

УДК 53.05

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТРЕНИЯ В ВАКУУМЕ И АТМОСФЕРЕ

Петросян Г.А.<sup>(1)</sup>, Бредихин И.С.<sup>(2)</sup>

Студент 4 курса<sup>(1)</sup>, аспирант<sup>(2)</sup>

МГТУ им. Н.Э. Баумана<sup>(1)</sup>, Институт физики твердого тела<sup>(2)</sup>

Научный руководитель: Деулин Е.А.

Доктор технических наук, профессор кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

### Введение

Процессы, происходящие при «сухом» трении представляют комплекс физико-химических процессов, природа которых разнообразна и вызывает дискуссии до сих пор. К таким явлениям относят процесс принудительного растворения сорбированного газа предсказанный в 1997 году [1]. Известно, что наличие водорода в стали резко снижает её твердость, пластичность и ударную вязкость, изменяет магнитные и электрические свойства стали. Кроме того, водород снижает усталостную и длительную прочность стали.

Авторами уже доказано, что в процессе «сухого» трения в вакууме, концентрация атомов водорода в материалах пары трения шарикоподшипника увеличивается в 100-300 раз по сравнению с исходной. Результаты экспериментов [2] приведенные на рис. 1 показывают увеличение концентрации дейтерия после трения-качения шариков по кольцу шарикоподшипника на глубине 0,8 мкм, при 2000 и 24000 об/мин.

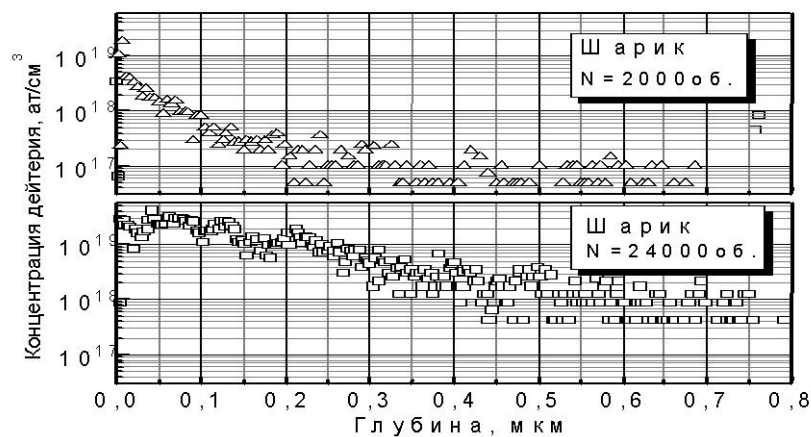


Рис. 1. Распределение дейтерия по глубине в шарике после 2000 и 24000 об/мин

Так же доказано [3], что в процессе «сухого» трения транспортируемого газа о стенку трубопровода наблюдается в той же мере (в 100-300 раз) увеличение концентрации водорода.

Далее представлены результаты новых экспериментов, проводимых для исследования результатов взаимодействия пары трения: «резец-заготовка».

### Методика экспериментов

Выдвигаемая авторами гипотеза основана на том, что в процессе механостимулированной сорбции растворение водорода и его изотопов сопровождается увеличением содержания водорода и его изотопов в сорбате [1,2].

Цель экспериментов – подтвердить гипотезу о появлении третьего изотопа водорода (трития) в материалах пары трения. Так как в отличие от других изотопов водорода содержания трития в природе ничтожно мало, и при этом тритий обладает радиоактивностью с периодом полураспада 12,5 лет, то эксперимент проводился с использованием радиометра-дозиметра МКС-01Р для определения бета излучения в зоне резания (рассматриваемое нами как процесс трения с экстремальными параметрами), которое затем сопоставлялось с фоновыми уровнями излучений.

### Результаты экспериментов

В результате эксперимента получено незначительное увеличение дозы излучения в зоне резания по сравнению с фоновым. Результаты приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Показания измерительных приборов при эксперименте**

#### А) Гамма излучение

| Фоновое излучение, мкЗв/час | Излучение при резании, мкЗв/час |      |      |
|-----------------------------|---------------------------------|------|------|
| 0.10                        | 0.19                            | 0.11 | 0.16 |

#### Б) Рентгеновское излучение

| Фоновое излучение, мкЗв/час | Излучение при резании, мкЗв/час |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 0.11                        | 0.13                            |

Для проверки справедливости гипотезы на наноуровне был проведен ВИМС анализ химического состава резца на установке TOF SIMS5 (рис.2).



Рис. 2. Работа на установке TOF SIMS5 в г. Черноголовка

Известно, что используемый авторами времяпролетный масс-спектрометр TOF SIMS 5 из всех видов поверхностной спектроскопии вторичных ионов обладает лучшими характеристиками. Он предоставляет детальную информацию об элементном и молекулярном составе поверхности и приповерхностных тонких слоях образца.

Задачей авторов являлось получение хотя бы косвенных доказательств увеличения уровня излучения приведенного в таблице 1. В результате ВИМС анализа было установлено, что концентрация трития в зоне трения превышала концентрацию трития в базовой области на 37%, так на рис. 3 представлен график зависимости количества атомов трития от глубины травления на базовой поверхности резца, ранее не участвующей в резании.

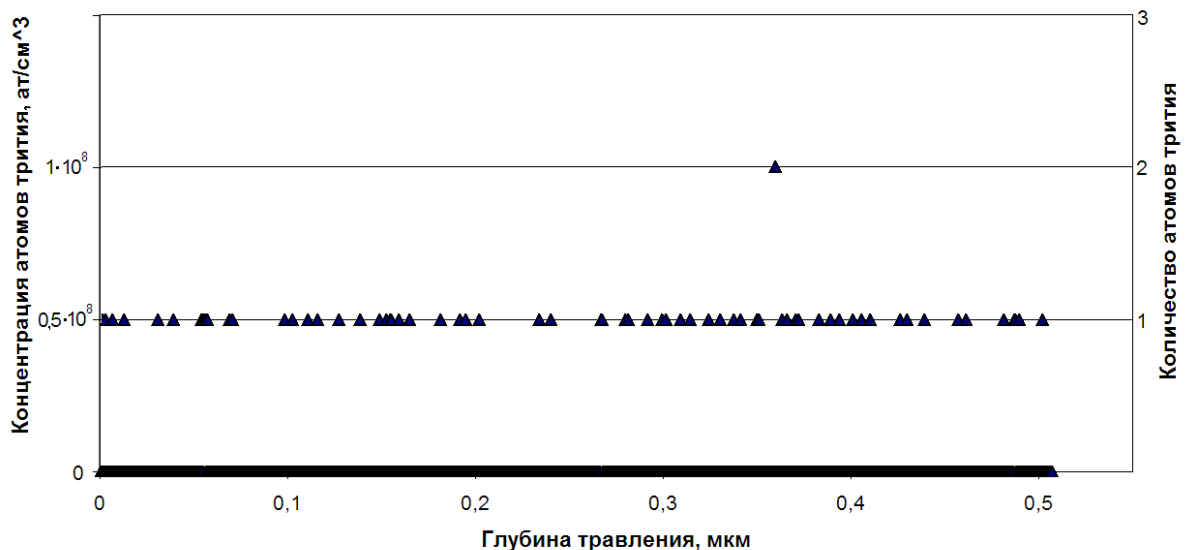


Рис.3. Зависимость концентрации атомов трития от глубины травления на базовой поверхности резца

Для сравнения на рис. 4 представлен график зависимости количества атомов трития от глубины травления на рабочей поверхности резца.

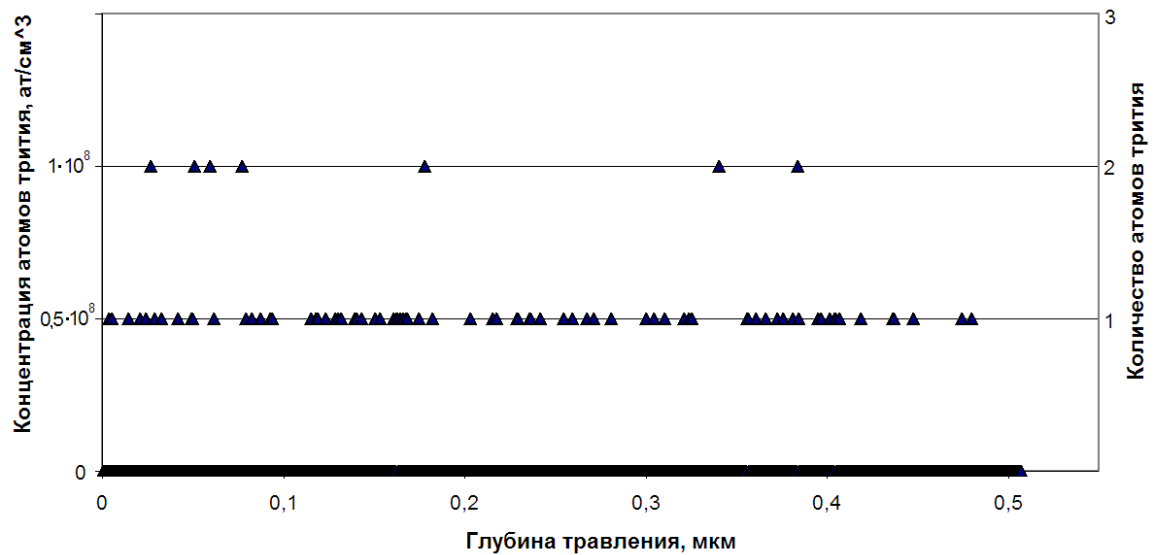


Рис.4. Зависимость концентрации атомов трития от глубины травления на рабочей поверхности резца

### Заключение

В результате экспериментов было получено косвенное доказательство появления в материалах пар трения третьего изотопа водорода, трития, подтверждаемое незначительным увеличением регистрируемой дозы излучения.

### Литература

1. *Deulin E.A.* Exchange of gases at friction in vacuum// ECASIA '97.- John Wiley & sons, Nov. 1997.- pp. 1170-1175.
2. *Deulin E.A., Nevshoupa R.A.* Deuterium Penetration Into The Bulk Of A Steel Ball Of A Ball Bearing Due To Its Rotation In Vacuum.- Applied Surface Science, 144-145, (1999), pp.268-268.
3. *Деулин Е.А., Мирзоев Абдуджаббор.М., Мирзоев Абдугаффор. М.* Исследование причин появления «водородной болезни» в материале труб магистральных газопроводов и разработка вакуумных методов их устранения / Нано-и Микросистемная Техника , №5 (94) 2008, с.с. 40-43.