

## **ПЕРСПЕКТИВНИ МАТЕРИАЛИ ЗА РАБОТА В ЕКСТРЕМНИ УСЛОВИЯ**

**Тинка Грозданова, Анна Петрова**

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

**Ключови думи:** *Трибология, нанотехнологии.*

**Резюме:** *В статията са представени самосмазващ се композиционен антифрикционен материал, съдържащ молибденов дисулфид, предназначен за работа във вакуум и космически условия, и материали с повишена твърдост и износоустойчивост от стомана и лят чугун, с нанесени композитни, наноструктурирани, никелови покрития.*

## **PERSPECTIVE MATERIALS FOR USE IN EXTREME CONDITIONS**

**Tinka Grozdanova, Anna Petrova**

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences*  
*e-mail: tinka\_gr@abv.bas.bg*

**Keywords:** *Tribology, nanotechnologies.*

**Abstract:** *The article presents self-lubricating composite anti-friction material, containing MoS<sub>2</sub>, designed for use both in vacuum and in the space as well as steel and cast iron materials with increased hardness and wear resistance and with nanostructured nickel coatings.*

### **Въведение**

Едно от важните направления в развитието на науката, промишлеността, медицината и услугите се явява разработването на технологии за синтезиране на нови материали. Бързото развитие на вълновата оптика, нанотехнологиите и микромашините предопределя търсенето на принципно нови материали. В космически условия материалите са подложени на екстремни въздействия - висока температура и налягане, вибрации, липса на окисляваща атмосфера, ниска температура, лъчения, отсъствие на смазка.

За приложение в съвременните двигатели и космически апарати са нужни слабо окислителни композитни материали, работещи при температури до 2000°C, високи налягания и с плътност до 2 g/cm<sup>3</sup>. От този тип са материалите, разработени на основата на керамика, композитни материали с полимерна и метална матрица, интерметалиди, сплави с монокристална структура и др.

### **1. Теория и методи**

#### **1.1. Самосмазващ се композиционен антифрикционен материал ИПМ-306**

Материалът съдържа: мед, фосфор, калай и молибденов дисулфид - {(Cu + P + Sn) + MoS<sub>2</sub>}. Създаден е по научен проект в сътрудничество на учени от Института по проблеми на материалознанието към Националната Академия на Науките на Украйна и ИКИТ-БАН, [1].

Твърдотелните смазващи материали, към които принадлежи MoS<sub>2</sub>, са високоефективни антифрикционни материали за безотказна работа на трибовъзлите в различна среда, като осигуряват малък коефициент на триене. Представяват универсално средство за консервиране и защита на детайлите и машините в открития Космос. Тяхната ефективност се дължи на извънредно слабото триене в условия на облъчване или нагриване във вакуум. На

въздух молибденовият дисулфид запазва свойствата си до 400°C. Във вакуум стабилността му е до 1100°C [2].

Молибденовият дисулфид се вражда в структурата на материала ИПМ-306 и подобрява триботехническите му качества. Медта и нейните сплави изграждат носещата матрица, а молибденовият дисулфид реализира антифрикционните свойства. В тази разработка са съчетани оптимално повишени механични качества и самосмазващ ефект, с което се постигат изключително малък коефициент на триене и нисък интензитет на износване.

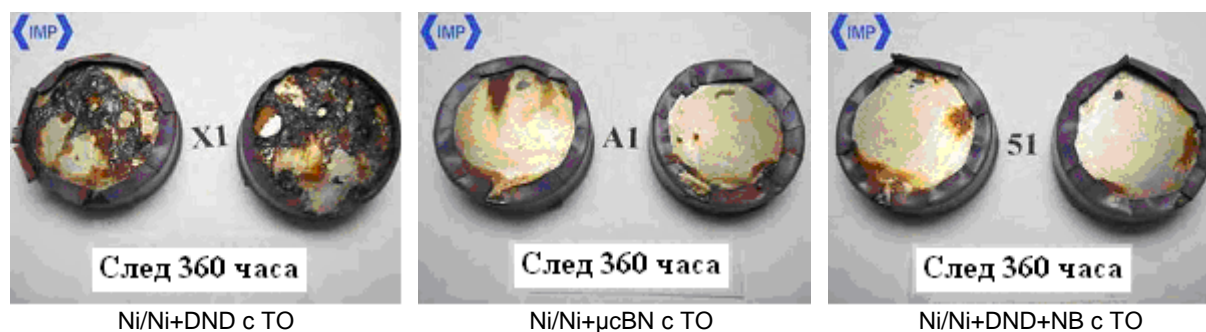
Изследванията върху материала ИПМ-306 включват три състава с различно процентно съдържание на MoS<sub>2</sub>. Основните трибологични параметри са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Трибопараметри на композитен антифрикционен материал ИМП-306 с различно процентно съдържание на MoS<sub>2</sub>

ИПМ-306	Съдържание на MoS <sub>2</sub> , тегловни %	Коефициент на триене	Интензитет на износване, [mm <sup>3</sup> /Nm]
Състав 1	5	0,064 - 0,072	14.10 <sup>-6</sup>
Състав 2	10	0,049 - 0,053	8,2.10 <sup>-6</sup>
Състав 3	15	0,040 - 0,043	1,2.10 <sup>-6</sup>

### 1.2. Материали от стомана с уякчаващо покритие

Използвани са образци от специално подбрани стомани, които, след предварителна обработка, са покрити по безтоков метод с композитни никелови покрития. Образците за покриване и тестване са изработени от стомани 42CrMo4 (HRC 30), 65Г (HRC 60), 17CrNiMo6 [3]. Изборът на този вид стомани е направен както с научна, така и с практическа насоченост. Научната цел обхваща зависимостта на структурата и свойствата на получените покрития от типа, и състоянието на основата на използваните образци, докато практическата е избор на стомани, подходящи за приложение на получените покрития, с перспектива за производство на зъбни колела, работещи в условия на високи натоварвания [4].



Фиг. 1. Химически - покрити образци след 360 часа тест в камера за солена мъгла

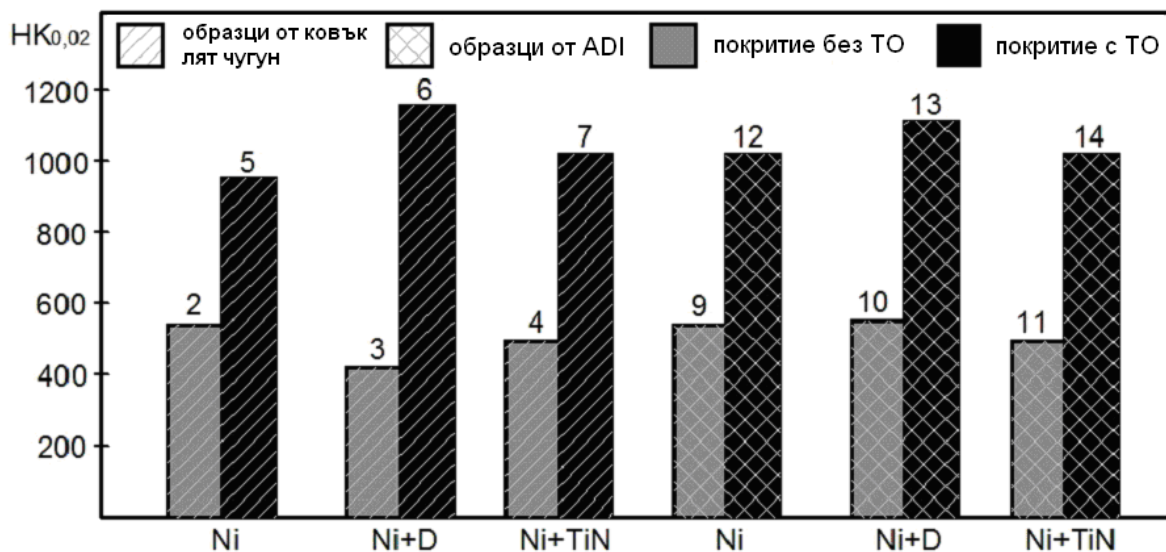
### 1.3. Материали от ковък лят чугун, покрит с наноструктурирани композитни покрития

Върху образци от ковък лят чугун и изотермично-загрят ковък лят чугун (ADI) са нанесени три вида, наноструктурирани, композитни, никелови покрития: никел (Ni); никел с нанодиаменти с размер 4-6 nm (Ni+D); никел с наноразмерен, титанов нитрид 50 nm (Ni+TiN). Дебелината на покритието е 6-10 µm [5]. Износоустойчивостта, микротвърдостта и дебелината на покритията са измерени преди и след топлинно въздействие при 290°C в продължение на 6 часа.

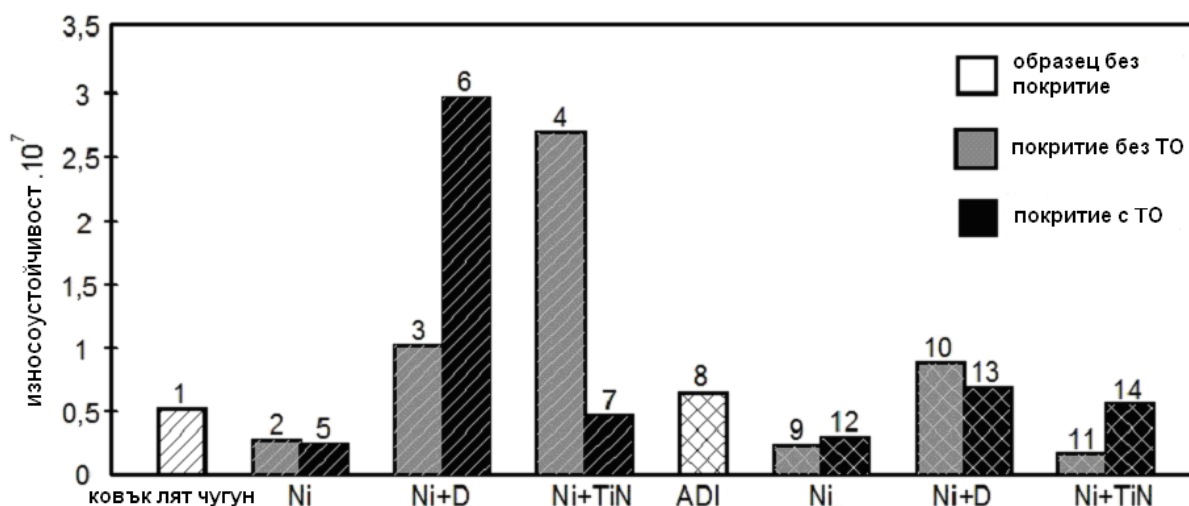
Измерената микротвърдост на покритията след топлинно въздействие е два пъти по-голяма в сравнение с покритията без топлинно въздействие. Най-висока микротвърдост има покритието (Ni+D) върху ковък лят чугун (1154 HK<sub>0,02</sub>) и върху изотермично-загрят ковък лят чугун (1112 HK<sub>0,02</sub>). Износоустойчивостта на композитното покритие (Ni+D) е по-голяма от тази на образците без покритие. Образецът с покритие (Ni+D) след топлинно въздействие има най-висока износоустойчивост, в сравнение с образците без покритие [6].

Изпитанията на износоустойчивостта на покритията са извършени по класическия метод TABER-ABRASER „disc to disc“. Измерванията на микротвърдостта са извършени по метода Кнууп.

## 2. Експериментални данни



Фиг. 2. Микротвърдост  $HK_{0,02}$  по метода Кнууп на различни композитни покрития (Ni, Ni + D, Ni + TiN), образци от ковък лят чугун (№ 2-7) и образци (№ 9-14) от изотермично-загрял ковък лят чугун (ADI)



Фиг. 3. Износоустойчивост на образци от ковък лят чугун (№ 1-7) и образци (№ 8-14) от изотермично-загрял ковък лят чугун (ADI), без покритие (№ 1 и 8) и с покритие (Ni, Ni + D, Ni + TiN) образци (№ 2-7; 9-14)

## 3. Заключение

Изследванията на учените и разработването на подобрения при материалите на атомно, молекулно и микромолекулно ниво води до бързо развитие на нанотехнологиите. През последните години са разработени качествено нови материали. Прилагането им дават възможност за реализирането на иновативни технологии. Материалознанието на нанометрично ниво, с помощта на високочувствителна сканираща апаратура позволяват охарактеризирането и изследването на новите материали. Използването на въглеродни наноматериали води до намаляване масата на конструкцията на апаратите и съоръженията. Перспективни се явяват покритията с включени твърди наночастици.

### Литература:

- С и м е н о в а, Ю., Г. Сотиров, М. Аструкова, Т. Грозданова, Нови самосмазващи се антифрикционни материали за работа в екстремни условия, Международна научна конференция SENS 2009, София, България, 293-296.

2. Г р о з д а н о в а, Т., Трибологични характеристики на антифрикционен материал, съдържащ молибденов дисулфид, XII Международна научна конференция ВСУ, 7-8 Юни 2012 г., София, България, Сб. доклади, т.2, V-56 - V-59.
3. К а r a g u i o z o v a, Z., Stavri Stavrev, Tomasz Babul, Aleksander Ciski, Influence of cubic nanostructure additions on the properties of electroless coatings, IJNM, Volume 5, Issue 1/2 (2010), pp.129-138.
4. К а r a g u i o z o v a, Z., T. Babul, A. Ciski, S. Stavrev, Increase the operating lifetime of gears for the automotive and wind industry through deposition of nickel-nanodiamond coatings, X International Symposium on Explosive Production of New Materials: Science, Technology, Business, and Innovations (X EPNM) Bechichi, Montenegro, 5-12.06.2010, ISBN 978-5-94588-073-3, (2010), p.32.
5. К а l e l c h e v a, J., V. Mishev, M. Kandeва, Z. Karaguiozova, E. Lyubchenko, Tribological behavior of spheroidal graphite cast irons with nanoadditives, World Tribology Congress 2013, on CD, article №1269, ISBN 9788890818509, Torino, Italy.
6. К а l e i c h e v a, M. Kandeва, Z. Karaguiozova, V. Mishev, P. Shumnaliev, Investigation on Wear Resistance of Ductile Cast Iron Covered With Nickel-Nanostructured Composite Nickel Coatings, The „A” Coatings 9-th International Conference in Manufacturing Engineering, October 2-3-4, 2011, Tessaioniki, Greece, Proceedings, ISBN 978-960-98780-5-0, pp.405-414.