25 мкм в концентрациях $7,4 \times 10^{-5}\%$.

Тритий определялся методом “меченых атомов” измерением β - активности в послойно стравливаемых поверхностных слоях стальных образцов.

Для травления использовали реактив Фишера и раствор смеси соляной и уксусной кислот.

Распределение трития в приповерхностных слоях образцов после проведения указанных экспериментов (рис.2) дает основание предположить, что при трении пар сталь У8А - ПЭНД происходит снижение скорости проникновения водорода в глубь металла. Толщина наводороживаемого слоя не превышает 70 мкм.

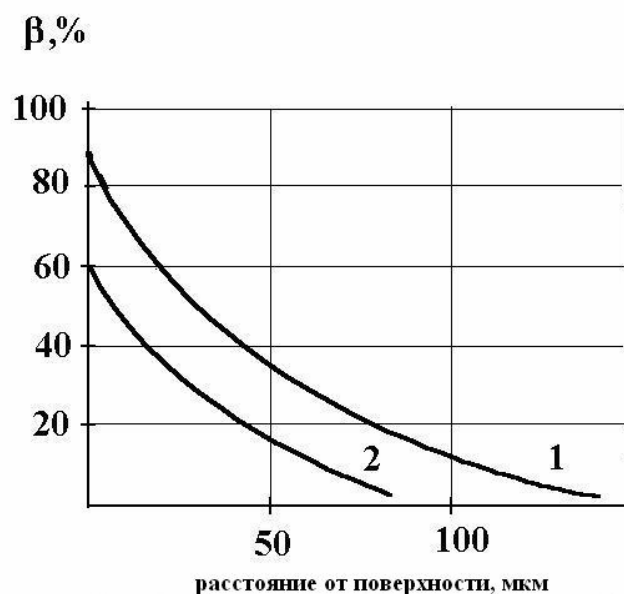


Рис. 2. Изменение концентрации трития в поверхностных слоях стальных образцов при трении пар: 1 - сталь У8А - текстолит; 2 - сталь У8А - ПЭНД

Таким образом, экспериментальные результаты, полученные с привлечением методов электрохимии и метода “меченых атомов”, говорят о том, что механизм коррозионно-механического изнашивания в условиях упругого фрикционного контакта определяется трибокоррозией, интенсифицируемой трибохимическим водородом.

Наблюдаемое снижение эффективной энергии активации трибокоррозии пары сталь У8А - ПЭНД, независимость интенсивности изнашивания от удельной нагрузки, может быть объяснено образованием адсорбированных слоев органических соединений, экранирующих поверхность от катионов водорода.

При проектировании сельскохозяйственной и перерабатывающей техники необходимо учитывать возможность накопления трибохимического водорода, способствующего интенсификации коррозионно-механического изнашивания деталей узлов и механизмов.

Литература.

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. - М., Машиностроение, 1985. - 424 с.
2. Мотова Е.А. К вопросу о влиянии процесса наводороживания на механическую обработку. Прикладная механика и технология машиностроения. Сб. научных трудов/Под научн. ред. В.И.Ерофеева - Н.Новгород, 1998. - С. 67-70.
3. Фролов В.В. Химия. – М., Высшая школа, 1986. – 543 с.
4. E. Motova. Mechanocorrosive wear rate in elastic contact conditions.// Exploitation problems of machines. Krakow, Polska. VOL. XXXIII, ISSUE 2 (114), 1998. - pp 179-185.
5. Исследование водородного износа: Сборник статей. - М., Машиностроение, 1977. - 84 с.

Нижегородский филиал Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Нижний Новгород, Россия.

Поступила: 06.10.08.