

Вони можуть бути істотним резервом економії традиційних енергетичних ресурсів. Такі відходи можуть бути використані для отримання технологічної пари та топкових газів для сушильного господарства і тепла для опалювання приміщень на власному підприємстві або реалізовані заводам з виготовлення деревинних плит.

Зроблений аналіз дає змогу практично застосувати результати досліджень відповідно до конкретних умов підприємства, геометричних параметрів сировини та якісного її складу.

Література

1. Бехта П.А. Виробництво і оброблення лущеного та струганого шпону: Навч. посібник. – К.: ІСДО, 1995. – 296 с.
2. Манзій С.О., Панов В.В. Практикум з технології клеєних матеріалів. – Львів: УкрДЛТУ, 2001. – 81 с.
3. ДСТУ 4020-2-2001. Лісоматеріали круглі та пиляні. Методи обмірювання та визначення об'ємів. Частина 2. Лісоматеріали круглі.

УДК 620.178.16

Доц. О.Б. Гасій, канд. техн. наук;
проф. В.М. Голубець, д-р техн. наук – НЛТУ України

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ЙОННО-ПЛАЗМОВИХ ПОКРИТТІВ В УМОВАХ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ

Наведено результати досліджень зносостійкості йонно-плазмових вакуумних покриттів в умовах граничного тертя ковзання. Встановлено залежності моменту тертя від швидкості ковзання і навантаження та характер тертя залежно від хімічного складу покриттів. Найвищу зносостійкість на нетермооброблених сталях забезпечують покриття Ti-N і Ti-Ni-N.

Ключові слова: вакуумні йонно-плазмові покриття, зносостійкість, момент тертя, швидкість ковзання.

Doc. O.B. Hasiy, prof. V.M. Holubets – NUFWT of Ukraine

Ion-plasma coatings wear durability in sliding friction condition

The results of researches of ion-plasma vacuum coatings wear durability in boundary sliding friction condition are shown. Friction moment to sliding speed and load relations and friction character to chemical analysis of coatings relation were established. The best wear durability on nonheat-treatable steels are supplied by Ti-N and Ti-Ni-N coatings.

Keywords: vacuum ion-plasma coatings, wear durability, friction moment, sliding speed.

Поряд із високою ефективністю застосовування вакуумних йонно-плазмових покриттів, що наносяться методом КІБ, для підвищення стійкості металорізального інструменту певний інтерес представляє застосування їх для зміцнення деталей вузлів тертя ковзання.

В даній роботі наведено результати лабораторних досліджень по виявленню поведінки деяких характерних покриттів при терті ковзання за схемою "кільце-вкладка". Покриття наносили на установці "Булат-ЗТ" на поверхню кільця діаметром 40 мм і шириною 10 мм зі сталі 45 нормалізованої. Матеріалом контртіла (вкладки) слугувала сталь 45 після гартування ($T = 830^{\circ}\text{C}$) у воду і відпуску при 200°C впродовж 0,5 год. Досліджували стійкість покриттів

у середовищі масла "Індустріальне И-20" при навантаженнях $N = 600\text{Н}$ ($P = 3\text{МПа}$) і швидкості ковзання $V = 1\text{ м/с}$ за час 2 год. Додатково після припрацювання зразків з покриттями досліджували залежності моменту тертя від швидкості ковзання (при навантаженнях 600, 1000 і 1200 Н), а також залежності $M_{тр}$ від навантаження (при $V = 1,0\text{ м/с}$). Дослідження залежностей $M_{тр} = f(V)$ і $M_{тр} = f(N)$ проводили при терті впродовж 20 хв. Режими осадження вакуумних покриттів наведено в табл. 1.

Табл. 1. Компоненти покриттів і режими їх нанесення

№ покриття	Компоненти покриття	Матеріал випаровувача і струм дуги, А		Робочий газ	Тиск газу, Па	Опорна напруга, В	Температура підкладки, °С	Товщина покриття, мкм
		I випаровувач	II випаровувач					
3	Ti-N	Ti/100	—	N ₂	0,4...0,5	150	450	4
9	Ti-Ni-N	Ti/100	Ni/150 ^{*)}	N ₂	0,4...0,5	200	400	4...5
10	Ti-Ni-N	Ti/100	Ni/70 ^{*)}	N ₂	0,4...0,5	200	400	4
11	Ti-Ni-N	Ti/100	Ni/100	N ₂	0,4...0,5	160	400	5...6
12	Ti-Ni-N	Ti/100	Ni/100 ^{*)}	N ₂	0,4...0,5	200	400	4...5
13	Ti-Ni-N	Ti/100	Ni/70	N ₂	0,4...0,5	160	400	4...5
15	Ti-Ni-N	Ti/100	Ni/150 ^{**))}	N ₂	0,4...0,5	200	400	4...5
22	Mo-N	Mo/180	—	N ₂	0,4...0,5	170	450	4...5
26	Mo-Ni-N	Mo/180	Ni/150 ^{*)}	N ₂	0,07.0,08	170	450	4...5

Дослідження показали, що деякі покриття схоплюються за перші хвилини випробувань (табл. 2).

Табл. 2. Характер тертя досліджуваних покриттів

Номер покриття	Характер тертя
Ti-N (№3) Ti-Ni-N (№10)	Миттєве схоплювання покриття і матеріалу контртіла за перші секунди роботи при всіх навантаженнях
Ti-Ni-N (№9) Ti-Ni-N (№12) Ti-Ni-N (№15)	Схоплювання з контртілом через 1...5 хв. тертя при навантаженнях 200...300 Н. При вищих навантаженнях схоплювання майже миттєве
Ti-Ni-N (№11) Ti-Ni-N (№13)	Схоплювання не виявлено. Швидке зношування покриттів
Mo-N (№22) Mo-Ni-N (№26)	При навантаженнях до 300 Н схоплювання не відбувається. Покриття схоплюється при високих навантаженнях (600 Н) через 1-3 хв.

Таке схоплювання є характерним для тертя всіх покриттів на основі сполук титану по контртілу з вуглецевих сталей (загартованих і нетермооброблених) та інших матеріалів (титан, нержавіючі сталі) як при терті в умовах змащування, так і при сухому терті, а також в середовищі 3 % NaCl. Це викликано наявністю великої кількості виступів крапельної фази, що є мікроутвореннями. На початковій стадії тертя за рахунок високих локальних навантажень (при низьких інтегральних навантаженнях) на мікронерівностях має місце швидке локальне нагрівання і відбувається схоплювання поверхонь тертя.

З метою виключення можливості виникнення високих локальних навантажень на початковій стадії процесу тертя напилення з нікелевого катода проводили з суцільним ^{*)} і щільним ^{**))} сепаратором (див. табл. 1) з метою відокремлення мікрокрапельних фаз при осадженні покриття, а також перед

дослідженнями проводили додаткове зачищення поверхонь покриттів шліфшкуркою 64С16-П (ГОСТ 10054-82) до повного зникнення мікронерівностей. Така оброблення дозволила повністю виключити процес схоплювання для більшості покриттів.

Результати досліджень триботехнічної "поведінки" зачищених покриттів в умовах граничного тертя наведено на рис. 1-3.

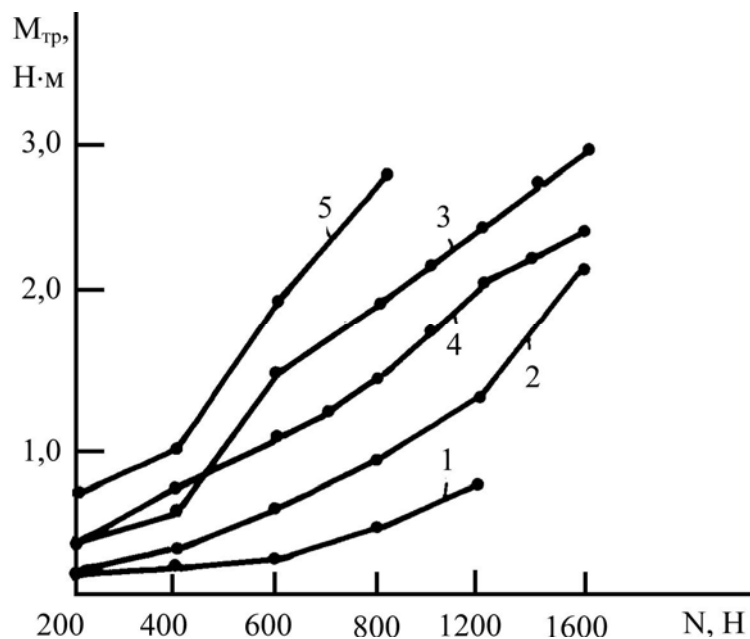


Рис. 1.
Залежність моментів тертя пари "сталь 45 загартована – сталь 45 з покриттями" від навантажень:
1 – Ti-N (№3);
2 – Ti-Ni-N (№15, 7 % Ni);
3 – Ti-Ni-N (№12, 1,9 % Ni);
4 – Ti-Ni-N (№13, 45 % Ni);
5 – Mo-Ni-N (№26, 5...7 % Ni)

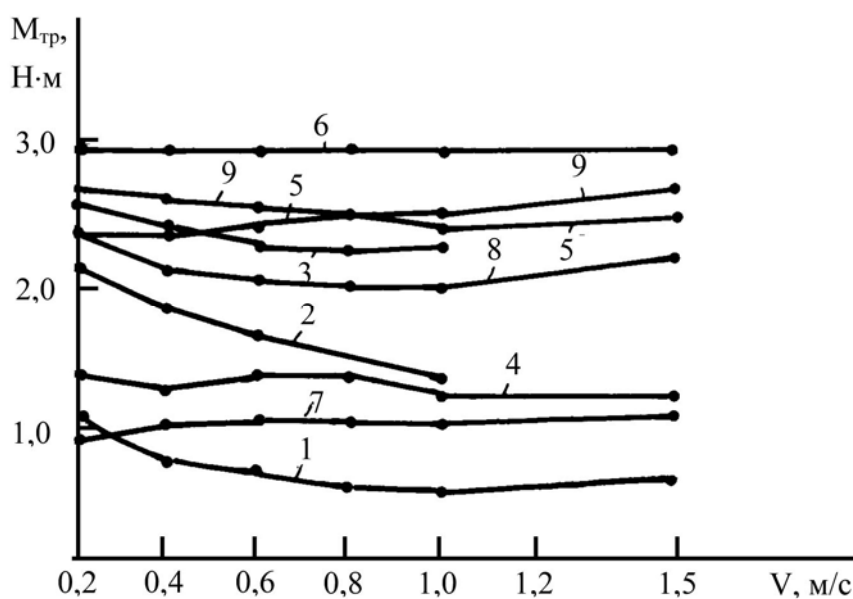


Рис. 2.
Залежність моменту тертя від швидкості ковзання:
1-3 – покриття Ti-N (№3);
4-6 – Ti-Ni-N (№12);
7-9 – Ti-Ni-N (№15);
1,4,7 – навантаження 600 Н;
2,5,8 – 1000 Н;
3,6,9 – 1200 Н

Для всіх досліджуваних покриттів характерними є збільшення моменту тертя при підвищенні навантаження. Значення моментів тертя для покриттів Ti-Ni-N (№ 12, № 13, № 15) істотно не відрізняються, не дивлячись на зміну складу конденсатів. Покриття з чистого TiN (№ 3) мають найнижчий коефіцієнт тертя при різних навантаженнях і швидкостях ковзання. Як видно, для більшості режимів випробування покриттів швидкість тертя 1,0 м/с є найбільш оптимальною.

Дослідження величини зносу гравіметричним методом показало, що найкращою стійкістю володіє покриття Ti-N (№ 3), а також Ti-Ni-N (№ 12)

(рис. 3). Покриття № 12 зношується дещо більше, однак інтенсивність величини зносу у нього значно нижча, ніж у покриття №3. Необхідно зауважити, що підвищення вмісту нікелю до 7 % (покриття Ti-Ni-N (№ 15)) і 45 % (покриття Ti-Ni-N (№ 13)) приводить до істотного підвищення стійкості покриттів, при цьому значно менше зношується і контртіло.

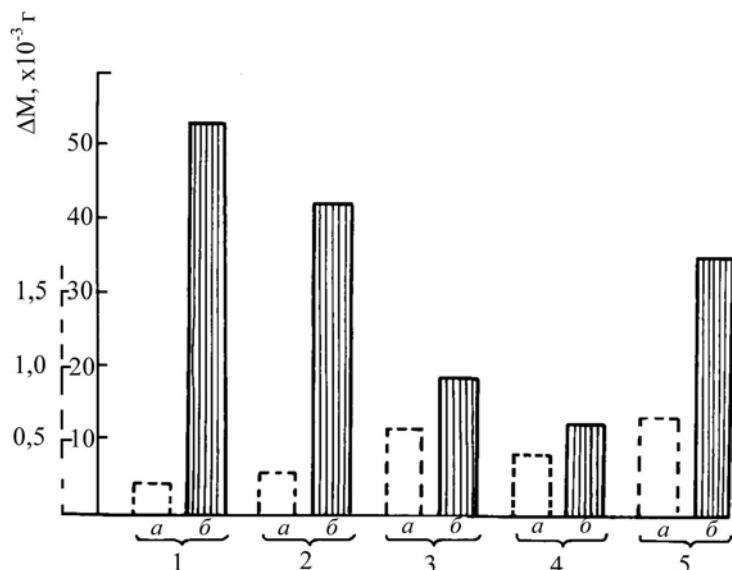


Рис. 3.
Зношення кільця (а)
і вкладки (б – заштриховані
стовбчики) при терті з
покриттями:
1 – Ti-N (№3);
2 – Ti-Ni-N (№12);
3 – Ti-Ni-N (№15);
4 – Ti-Ni-N (№13);
5 – Mo-N (№22)

Таким чином, застосування вакуумних йонно-плазмових покриттів може істотно підвищити зносостійкість деталей машин з вуглецевих нетермооброблених сталей. Залежно від режимів роботи вузлів тертя можна застосувати покриття Ti-N (№3) і Ti-Ni-N (№12) при умові необхідності забезпечення високої стійкості тільки однієї деталі спряження або покриття Ti-Ni-N (№ 15, № 13) для забезпечення необхідної стійкості всієї пари тертя.

Застосування цих покриттів є незамінним для деталей машин, зміцнення термічною обробкою яких з тих чи інших причин неможливе.

УДК 674.02

Доц. В.О. Маєвський, канд. техн. наук;
магістр Ю.В. Бенях – НЛТУ України

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМОСТІЙКОСТІ КЛЕЄНИХ ЩИТІВ З МАСИВНОЇ ДЕРЕВИНИ ДУБА

Розглянуто різні варіанти клеєних щитів, які склеєні з ділянок масивної деревини та особливості розміщення тахлі в пазах рамки. Виконано експериментальні дослідження, встановлено регресійні залежності для визначення величин розбухання і стріли прогину клеєних щитів після розбухання та всихання залежно від ширини заготовок та кута нахилу річних шарів та проведено їх оптимізацію. Розраховано собівартість виготовлення клеєних щитів із заготовок шириною 40 та 65 мм.

Doc. V.O. Mayevskyy; master Yu.V. Benyah – NUFWT of Ukraine

Investigations of stability of shape of Composite boards from oak solid wood

It was considered the different variants of composite boards, which were glued from wood parts, and features of panel arrangement in groove of frame. It was performed the experimental investigations about establishment of regression dependence for determination