

ТРИБОЛОГИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЯВЛЕНИЯ В АЛУМИНИЕВИ МАТЕРИАЛИ В КОСМИЧЕСКИ УСЛОВИЯ

Тинка Грозданова

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

Ключови думи: *Алуминий, трибоемисия, вакуум.*

Резюме: *В статията са описани свойствата на алуминия и резултатите от трибологичните изследвания при сухо триене във вакуум. Разгледани са някои изменения в структурата на атомите и характеристиките на материала в случай на радиационно въздействие.*

TRIBOLOGICAL CHARACTERISTIC AND PHENOMENA OF ALUMINUM MATERIALS IN SPACE CONDITIONS

Tinka Grozdanova

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

Keywords: *Aluminum, vacuum, friction, triboemission.*

Abstract: *The paper describes the properties of aluminum, which are important for the practical usage of the material in different aerospace technologies. However, the tribotechnical testing results shown below prove that it is not suitable in case of friction in vacuum. Some atomistic structure changes are discussed as well as material characteristics under the influence of radiation.*

1. Въведение

Космосът, като работна среда, налага екстремални условия за работа на космическата апаратура. Материалите са подложени на комплекс от въздействия: циклично-изменящи се температури, вакуум, радиация, електро-магнитни полета с широк спектър, потоци от частици с голям енергиен диапазон, йонизиращи газове с висока химическа активност, микрогравитация и т.н.

Като конструктивен материал, алуминият има много голямо приложение в аеро - космическата техника. Той е най-широко разпространеният метал в земната кора и притежава редица качества: малко относително тегло и плътност, висока топлопроводимост и електропроводимост, добра корозоустойчивост, добро отражение, възможност за повърхностна обработка и лекота за изпълнение, ниска цена, широка гама от сплави и т.н.

Манганът повишава неговата издръжливост; магнезият подобрява корозоустойчивостта и механичната здравина; магнезият и силицият увеличават механичната устойчивост, формоването и корозоустойчивостта; медта подобрява якостта и заваряемостта; цинкът, в комбинация с други елементи, също увеличава якостта; силицият понижава точката на топене и засилва износоустойчивостта [1].

Извършените изследвания обаче показват, че алуминият не е подходящ материал за триботехнически приложения, поради своята пластичност и сравнително висок коефициент на триене. Това води до бързото му разрушаване, особено при по - тежки режими на работа.

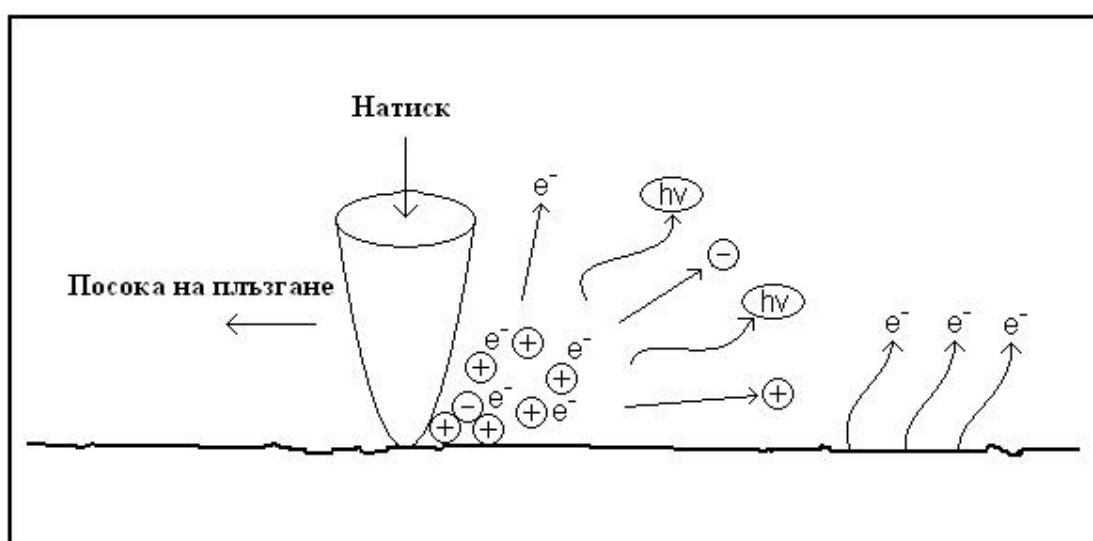
2. Експериментални данни

2.1. Изследвания във вакуум.

При сухото триене на метали във вакуум се получава взаимодействие между повърхности, изчистени от окисни и други слоеве. В образувания ювенилен контакт се развиват висока температура, силна химическа активност и увеличена пластична деформация [2,3].

Изпитанието на трибодвойка от силумин (Al,Si,C) и бронз (Cu,Sn,C) в трибосистема вал - втулка показва, че съдържащият се в тях графит не служи като твърда смазка поради своята летливост и неефективност в отсъствието на влага [4]. Освен това се забелязва и абразивен ефект от силициевия карбид, съставен от свободни атоми въглерод и силиций. Едновременно с това настъпва пластична деформация и нараства силата на адхезия, което предизвиква силно увеличение на пусковия ток на електродвигателя, задвижващ механизма.

С проведените съвременни експерименти при абразия на алуминий и Al_2O_3 се прави наблюдение на получената трибоемисия (фиг.1). Анализите са насочени към намиране на корелация между параметрите на трибопроцеса, трибологичните показатели и трибоемисионните явления.



Фиг. 1. Трибоемисия на електрони, йони, неутрални частици и фотони получени в резултат на триенето.

Както се вижда от фигурата, в областта на трибоконтакта настъпва емисия на електрони, йони, неутрални частици, фотони и др., породени от протичащите в материала физико - химически изменения. Количеството електрони, отделени от повърхността в конкретна област за определено време, се счита за най-важният решаващ фактор при търсене на зависимостта между трибоемисията и трибохимическите реакции.

Измервания на трибоемисията на Al_2O_3 във вакуум показват, че кумулативната емисия на електрони варира и настъпва на порции в произволни интервали от време от 10 електрона за секунда до 1000 електрона за 0,1 сек. [5].

Някои анализи показват, че има голяма зависимост между локалната структура на повърхността на пукнатината и намаляването на резултантната емисия [6].

Установено е, че създаването и разпространението на пукнатини в алуминиевия окис вследствие на деформационното разтягане е пряко свързано с трибоемисията. Едновременно с образуването на пукнатината се регистрира и акустична емисия [7].

Проведеният експеримент [6] използва диск от Al_2O_3 с диаметър 1 инч и диамантен индентор във вакуум. При сила на триене 10N и 20N и скорост на движение 0,28-0,03 mm/s електронната емисия е отчетена посредством тунелен електронен преобразувател и е измерена с електронен детектор на частици. При еднакви условия на провежданите измервания, е регистрирана голяма променливост на данните.

2.2. Въздействие на радиацията.

В случай, че металите са подложени на поток от високо-енергийни електрони, взаимодействието с тях се изразява с няколко явления:

1. Проникване на електроните до известна дълбочина в метала.
2. Разсейване на енергията на електронния поток.
3. Поява на интензивно рентгеново лъчение.
4. Възникване на вторична електронна емисия.
5. Механично налягане на електронния поток.
6. Образуване на дефекти в обема и т.н.

Дълбочината на проникване на електроните в метала се определя от тяхната енергията и физическите свойства на материала [8]. За алуминия тя е по-голяма, в сравнение с желязото и медта, и нараства с увеличение на енергията на електронния поток.

Ако дебелината на материала надвишава максималната стойност на пробега на електроните в него се извършва почти пълно поглъщане на кинетичната енергия на електроните. С използването на мощни електронни потоци се получава интензивно локално откаляване на повърхностните слоеве на метала. Когато енергията, предадена от електроните на атома на метала е равна или по-голяма от неговата прагова енергия, този атом може да премине в междувъзлията с образуване на точков дефект.

При облъчване в условията на повишена температура дефектите могат да се преместват, взаимодействат помежду си и с други несъвършенства на кристалната решетка. Повишаването на температурата на облъчвания метал се съпровожда с иницирането на вторични ефекти: обединяване на ваканции и междувъзлови атоми; нарастване на дискообразни натрупвания, които могат да се превърнат в дислокационни бримки и др. Всичко това, взето заедно, се отразява в голяма степен върху физическите свойства на материала.

В процеса на облъчване на чисти метали се наблюдава повишаване на границата на провлачване и в по-малка степен – границата на здравината [8]. В същото време се влошават такива характеристики като ударната пластичност и относителното удължаване до разрушаване. Състоянието на материала има голямо значение и за степента на въздействие. Колкото по-неравновесно е състоянието на материала, толкова повече се наблюдават отклонения от началните параметри в резултат на облъчването.

Облъчването на тънки нишки незакален алуминий с плътност на потока $10^{15} \text{ e}^- / \text{cm}^2 \cdot \text{s}$ не предизвиква изменение на електрическото му съпротивление; в същото време при закалени образци се наблюдава намаляване до 1,5 пъти.

Облъчването на металите с неутрони предизвиква най-съществени повреди в сравнение с другите ядрени частици. Възникващите в този случай дефекти оказват забележимо изменение на границата на провлачване, твърдостта на материала, относителното удължаване и т.н. Изследването на алуминий и мед показва, че радиационното заздравяване е по-голямо в сравнение със сплавите на тяхна основа, което показва стабилизиращата функция на примесните атоми.

И при двата вида въздействие – с електрони и неутрони, концентрацията на дислокациите зависи от температурата. Установено е [9], че при по-висока температура на експеримента, тази концентрация е по-ниска.

3. Заключение

При абразия на Al и Al_2O_3 се отчита, че кумулативната емисия на електрони е пропорционална на силата на въздействие. Допуска се също така, че има зависимост между нея и количеството на матални частици, образувани при триенето. Установяването на строга корелация между кумулативната трибоемисия, силата на триене и степента на износване превръща трибоемисията във високоефективно средство за проучване на износването в реално време.

Радиационното облъчване стимулира различни физико-химически повърхностни процеси – химическата, адсорбционната и каталитичната активност на повърхностните слоеве. Комплексно те влияят на трибологичните процеси, протичащи в контактната област на свързването на детайлите на машините и устройствата като влошават трибологичните характеристики на материалите.

Литература:

1. Алуминий, <http://bg.wikipedia.org/wiki/>, 2011.
2. G r o z d a n o v a, T. Specific Effects in Tribomaterials Used in Space Conditions, SES 2010, Proceedings of the Sixth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY, November 2- 4, 2010, Sofia, Bulgaria, 144 -147.
3. G r o z d a n o v a, T. Development of Tribological Materials Intended to Operate in Vacuum, Proceedings of 26-th International Scientific Conference 65 Years Faculti of Mashine Technology, September 13 -16, 2010, Sozopol, Bulgaria, 612-614.
4. S i m e o n o v a, Yu. Study of New Materials and Coatings with Improved Antifrictional Properties for Space Applications, Work of Habilitation, SRTI - BAS, Sofia, 2004.
5. M o l i n a, G. J., M. J. F u r e y, A. L. R i t t e r, C. K a i d a s. Triboemission from alumina, single crystal sapphire and aluminum. Wear 249, 2001, 214.
6. M a z i l u, D. A., A. L. R i t t e r. Statistical Characteristics of Vacuum Triboemission from Abrasion of Alumina. TRIBOLOGY. Science and Application, Proceedings of the Review Conference on the scientific cooperation between Austria, Poland and their world-wide partners, especialli from middle-european countries, April 23 -27, 2003, Vienna, 11-25.
7. Z u m o f e n, G., A. B l u m e n, J. K l a f t e r. Reaction kinetics on ultrametric spaces, J. Chem. Phys. 84, 1985, 6679.
8. D r o z d o v, Y. N., V. G. P a v l o v, V. N. P u c h k o v. Friction and Wear in Extreme Conditions, Mashinostroenie, Moskva, 1986. (in Russian)
9. K r a g e l s k i l, I. V., I. M. L o m b a r s k i i, A. A. G u s l i a k o v, G. I. T r o i a n o v s k a i a, V. F. U d o v e n k o. Friction and Wear in Vacuum, (1973), Mashinostroenie, Moskva, 1973. (in Russian).