

НАУКА И ТЕХНИКА

УДК 620.193

В. Я. МАТЮШЕНКО, зав. кафедрой «Физика»; Н. А. АХРАМЕНКО, доцент кафедры «Физика»; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДИФФУЗИИ ВОДОРОДА В ОБЛАСТИ ФРИКЦИОННОГО КОНТАКТА

Исследуется температурное поле при трении и его влияние на диффузию водорода. Показано, что при наличии внутренних источников тепла максимум температуры смещается в глубь образца. Это приводит к повышению концентрации водорода в материале и усилению водородного разрушения.

В результате трения двух соприкасающихся поверхностей в области контакта выделяется количество тепла, зависящее от прикладываемой нагрузки и условий контактирования поверхностей. При этом большая часть механической энергии, затраченная на преодоление сил трения, переходит во внутреннюю энергию контактирующих тел. Повышающаяся вследствие этого в области фрикционного контакта температура существенно влияет на изнашивание контактирующих поверхностей. Растущая в области фрикционного контакта температура усиливает действие ряда факторов, стимулирующих разрушение металлических поверхностей. Одним из них является повышение концентрации атомарного водорода в приповерхностном слое металлического контртела, приводящее к водородному износу поверхности металла. При этом диффузия свободного водорода по объему образца определяется в основном создающимся температурным полем и градиентами температур.

В работе [1] тепловой режим фрикционного контакта рассматривался с учетом того, что при трении теплообразование происходит с учетом внутренних источников тепла. Наличие таких источников тепла обусловлено тем, что процесс трения сопровождается вибрацией и по объему образца происходит диссипация тепла. Анализ теплового режима фрикционного контакта с внутренним источником тепла показывает, что максимум температуры при этом может сместиться на некоторое расстояние от поверхности в глубь образца. Если торец образца с координатой $x = 0$ закреплен, а торец с координатой $x = R$ находится в фрикционном контакте с контртелом, то температурное поле в этом случае описы-

вается следующей зависимостью:

$$U(x, t) = \frac{4}{k} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{[1 - \exp(-\frac{kp_i^2 t}{c\rho})]\varphi(p_i)}{2Rp_i^2 - p_i \sin 2p_i R} \sin p_i R, \quad (1)$$

где R – длина образца; ρ – плотность; c – удельная теплоемкость; k – коэффициент теплопроводности; p_i – решения характеристического уравнения

$$\operatorname{tg} pR = -\frac{pk}{h}$$

(h – коэффициент интенсивности теплообмена образца с контртелом).

Из выражения (1) получим, что с течением времени по длине образца устанавливается температурное поле, не зависящее от времени, т. е. стационарное температурное поле, зависящее только от координаты x :

$$U(x, t) = \frac{4}{k} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\varphi(p_i)}{2Rp_i^2 - p_i \sin 2p_i R} \sin p_i R. \quad (2)$$

На основе выражения (2) оценим, на каком удалении от поверхности трения может располагаться максимум температурного поля. Для исследуемого образца: $k = 69$ Дж/(м·с·К); $R = 0,1$ м; $h = 3500$ Дж/(м²·с·К). Параметр α характеризует распределение мощности внутренних источников тепла по объему образца, которые экспоненциально убывают по мере удаления от поверхности трения ($q \sim \exp(\alpha(R - x))$). Он зависит от нормальной и касательной составляющих нагрузки, действующей на торец образца, а также от состояния его по-

верхностного слоя. Увеличение параметра α соответствует увеличению количества теплоты, выделяющейся в области образца возле фрикционного контакта. Уменьшение параметра α соответствует случаю, когда увеличивается мощность источников тепла, удаленных от поверхности трения.

Каждому значению величины α будет соответствовать своя координата температурного максимума в стационарных условиях. При этом можно считать, что подавляющая часть генерируемого в образце количества теплоты выделяется в области образца расположенной в окрестности фрикционной поверхности. На противоположном торце образца положим, что мощность источников тепла стремится к нулю. Такое распределение внутренних источников тепла получим, если положим, что $\alpha R \gg 1$ или $\alpha \gg 1/0,1 = 10$.

Координаты температурных максимумов в зависимости от величины α , найденные из анализа зависимости (2), представлены на рисунке 1.

Из этого графика следует, что при увеличении параметра α координата температурного максимума смещается к фрикционной поверхности (координата $x = R = 0,1$ соответствует поверхности трения). Из графика также видно, что температурный максимум может быть расположен на расстоянии 1 – 2 мм от поверхности трения (что наблюдалось экспериментально [2] для начальных моментов времени после начала трения), т. е. можно считать, что в стационарных условиях (при $t \rightarrow \infty$) координата температурного максимума существенно не смещается. Удалению максимума на 1 – 2 мм от поверхности трения соответствуют значения параметра $\alpha \sim 1000 - 2000$.

С координатой температурного максимума связан максимум концентрации водорода в образце (поскольку вид температурной кривой почти всегда соответствует виду кривой концентрации водорода).

Поэтому возникающие при трении в образце температурные поля приводят к диффузии водорода как с поверхности трения, так и из объема образца в область максимума температуры, расположенной в приповерхностном слое.

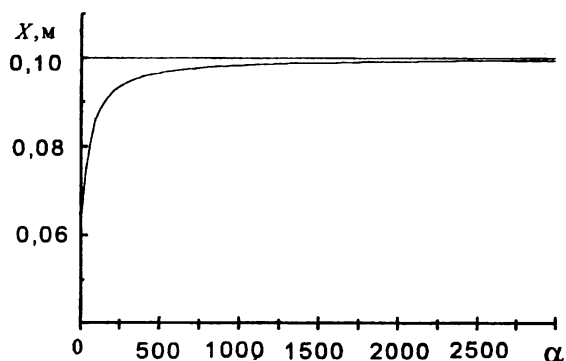


Рисунок 1 – Зависимость координаты максимума температурного поля от величины параметра α

Уменьшить концентрацию диффузионноспособного водорода в приповерхностном слое можно за счет уменьшения его образования в зоне фрикционного контакта, а также смещением температурного максимума на поверхность трения. В этом случае поток диффузионноспособного водорода из поверхности трения будет уменьшен и уменьшится его концентрация в приповерхностном слое.

Список литературы

- 1 Ахраменко Н. А., Матюшенко В. Я. Температурное поле в области фрикционного контакта и явление наводороживания материалов// Материалы, технологии, инструменты. № 1. 1999. С. 20 – 23.
- 2 Матюшенко В. Я., Шпеньков Г. П. Исследование наводороживания металлов при трении с фрикционными пластмассами// Проблемы трения и изнашивания. Вып.4. Киев: Техника, 1973. С. 155 – 159.

Получено 15.10.2000

V. Y. Matushenko, N. A. Akhramenko The field of temperature and diffusion of hydrogen for friction contact.

Temperature field was investigated for friction and influence on the hydrogen diffusion. Inside sources of heat energy can displace the maximum of temperature into the test sample. Therefore concentration of hydrogen is rising into the substance and destruction of the hydrogen is increasing.