

S E N S ' 2 0 0 6

Second Scientific Conference with International Participation

SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY

14 – 16 June 2006, Varna, Bulgaria

ВИСОКОЕФЕКТИВНИ САМОСМАЗВАЩИ СЕ КОМПОЗИТНИ АНТИФРИКЦИОННИ МАТЕРИАЛИ

Анатолий Косторнов¹, Олга Фушич¹, Татьяна Чевичелова¹,
Юлика Симеонова², Алексей Костенко¹

¹Институт по проблеми на материалазнанието при НАН на Украйна, Киев
otd5@ipms.Kiev.ua

²Институт за космически изследвания при БАН, София
office@space.bas.bg

Ключови думи: самосмазващи се композити, сухо триене, вакуум.

Абстракт. Созданы высокоэффективные триботехнические материалы на основе меди для эксплуатации в экстремальных условиях (большая нагрузка в контакте, высокая скорость скольжения, отсутствие смазки, глубокий вакуум и др.). Применением комплексного подхода при разработке композиционных трибосистем, использовано несколько оригинальных материалов для работы в высокооборотных узлах трения и в высоковакуумных трибосистемах.

Увод

Нарастването на кинетичната енергия на атомите в повърхностния слой на материалите при триене, поради увеличаване на температурата в контакта, е специфична особеност на процеса, водеща до промяна на физико-механичните свойства на слоя и до активиране на редица необратими изменения, особено при сухото триене във вакуум. Трибологичният процес е динамичен и свойствата на този слой, неговият състав и структура непрекъснато се променят. Променя се и самият процес на триене.

Изложение

Изискванията за надеждност и продължителен срок на експлоатация на трибосистемите, работещи в екстремни условия, постоянно нарастват. Така например, при високооборотните трибо двойки коефициентът на триене трябва да бъде в границите 0,05–0,10, а интензитетът на износване не повече от $8 \cdot 10^{-3}$ мкм/км при високи скорости на плъзгане от порядъка на 1,2–2,0 м/с, с товар 5 МПа и срок на работа 500–1200 часа [1]. Това налага научната и технологична насоченост при създаване на новите антифрикционни материали да бъде съгласувана с тези изисквания.

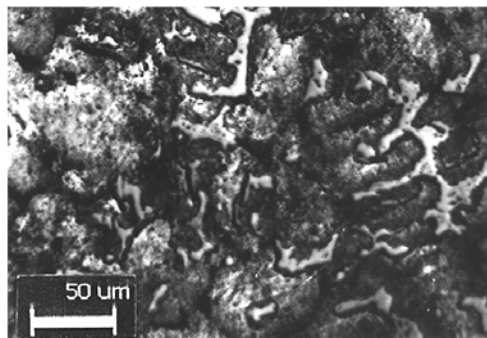
Известна е тенденцията за създаване на адаптивни самосмазващи се триботехнически материали [2, 3]. Към тях спадат самосмазващите се композитни материали, притежаващи адаптивност към процеса на сухото триене. Създадени са в Института по проблеми на материалазнанието при Украинската Академия на

Науките [4, 5]. Те имат силно хетерогенна микроструктура, а компонентите им изпълняват строго определени функции. Част от тях играят ролята на матрица, а другите имат антифрикционна функция [6, 7].

Типичните представители на този тип материали, обозначени като "ИПМ", са изградени на медна основа, а ролята на твърдотелна смазка се изпълнява от Pb, Sn и техните сплави, или от молибденов бисулфит.

За подобряване свойствата на матрицата и за предпазване на триещата се повърхност от задиране и зацепване се използват елементите P, Mn, Sn или Ni. При синтеза на материалите се образува евтектика, изградена от α -твърд разтвор на Mn, Sn или Ni в медта. Разтопената евтектика се разполага по границата на зърната на твърдия разтвор във вид на разкъсана мрежа. Фосфорът образува с Si твърдата фаза Si_3P , която ограничава пластичната деформация в повърхностния слой и предпазва повърхността от образуване на центрове на задиране и на студена заварка в контакта.

По този начин материалът увеличава своята якост, без да намалява своята пластичност, подобрявайки способността си да разпределя равномерно товара и да се адаптира в процеса на триене [3]. Типичната микроструктура на този тип материали, съдържащи оловна смазка, е показана на фиг. 1.



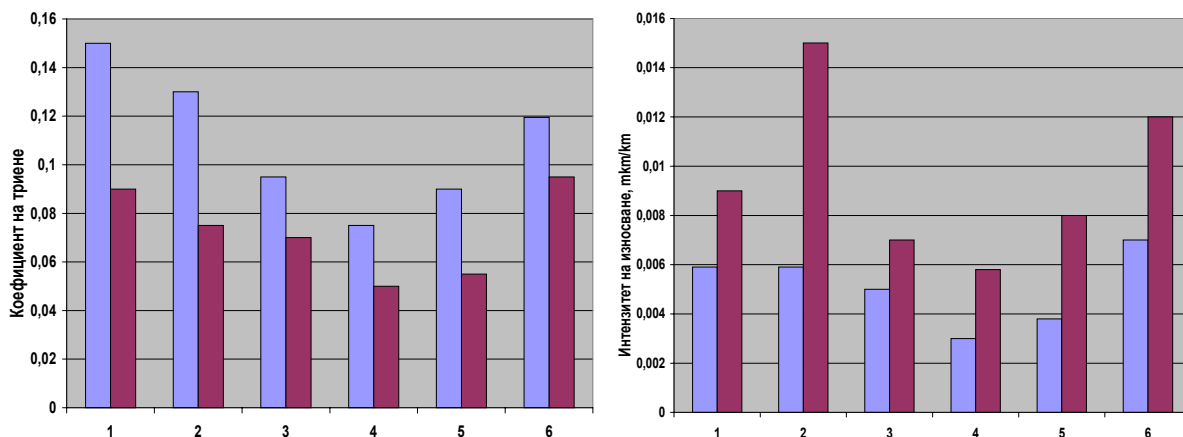
Фиг.1 ИПМ-305, легиран с Ni и P

При композитите, съдържащи молибденов бисулфид, микроструктурата се изгражда така, че около образуванията от MoS_2 се формират фосфидни слоеве, които свързват молибденовия фосфид с матрицата (фиг. 2). Това повишава якостта на материала и увеличава неговата надеждност. MoS_2 е особено ефективен при сухото триене във вакуум.



Фиг.2 ИПМ-306, съдържащ MoS_2

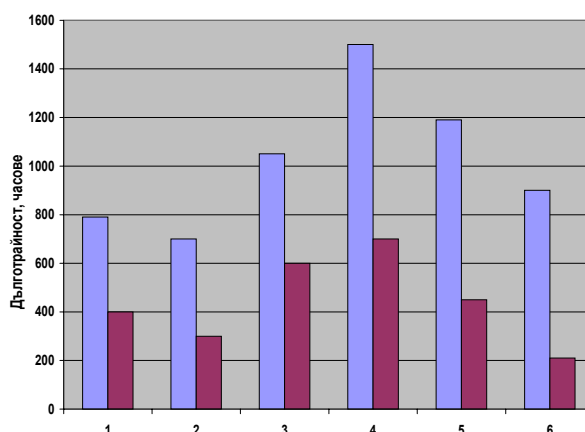
В резултат на това се постигат добри експлоатационни характеристики. Така например, при трибовъзли, с контра тяло от Стомана 45, с товар 0,1 МПа и скорости на плъзгане 1,2 и 2,0 м/с, е получен коефициент на триене в границите 0,05 - 0,13, а интензитетът на износване е от 3 до $15 \cdot 10^{-3}$ мкм/км /резултатие при различните опитни образци на хистограмата са обозначени с “2 – 6” (фиг.5). С “1” са обозначени резултатите при материала БрОСМФ, параметрите на който са дадени за сравнение.



Фиг.5 Коефициент на триене и интензитет на износване при скоростите:
○-1,2 м/с и ●-2,0 м/с.

При скорости на въртене 12000 и 20000 об/мин максималният срок на експлоатация на трибодвойките е в границите 1580 – 700 об/мин – фиг.6. При триене във висок вакуум с ниско ниво на загуби (малък коефициент на триене и висока износоустойчивост) параметрите трябва да не се променят при продължителен срок на експлоатация (в космически условия до 15 години [8]).

Постигнатите експлоатационни параметри при композитите ИПМ, съдържащи оловна смазка, са показани в таблица 1. Тук за сравнение са дадени и параметрите на европейския аналог композита LB9 на фирмата Glacier.



Фиг. 6 Дълготрайност на трибовъзела при скорости на триене: ○-12000 об/мин и ●- 20000 об/мин, сравнена с аналогичната при материала БрОСМФ (“1”).

Таблица 1 - основни трибопараметри на композитните материали

тип «ИПМ» и LB9 (Glacier)

Композити	Режим на сухо триене във вакуум	Коефициент на триене	Интензитет на износване, [mm ³ /Nm]
IPM-301	<u>Товар 2N</u> Скорост 0,2 m/s	0,23	5.10 ⁻⁵
	Скорост 1,0 m/s	0,21	2.10 ⁻⁵
IPM-304	<u>Товар 2N</u> Скорост 0,2 m/s	0,22	2.10 ⁻⁵
	Скорост 1,0 m/s	1,12	8.10 ⁻⁶
	<u>Скорост 0,2 m/s</u> Товар 10N Товар 20N	0,15 0,19	6.10 ⁻⁶ 1.10 ⁻⁵
IPM-305	<u>Товар 2N</u> Скорост 0,2 m/s	0,23	5.10 ⁻⁵
	Скорост 1,0 m/s	0,19	4.10 ⁻⁵
LB9 (Glacier)	<u>Товар 10N</u> Скорост 0,2 m/s	0,21	5.10 ⁻⁵
	<u>Товар 2N</u> Скорост 0,2 m/s	0,18	1.10 ⁻⁵

Установеното намаление на коефициента на триене и на износването при увеличаване на скоростта на триене, или на товара в контакта, е нетипично за работата на трибосистемите, работещи във вакуум. При материалите ИПМ то се постига чрез успешното съчетаване на структура, състав и технология, осигуряващи ефективно и устойчиво самосмазване в контакта и висока надеждност на материалите. Показател за това е стабилността на коефициента на триене, измерен при продължителна работа с увеличено натоварване в трибоконтакта [9,10].

Основните трибопараметри, получени при материала ИПМ-306 са дадени в Таблица 2, съпоставени с аналогичните параметри при материала ИПМ-304 при еднакви условия на триене.

Таблица 2

Композити	Коефициент на триене	Интензитет на износване [mm ³ /Nm]
IPM - 306 (с MoS ₂)	0,050 – 0,062	>1.10 ⁻⁶
IPM - 304 (с Pb)	0,150 – 0,180	6.10 ⁻⁶ - 1.10 ⁻⁵

Заклучение

От получените резултати следва изводът, че материалите ИПМ притежават способността да се адаптират към режима на натоварване и да запазват високите си трибологични показатели при продължително сухо триене, работейки успешно във високоскоростни триещи се двойки и във високовакуумни трибосистеми.

Обзорът върху тенденциите в развитието на композитните самосмазващи се материали дава основание да се твърди, че по своя състав и технология на получаване композитите тип ИПМ са значително по-евтини от своите западни аналози при еднакви условия на експлоатация.

Литература:

1. Косторнов А. Г., О. И. Фущич, Т. М. Чевичелова, Ю. М. Симеонова, А. Д. Костенко, Закономерности трения, износа и целенаправленного синтеза поверхностей трения композиционных самосмазывающихся материалов, Порошковая Металлургия, Киев, в печати.
2. Крагельский И. В., И. М. Любарский и др., Трение и износ в вакууме, М., Машиностроение, 1972.
3. Симеонова Ю. М., Изследване на нови материали и покрития с подобрени антифрикционни свойства за космическо приложение, ИКИ-БАН, София, 2004.
4. Федорченко И. М., Композиционные спеченные антифрикционные и фрикционные материалы и узлы трения, в кн. Современное материаловедение XXI век, НАН Украины, Киев, 1998, 297.
5. Косторнов А. Г., Материаловедение дисперсных и пористых материалов и сплавов, Киев, Наукова думка, т. I и II, 2002, 2004.
6. Yuga A., T. Chevichelova, Y. Simeonova, T. Nazarsky, Application of New Antifriction Material on Tribological Junctions of Space Research Equipment, 2-nd World Tribology Congress, 2001, Vienna, Austria, Session "Tribology in Extreme Situation", 734.
7. Фущич О. И., А. Д. Панасюк, Л. Ф. Колесниченко, А. И. Юга и др., Влияние олова на формирование межфазной границы в антифрикционной композиции Cu - Pb - оловянистые сплавы, Адгезия расплавов и пайка материалов, вып. 8, 1981.
8. Drozdov Y. N., The Main Problems of the Space Tribology, 2-nd WTC, 2001, Vienna, Austria, Session "Tribology in Extreme Situation", 315.
9. Simeonova Yu., G. Sotirov, Study of the Parameters of New Antifriction Materials under Dry Friction Vacuum Conditions, BAS, ARCS - Austria, ARC-W-0136, pp. 1-30, 2002.
10. Simeonova Y., G. Sotirov, Triboparameters of New Antifrictional Materials under Dry Friction Vacuum Conditions for Space Applications, Proceedings of International Conference on Recent Advances in Space Technologies, 2003, Istanbul, Turkey, 566.