

ТРИБОЛОГИЧНО СЪСТОЯНИЕ НА АНТИФРИКЦИОНЕН МАТЕРИАЛ ВЪВ ВАКУУМ И АТМОСФЕРНА СРЕДА

Тинка Грозданова

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: tinka_gr@abv.bg*

Ключови думи: трибология, самосмазващи се композитни антифрикционни материали, вакуум

Резюме: В статията са представени резултатите от трибологично изследване на повърхността на самосмазващ се композитен антифрикционен материал на медна основа, изпитан в условията на вакуум и в атмосферна среда.

TRIBOLOGICAL STATE OF ANTIFRICTIONAL MATERIAL IN VACUUM AND ATMOSPHERE SURROUNDINGS

Tinka Grozdanova

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: tinka_gr@abv.bg*

Keywords: Tribology, self-lubricating antifrictional materials, vacuum.

Abstract: The results of a tribological study on the surface of a self-lubricating antifrictional material in vacuum and in ambient air are presented.

1. Увод

При взаимодействието на две тела, участващи в трибопроцес, контактните повърхности претърпяват изменения, в резултат на които се образува нов веществен продукт, наричан понякога „трето контактено тяло“ [1]. Формирането и съставът на този продукт зависят както от вида на материалите, така и от условията, при които протича процесът – обкръжаваща среда, сила на взаимодействие, скорост на движение, времетраене и т.н. Контактното тяло съчетава в себе си комплекса от изменения и трансформации на основните материали в контактната област.

Някои автори наричат този продукт „формиращ се трибофилм“ и изследват връзката между механизма на адхезионно износване и химическите реакции [2,3]. Триенето на метални повърхности, съвместно с механичната енергия, стимулира появата на физически процеси и последващо възбуждане на химически реакции с молекулите на обкръжаващата среда. Измененията на материала и енергийното състояние на трибоконтакта, появата на еластични, пластични и деструктивни деформации се изследват в различни размерни диапазони. Трибодеструкциите, предизвикани от изменения в кристалната решетка, водят до разкъсване на кристало-химични връзки, електронна емисия и разрушаване на материалите [1].

Тези процеси се проявяват в по-голяма степен, ако материалите се използват в екстремни условия – в откритото космическо пространство, във вакуум или при сухо триене [4,5].

2. Изложение

По съвместна научна програма между Института за космически изследвания и технологии към БАН и Института по проблеми на материалознанието към Националната Академия на Науките на Украйна беше разработена серия самосмазващи се композитни антифрикционни материали под общото название ИПМ. Те се отличават с това, че притежават

хетерогенна структура и съставните компоненти имат определени функции. Разработени са на медна основа, легирана с фосфор, никел, манган и калай. Съдържат изолирани глобуларни образувания на оловото, което практически не взаимодейства с медта. Основният технологичен принцип при създаването им е постигане на оптимални трибопараметри: нисък коефициент на триене, висока износоустойчивост, голяма товароносимост и защита срещу образуване на центрове на зацепване и задиране в контактната област. Медта и нейните сплави изграждат носещата матрица, а оловото реализира антифрикционните функции [6,7].

Материалът ИПМ -304 (Cu – P – Sn – Pb) беше изследван при сухо триене във вакуум и на въздух. На повърхността се образува оловен смазочен слой, вследствие на повишаването на температурата в контакта, на разликите между коефициентите на дифузия и термично разширение на матрицата и на оловото, както и на пластичната деформация. Равномерното разпределение и стабилността на този слой зависят от много фактори като: структурните промени в повърхностния слой, разпределението на оловото в обема на материала, температурата в контактната зона и режима на триене. От тях се определят антифрикционните параметри на композита, неговата адаптивност и ефектът на самосмазване.

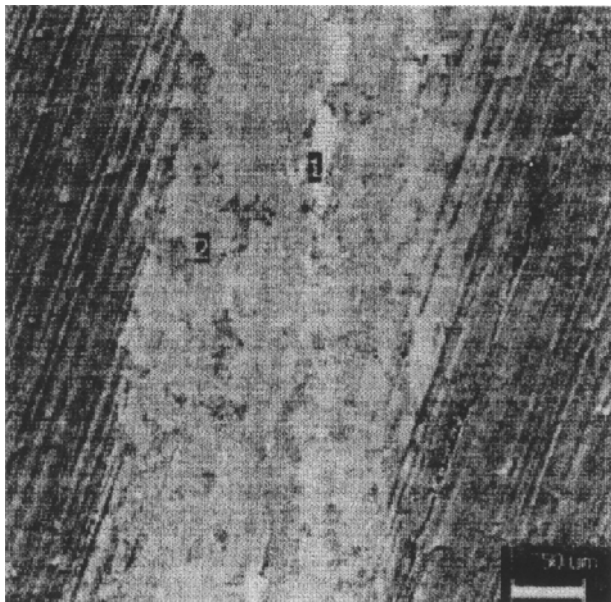
С увеличаване на скоростта на триене и силата на натоварване, температурата в контакта се покачва и количеството на оловната смазка нараства. При по-лек режим на работа (товар 2N) снабдяването на повърхността с олово се обяснява с процеса на дифузия. При по-тежък режим (товар 10N) обогатяването с олово е по-интензивно и оловният слой е с по-голяма плътност [8]. Това се дължи, както на повишената температура (до 170°C), така и на допълнително избутване на олово към повърхността под действието на товара.

3. Експериментални резултати

3.1. Изследване на триещата се повърхност на материала във вакуум

Изследването е извършено с трибосистема „pin-on-disk“ (палец-диск) във вакуум 1.10^{-3} Pa при натоварване 2 N и скорост на движение 0,2 m/s. Дискът, който се движи, е изработен от материала ИПМ-304. Палецът, който се явява контрагент, е изработен от стомана AISI 52100 (100 Cr6) с твърдост 740 HV [9].

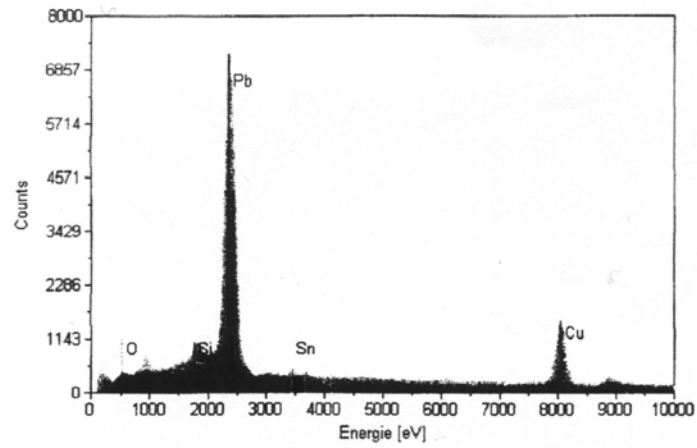
На фиг.1 е показано изображение на повърхността на диска, направено със сканиращ електронен микроскоп.



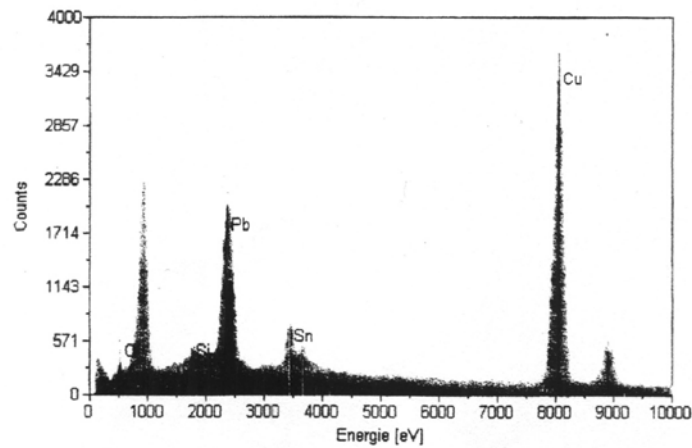
Фиг. 1. Морфология на повърхността на ИПМ -304 след сухо триене във вакуум

Вижда се добре оформеният оловен смазочен слой върху обработваната повърхност.

На фиг.2 е показана снимка от анализа на елементния състав в точките 1 и 2, извършена с рентгенова микросонда. Количеството на олово е значително и преобладава в сравнение с другите компоненти, особено в т.1 – най-светлата област.



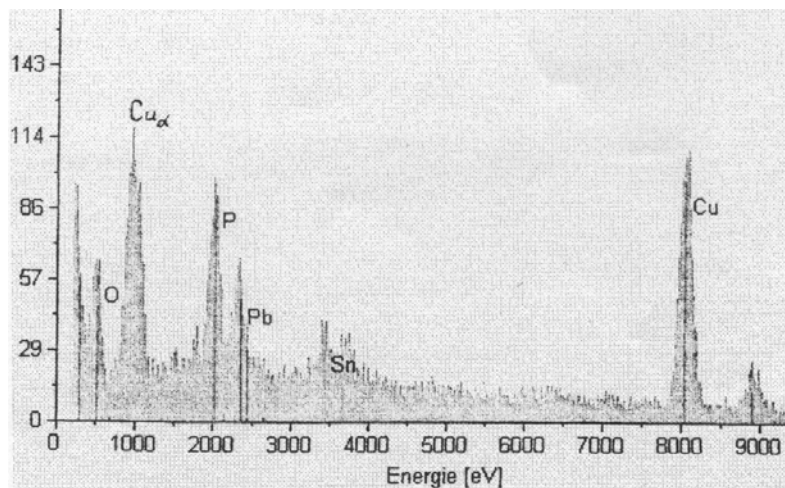
г.1



г.2

Фиг. 2. Спектри на елементния състав в две точки на оловния слой

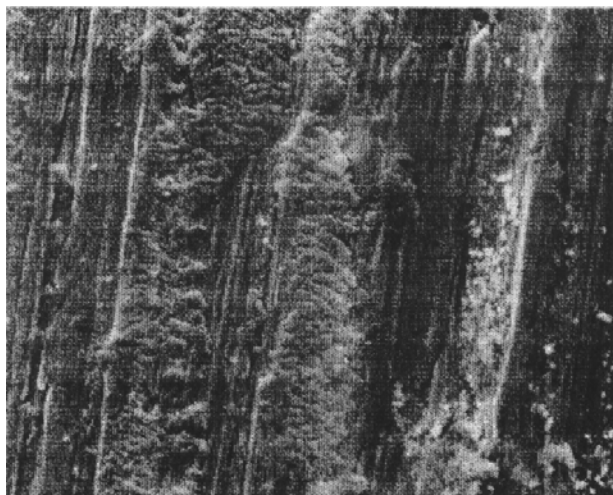
На фиг. 3 е показан спектъра на елементния състав на продукта от износването. Спектъра съдържа компоненти от матрицата – мед, фосфор, калай и олово.



Фиг. 3. Спектр на продукта от износването при сухо триене във вакуум

3.2. Изследване на триещата се повърхност на материала в атмосферна среда

На фиг.4 е показан видът на повърхността след триене на въздух.



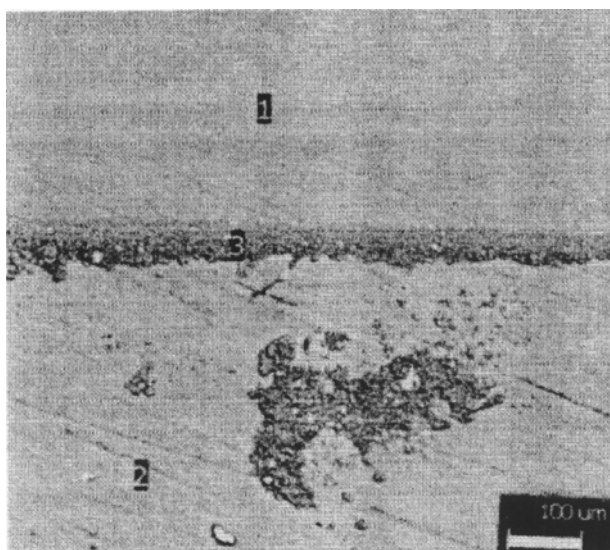
Фиг. 4. Морфология на повърхността на ИПМ -304 след сухо триене на въздух

Образуваият се оловен слой се окислява, става по-крехък и се износва лесно, което води до нарастване на коефициента на триене и интензитета на износване. Това би могло да се компенсира частично с увеличение на натоварването и скоростта

3.3. Изследване на повърхността на контратялото и елементния състав на продукта от износването при триене на въздух

Това изследване е проведено по същия метод, както и предните случаи, но палецът е изработен от материала ИПМ-304, а контратялото представлява стоманен диск.

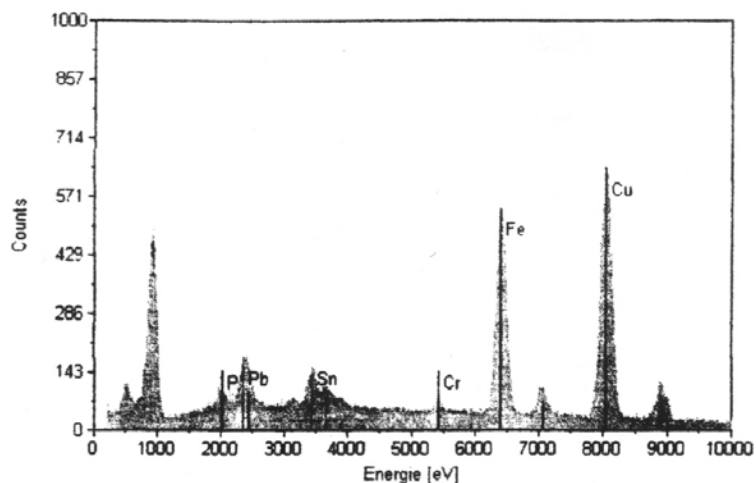
На фиг.5 е показана снимка на повърхността на контратялото.



Фиг. 5. Повърхност на контратялото след триене на въздух

Виждат се три зони : зона 1 – повърхността на диска извън контактната област, зона 2 – следата от триенето и зона 3 – продуктът от износването.

На фиг.6 е показан спектърът на елементния състав на продукта от износването.



Фиг. 6. Спектър на продукта от износването при сухо триене на въздух

Частиците от продукта от износването са разположени на границата на зони 1 и 2, а част от тях и върху следата от триене. От спектралния анализ се вижда, че в него се съдържат елементите на композитния материал – Cu, Sn, P, Pb и елементи от стоманата - Fe, Cr. Съдържанието на олово е 2,5 пъти по-голямо, в сравнение с това при триенето във вакуум, където освен металното олово, е регистрирано и присъствие на неговия окис. По-силното триене води до износване на повърхността на стоманения диск, въпреки голямата твърдост на материала.

4. Заключение

От снимките се вижда, че повърхността на изследвания самосмазващ се композитен антифрикционен материал ИПМ-304 се обогатява с олово в процеса на сухо триене във вакуум и на въздух.

При триене във вакуум смазващият оловен слой е плътен и износоустойчив.

При триене на въздух полученият оловен слой е неравномерен и по-лесно се износва. Прилагането на по-голямо натоварване в контакта компенсира частично тези недостатъци, но би довело до по-голяма консумация на енергия.

Литература:

1. Кожухарова, Е. Трибология - същност и значение. Трибологията в геоложките процеси. Списание на българското геологическо дружество, год.69, кн.1-3, 2008, 125-127.
2. Hiratsuka, K., C. Kaidas. Wear and Chemical Reactions, TRIBOLOGY. Science and Application, Proceedings of the Review Conference on the scientific cooperation between Austria, Poland and their world-wide partners, especially from middle-european countries, April 23-27, 2003, Vienna, 71-90.
3. Kaidas, C. Physics and Chemistry of Tribology, TRIBOLOGY. Science and Application, Proceedings of the Review Conference on the scientific cooperation between Austria, Poland and their world-wide partners, especially from middle-european countries, April 23-27, 2003, Vienna, 7-10.
4. Грозданова, Т. Характер и механизми на трибемисията във вакуум, Tribological Journal BULTRIB, Papers from Conference BULTRIB ' 11, October 28, 2011, Sofia, 250-253.
5. Грозданова, Т. Специфични явления в трибоматериалите в космически условия, SES 2010, Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY, November 2-4, 2010, Sofia, Bulgaria, Proceedings, 144-147.
6. Симеонова, Ю., Сотиров, М. Аструкова, Т. Грозданова. Нови самосмазващи се антифрикционни материали за работа в екстремни условия. SENS 2009, Fifth Scientific Conference with International Participation, SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY November 2-4, 2009, Sofia, Bulgaria. Proceedings, 293-296.
7. Симеонова, Ю. М. Изследване на нови материали и покрития с подобрени антифрикционни свойства за космическо приложение. Хабилитационен труд Ст.н.с. I ст., София, 2004.
8. Грозданова, Т. Физико-химически изменения в структурата на самосмазващи се композитни материали при работа във вакуум, SES 2010, Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY, November 2-4, 2010, Sofia, Bulgaria. Proceedings, 148-151.
9. Симеонова, Yu., G. Sotirov. Study of the Parameters of New Antifrictional Materials Under Dry Friction Conditions, BAS, ARC - Siebersdorf - Austria, ARC - W – 0136, p.p. 1-30, 2002 (Data Bank of European Research Infrastructure – AMTT).