

5. Налобіна О.О. Льонозбиральні комбайни (основи теорії і розрахунку механізмів та питання експлуатації)/ Олена Олександрівна Налобіна. – Луцьк, РВВ ЛДТУ, 2006. – 208 с.

6. Горбовий А.Ю. Наукові основи вдосконалення адаптивної механізованої технології збирання льону-довгунця: Автореф. дис. ... доктора технічних наук:05.05.11 / А.Ю. Горбовий – К., 2007. – 394 с.

7. Шейченко В.О. Обґрунтування параметрів та режиму роботи льонобрального апарата з поперечними рівчаками: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / В.О. Шейченко. – Львів, 2006. – 173с.

8. Ужегова О.А. Дослідження роботи та обґрунтування параметрів бральних апаратів льонозбиральних машин. 05.20.01 – Механізація с.-г. виробництва [Текст] : автореферат дис. .... канд. техн. наук / Ужегова О.А. – Луцьк : [б. и.], 1998. – 17с.

9. Юхимчук С.Ф. Обґрунтування параметрів і дослідження роботи льонобральних апаратів з поперечними рівчаками.05.20.01-Механізація с.-г. виробництва [Текст]: автореферат дис. .... канд. техн. наук / Юхимчук С.Ф. – Луцьк: [б. и.], 1998. – 18с.

10. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: Учебн. пособие для студентов вузов / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.

*Рецензент д.т.н., проф. О.О. Налобіна*

УДК 621.793: 620.198: 620.178

© В.М. Голубець, д.т.н., О.В. Білоус, к.т.н., О.Б. Гасій, к.т.н.,  
В.І. Степанишин, к.т.н., І.М. Гончар, к.т.н.  
Національний лісотехнічний університет

## **ТРИБОТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВАКУУМНОГО ЙОННО-ПЛАЗМОВОГО ПОКРИТТЯ В КОНТАКТІ З ДЕРЕВИНОЮ**

*У статті наведено методику визначення сили тертя для пари тертя „сталевий індентор – деревина”. Досліджено триботехнічні характеристики процесу тертя інструментальної сталі Р6М5 з вакуумним йонно-плазмовим покриттям з TiN по сухій деревині сосни в залежності від кількості проходів і напрямку волокон.*

## **ВАКУУМНЕ ЙОННО-ПЛАЗМОВЕ ПОКРИТТЯ, СИЛА ТЕРТЯ, ІНСТРУМЕНТАЛЬНА СТАЛЬ, СОСНА, ТРИБОМЕТР.**

**Постановка проблеми.** У сучасній деревообробній промисловості спостерігається тенденція до зростання швидкостей різання, підвищення вартості інструменту, що призводить до збільшення витрачання дефіцитних матеріалів і коштів на одиницю випущеної продукції. У зв'язку з цим актуальним є питання підвищення фізико-механічних властивостей інструменту, в першу чергу його твердості, зносостійкості, теплостійкості та міцності. Перспективним напрямом підвищення зносостійкості інструментальних матеріалів є їх поверхнєве зміцнення.

**Аналіз останніх досліджень.** Йонно-плазмові покриття, що наносяться методом КІБ, знайшли широке застосування для підвищення стійкості металорізального інструменту. Так, покриття з нітриду титану дозволяє зменшити на 20...30 % силу тертя при різанні конструкційних сталей, на 15...20 % - коефіцієнт усадки стружки і зусилля різання, понизити температуру в зоні різання, значно підвищити стійкість інструмента і продуктивність механічної обробки. На сьогоднішній день детально вивчено вплив параметрів процесу КІБ на властивості покриттів і основи, а також працездатність інструментів з покриттями на основі хімічних сполук TiN, ZrN, Mo<sub>2</sub>N, TiC та іншими. Дослідженням фізики процесу йонно-плазмового напилення та впливу покриттів на експлуатаційні характеристики матеріалів присвячені роботи В.Г. Падалки, А.А. Етінганга, А.І. Анікєєва, В.П. Табакова, В.А. Синопальникова, І.І. Аксьонова, А.А. Андрєєва, В.М. Мацевитого, О.В. Соболя, С.В. Малихіна, В.М. Шулаєва та інших. В той же час слід відзначити, що більшість досліджень спрямовано на оптимізацію електрофізичних характеристик процесу та вдосконалення конструкції установок, недостатньо уваги приділяється питанню застосування цих покриттів для зміцнення дереворізального інструменту.

**Мета дослідження.** Дослідження зносостійкості інструментальних сталей в умовах тертя ковзання в контакті з деревиною представляють певний інтерес з точки зору виявлення можливості застосування йонно-плазмових покриттів для поверхневого зміцнення дереворізального інструменту.

**Результати дослідження.** В якості об'єкта дослідження обрано вакуумне йонно-плазмове покриття з TiN, яке широко використовується для зміцнення металорізального інструменту на установках типу „Булаг”. Дане покриття одержували при дотримванні наступних режимних параметрів [1]:

- матеріал випаровувача – Ti;
- струм дуги – 100 А;
- робочий газ – N<sub>2</sub>;
- тиск газу – 0,4...0,5 Па;
- опорна напруга – 150 В;
- температура підкладки – 450 °С;
- товщина покриття – 5...6 мкм.

Оцінку триботехнічних властивостей покриття здійснено для пари тертя „сталевий індентор – деревина (сосна)” на трибометрі ТМ-90. Циліндричний індентор діаметром 5 мм з конусом при вершині з радіусом його заокруглення 0,5 мм виготовлено зі сталі Р6М5 з покриттям з TiN. Зразки розміром 32x16x5 мм виготовлено з деревини сосни в сухому стані (вологість 12 %) з поздовжнім і поперечним розміщенням волокон. Основні механічні характеристики зразків:

- границя міцності при розтягу: вздовж волокон – 103 МПа; поперек волокон – 5,4 МПа;
- ударна в’язкість –  $4,1 \cdot 10^4$  Дж/м<sup>2</sup>;
- статична твердість поверхні:
  - а) торцевої – 28 МПа,
  - б) радіальної – 23,5 МПа,
  - в) тангенціальної – 24,5 МПа.

Випробування на трибометрі проведено при навантаженні 0,3 Н і зворотньо-поступальному русі сталевго індентора з середньою швидкістю 0,02 м/с. Силу тертя  $F_{тр}$  фіксували при разовому проході індентора ( $F_{тр1}$ ) і після шести проходів ( $F_{тр6}$ ). Переміщення індентора здійснювали за допомогою електродвигуна Д-38Г ( $V = 10000$  об/хв), який через редуктор плавно регулював швидкість індентора в межах 10...500 мм/хв. Навантаження індентора здійснювали спеціальними тягарцями через навантажувальний пристрій, що дозволяє ступенево змінювати навантаження від 0,02 Н до 0,5 Н.

В корпусі трибометра на плоских пружинах кріпиться зразок з деревини, який переміщується разом із корпусом по напрямних, але під дією навантаженого індентора і сили тертя, що при цьому виникає, швидкість його руху сповільнюється. Плоскі пружини деформуються, величина їх деформації пропорційна силі тертя. Вимірявши величину деформації пружини, а відповідно і силу тертя, за допомогою швидкодіючого індуктивного датчика моделі 211, який подає електричні сигнали на самописець моделі Н-388-ІП, Результати досліджень, які свідчать про вплив йонно-плазмового покриття на триботехнічні показники інструментальної сталі Р6М5, наведено в таблиці [2].

Встановлено, що зі збільшенням часу випробувань сила тертя як при терті вздовж волокон, так і поперек них зростає, тобто  $F\delta\delta_1 < F\delta\delta_6$ . Очевидно, що зі збільшенням часу випробувань відбувається неодноразова деформація зруйнованих волокон, внаслідок цього слід від індентора, який має вигляд ямки (рис.) набуває сідлоподібної форми. Ця форма сприяє проникненню індентора на певну глибину (на даній породі деревині вона становить 0,014...0,016 мм). Глибину ямок визначали після переміщення індентора по деревині протягом 1 хв вздовж волокон. Краї ямки гладкі.

Таблиця – Результати триботехнічних досліджень пари тертя „сталь – суха деревина (сосна)” ( $V = 0,02$  м/с;  $P = 0,3$  Н)

Матеріал індентора і тип покриття	Напрямок волокон			
	вздовж		поперек	
	Сила тертя $F_{mp}$ , Н			
	$F_{mp_1}$	$F_{mp_6}$	$F_{mp_1}$	$F_{mp_6}$
Сталь Р6М5	0,07	0,075	0,08	0,085
Р6М5 + TiN	0,035	0,04	0,04	0,045

Твердість покриття з TiN різко зростає в порівнянні з незміцненою сталлю Р6М5 (7600...7800 проти 2200...2500 МПа), що зменшує значення сили тертя, при цьому глибина лунки збільшується до 0,023...0,025 мм, тобто на 60%.

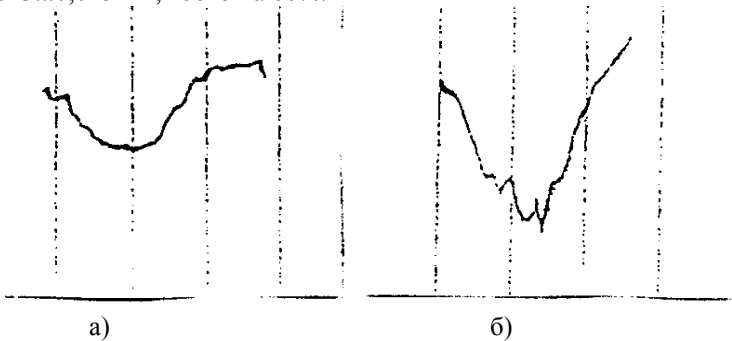


Рис. – Профілограми, зняті зі зразків деревини після випробувань протягом 1 хв при  $P = 0,3$  Н і  $V = 0,02$  м/с (матеріал зразка – сосна, напрям волокон – вздовж): а – тертя в парі зі сталлю Р6М5; б – в парі зі сталлю Р6М5 + TiN. Вертикальне збільшення – 1000, горизонтальне – 20

**Висновки.** Результати проведених досліджень свідчать про те, що напилення вакуумних йонно-плазмових покриттів на інструментальні сталі підвищують їх триботехнічні характеристики, і його доцільно використовувати для зміцнення дереворізального інструменту.

#### Література

1. Голубець В.М., Гасій О.Б., Щуйко Я.В. Захисні властивості і зносостійкість вакуумних йонно-плазмових покриттів. – Львів: ВТФ „Друксервіс”, 2008. – 103 с.

2. Вплив виду нанесеного покриття на триботехнічні властивості ріжучого інструменту / Білоус О.В., Голубець В.М., Юга О.Й., Гасій О.Б. // Наук. вісник: Проблеми деревообробки на рубежі XXI століття: наука, освіта, технології. – Львів: Престижінформ. – 1999. – Вип. 9.5. – С. 239-245.

УДК 674.02:621.923

© В.М. Голубець, д.т.н., І.М. Гончар, к.т.н., О.Б. Гасій, к.т.н.,  
В.І. Степанишин, к.т.н.

Національний лісотехнічний університет

### **ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ДЕРЕВИНИ АБРАЗИВНИМИ КРУГАМИ**

*У статті проаналізовано особливості теплових процесів при шліфуванні жорсткими абразивними кругами. Експериментально встановлено, що інтенсивне охолодження абразивного круга дозволяє підвищити його стійкість при шліфуванні масивної деревини.*

#### **ШЛІФУВАННЯ, ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ, ОХОЛОДЖЕННЯ, АБРАЗИВНИЙ КРУГ, СТІЙКІСТЬ.**

**Постановка проблеми.** Теоретично і експериментально встановлено, що при шліфуванні практично вся механічна енергія мікрорізання окремими абразивними зернами перетворюється в теплову. Ця енергія певним чином розподіляється між оброблюваною деталлю, шліфувальним інструментом, стружкою та охолоджуючим середовищем, якщо таке використовують. Інтенсифікація процесу охолодження різальних зерен та зменшення тертя в зоні їх контакту з оброблюваним матеріалом є актуальною з точки зору підвищення стійкості різального інструменту.