

2. Пат. 81448 Україна, МПК E21B47/00. Пристрій для вимірювання биття та незрівноваженості інструментів / Сірко З.С., Д'яконов В.К.; заявник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № u 2013 01827; заявл. 14.02.2013; опубл. 25.06.2013, Бюл. №12.

3. Балансировка вращающихся режущих инструментов [Электронный ресурс]. – Режим доступа. www.wood.ru.

Аннотация

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ НЕУРАВНОВЕШЕННОСТИ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Сирко З.С., Торчилевский Д.П.

Описано статическую неуравновешенность та статическую балансировку дереворежущих инструментов. Разработано устройство для измерения статической неуравновешенности инструментов, а также их радиальное и торцевое биение.

Abstract

METHOD OF MEASURING OF MENTAL INSTABILITY OF WOODWORKING TOOLS

Sirko Z., Torchilevskiy D.

Described static unbalance is the static balancing of woodworking tools . A device for the measurement of static unbalance tools , as well as axial and radial runout

УДК 620.178:621.793

СТРУКТУРНО-ФАЗОВИЙ СТАН І ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ВАКУУМНИХ ЙОННО-ПЛАЗМОВИХ ПОКРИТТІВ

Гасій О.Б., кандидат технічних наук

(Національний лісотехнічний університет України, м. Львів)

Визначено триботехнічні характеристики процесу тертя інструментальної сталі Р6М5 з вакуумним йонно-плазмовим покриттям з TiN по сухій деревині сосни в залежності від кількості проходів і напряму волокон. Досліджено фазовий склад і структуру покриття. Виявлено структурні перетворення кристалічної ґратки, викликані стискаючими напруженнями.

1 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 поверхневе зміцнення, зокрема, методом КІБ.

2 Аналіз останніх досліджень. Йонно-плазмові покриття, що наносяться методом КІБ, знайшли широке застосування для підвищення стійкості металорізального інструменту. 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, Mo₂N, TiC та іншими. Дослідженням фізики процесу йонно-плазмового напилення та впливу покриттів на експлуатаційні характеристики матеріалів присвячені роботи В.Г.Падалки, А.А.Еттінганга, А.І.Анікеєва, В.П.Табакова, В.А.Синопальникова, І.І.Аксьонова, А.А.Андрєєва, В.М.Мацевитого, О.В.Соболя, С.В.Малихіна 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.

3 Мета дослідження. Дослідження зносостійкості інструментальних сталей в умовах тертя ковзання в контакт з деревиною представляють значний інтерес з точки зору виявлення можливості застосування йонно-плазмових покриттів для поверхневого зміцнення дереворізального інструменту. У зв'язку з тим, що фізико-механічні та експлуатаційні властивості будь-яких покриттів в першу чергу визначаються їх структурно-фазовим станом, метою роботи також є і його дослідження.

4 Результати дослідження. В якості об'єкта дослідження обрано вакуумне йонно-плазмове покриття з TiN, яке широко використовується для зміцнення металорізального інструменту. Дане покриття одержували при дотримуванні наступних режимних параметрів [1]:

- матеріал випаровувача – Ti;
- струм дуги – 100 А;
- робочий газ – N₂;
- 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 заокруглення 0,5 мм виготовлено зі сталі Р6М5. 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/м²;
- статична твердість поверхні: торцевої – 28 МПа; радіальної - 23,5 МПа; тангенціальної - 24,5 МПа.

Випробування на трибометрі проведено при навантаженні 0,3 Н і зворотньо-поступальному русі індентора з середньою швидкістю 0,02 м/с. Силу тертя фіксували при разовому проході індентора (F_{mp_1}) і після шести проходів (F_{mp_6}). Навантаження індентора здійснювали спеціальними тягарцями через навантажувальний пристрій, що дозволяє ступенево змінювати навантаження від 0,02 Н до 0,5 Н. Зразок з деревини кріпився на плоских пружинах, величина деформації яких пропорційна силі тертя. Результати досліджень, які свідчать про вплив йонно-плазмового покриття на триботехнічні показники інструментальної сталі Р6М5, наведено в таблиці 1 [2].

Встановлено, що зі збільшенням часу випробувань сила тертя як під час руху вздовж волокон, так і поперек них зростає, тобто $F_{mp_1} < F_{mp_6}$. Очевидно, що зі збільшенням часу випробувань відбувається неодноразова деформація зруйнованих волокон, внаслідок цього слід від індентора, який має вигляд лунки (рис. 1), набуває сідлоподібної форми. Ця форма сприяє проникненню індентора на певну глибину (на даній породі деревини вона становить 0,014...0,016 мм). Глибину лунок визначали після переміщення індентора по деревині протягом 1 хв вздовж волокон. Краї лунки гладкі. 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%.

Рентгеноструктурний аналіз проводили на дифрактометрі ДРОН-3,0 в $\text{Cu-K}\alpha$ випромінюванні. Зйомку проводили в діапазоні кутів 2θ 20° – 90° з кроком $0,05^\circ$ і витримкою в точці 3 с. Отримані дані аналізували методом Рітвельда з використанням програмного пакету GSAS [3]. Текстуру покриття аналізували з використанням функції Марча-Доллаза [4], що входить до пакету GSAS. Кількісний аналіз покриття проводили на мікрорентгеноспектральному аналізаторі „Сamebaх” та скануючому електронному мікроскопі ZEISS EVO 40XVP з системою рентгенівського мікроаналізу INCA Energy.

Таблиця 1 - 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 $F_{тр}$, 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

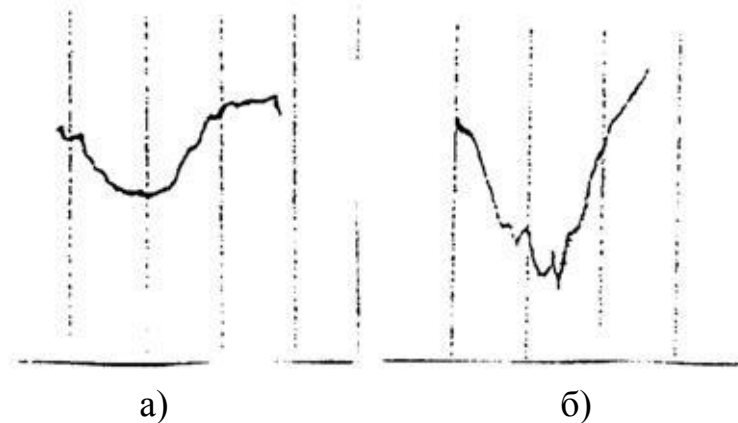


Рисунок 1 - Профілограми зразків деревини після випробувань протягом 1 хв при $P = 0,3 \text{ Н}$ і $V = 0,02 \text{ м/с}$ (матеріал зразка – сосна, напрям волокон – вздовж): а – тертя в парі зі сталлю Р6М5; б – в парі зі сталлю Р6М5 + TiN. Вертикальне збільшення – 1000, горизонтальне – 20

Кількісний склад TiN відповідає його стехіометричному співвідношенню. На електронному зображенні поверхні не спостерігається виразного рельєфу покриття (рис. 2), що підтверджує результати досліджень з визначення його шорсткості: $R_a = 0,75 \text{ мкм}$, що лише на 31% більше, ніж шорсткість основи [5]. Відомо, що сполука TiN є фазою втілення зі структурою ГЦК - гратки з параметром комірки $a=4,250 \text{ \AA}$ [6]. Аналіз відносних інтенсивностей дифракційних піків фази TiN показав чітко виражену аксіальну текстуру в кристалографічному напрямку [111], про що свідчить значно підвищена інтенсивність дифракційних піків (111) та (222) (рис. 3, а). Зерна TiN переважно орієнтовані таким чином, що площина (111) є паралельною до площини підкладки. Уточнення дифракційних даних методом Рітвельда з використанням функції Марча-Доллаза для опису текстури показало, що параметр комірки ГЦК - гратки $a=4,271 \text{ \AA}$ та коефіцієнт текстури (параметр Марча) для площини (111) $r=0,203$. Знаючи значення параметра Марча r , можна визначити ступінь текстурованості фази за формулою [7]:

$$\eta = \sqrt{\frac{(1-r)^3}{1-r^3}} \times 100\% \quad (1)$$

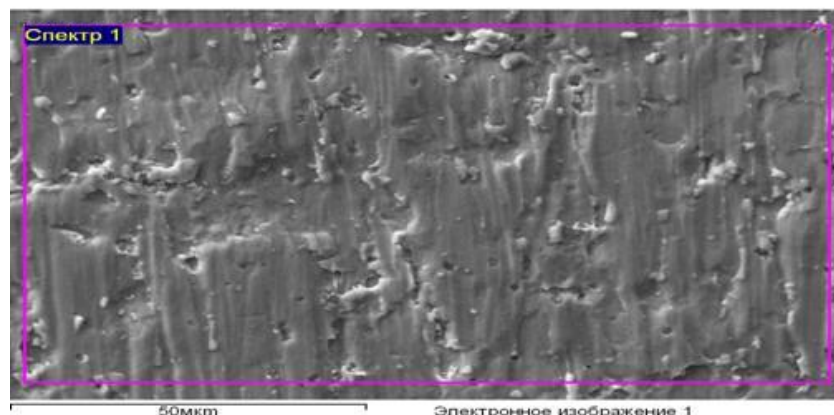
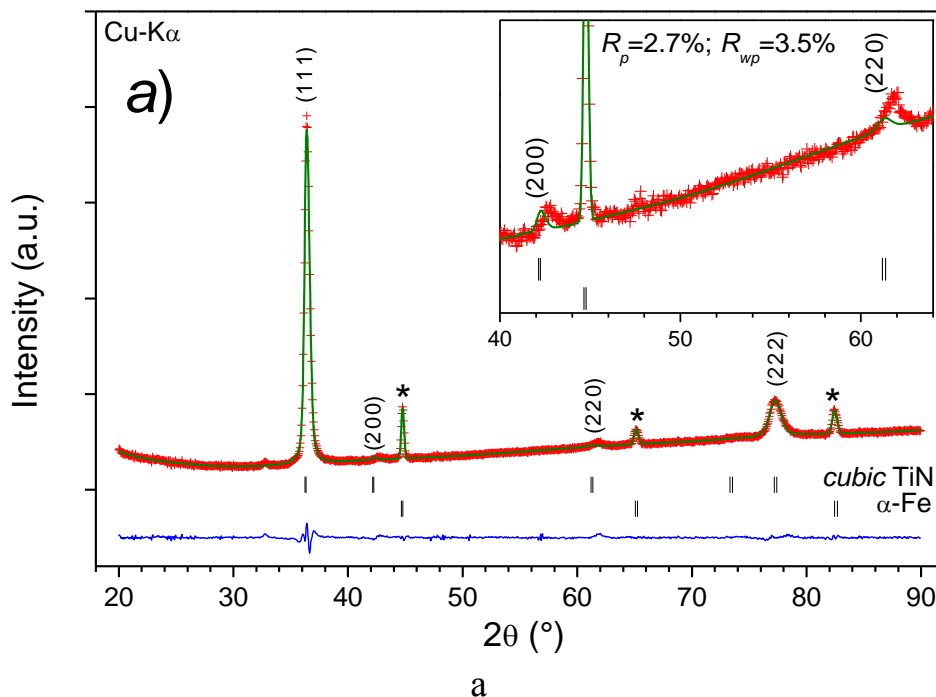


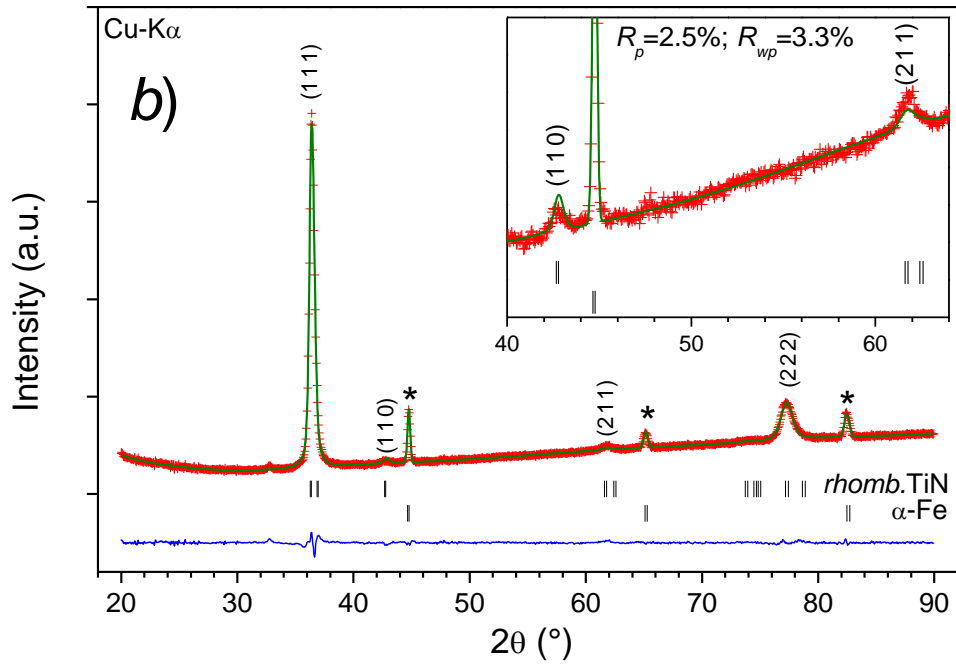
Рисунок 2 - Рельєф поверхні покриття із TiN

Одержане значення параметра η відповідає ступеню текстурованості $\eta=71\%$. Уточнення фази TiN в ГЦК - гратці показало значний зсув положень піків (200) та (220) відносно теоретично розрахованих значень 2θ приблизно на $0,5^\circ$ (вкладка на рис. 3, а). Такий зсув є свідченням деформації кубічної гратки. З аналізу ймовірних структурних переходів виявлене положення дифракційних піків найбільше відповідає ромбоєдричній (тригональній) сингонії. Схематично трансформацію кубічної гратки в ромбоєдричну показано на рис. 4. Слід зазначити, що кристалографічна площина (111) в кубічній та ромбоєдричній гратках збігається. Уточнення структури TiN в ромбоєдричній гратці показало кращу збіжність між експериментальними та теоретичними дифракційними профілями, на що вказує зменшення профільного фактора розбіжності уточнення R_p з 2,7 % до 2,5 % і зваженого профільного фактора розбіжності уточнення R_{wp} – з 3,5 % до 3,3 % (рис. 3, б). Співвідношення між параметрами комірки кубічної та ромбоєдричної граток визначається за формулою:

$$a_{rh} = b_{rh} = c_{rh} = \frac{\sqrt{2}}{2} a_c, \quad (2)$$

де a_{rh} , b_{rh} , c_{rh} - параметри комірки ромбоєдричної гратки;
 a_c - параметр комірки кубічної гратки.





б

Рисунок 3 - Експериментальний (+), розрахунковий (верхня лінія) і узагальнений (нижня лінія) дифракційні профілі покриття із TiN: а – кубічна гратка; б – ромбоєдрична гратка. Вертикальні риски відповідають положенням брегівських піків складових фаз. Зірочкою відзначено відбиття від підкладки.

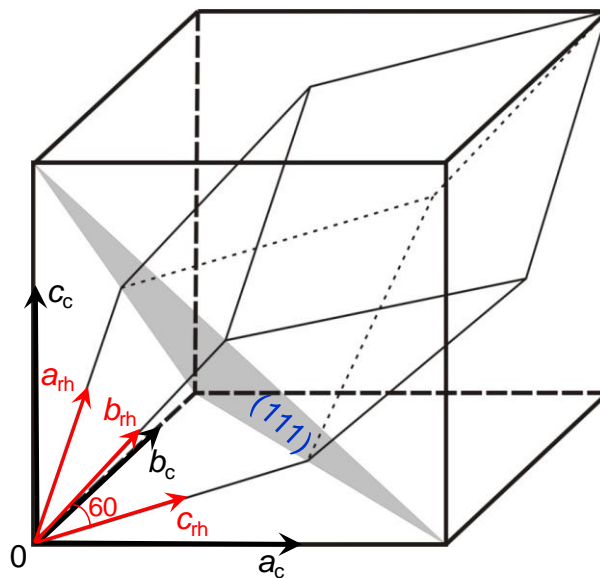


Рисунок 4 - Трансформація структури покриття із TiN з кубічної гратки в ромбоєдричну

Уточнений період гратки TiN становить $a=3,002 \text{ \AA}$, що на 29 % менше, ніж в кубічній гратці; кут між ребрами $\alpha=59,23^\circ$. Причиною ромбоєдричної деформації є стискання кубічної гратки в площині (111) внаслідок напружень, зумовлених

нанесенням покриття. Параметр Марча для площини (111) в ромбоєдричній гратці становить $r=0,232$, що відповідає ступеню текстурованості $\eta=68\%$.

5. Висновки. Результати проведених досліджень свідчать про те, що напилення вакуумних йонно-плазмових покриттів на інструментальні сталі підвищують їх триботехнічні характеристики під час роботи в контакті з деревиною, і цю технологію доцільно використовувати для зміцнення дереворізального інструменту. В одержаному покритті наявна чітко виражена текстура. Виявлено структурні перетворення в покритті з TiN, що проявляються в трансформації кубічної гратки в ромбоєдричну. Цей процес супроводжується виникненням стискаючих напружень, що є передумовою підвищення зносостійкості та границі витривалості.

Список літератури

1. Голубець В.М. Захисні властивості і зносостійкість вакуумних йонно-плазмових покриттів / В.М. Голубець, О.Б. Гасій, Я.В. Щуйко – 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.
3. Larson A.C, von Dreele R.B. General structure analysis system (GSAS). - Los Alamos Neutron Science Center, 1994. – 224 p.
4. Dollase W.A. Correction of Intensities for Preferred Orientation in Powder Diffractometry: Application of the March Model // Journal of Applied Crystallography. – 1986.– Vol.19.– P.267-272.
5. Голубець В.М., Гасій О.Б. Вплив технологічних параметрів на деякі характеристики йонно-плазмових покриттів // Проблеми трибології. – 2004. - № 1. – С. 67-71.
6. Duwez P., Odell F. Phase Relationships in the Binary Systems of Nitrides and Carbides of Zirconium, Columbium, Titanium, and Vanadium // Journal of The Electrochemical Society. – 1950. – Vol. 97. – P. 299-304.
7. Zolotoyabko E. Determination of the degree of preferred orientation within the March–Dollase approach // Journal of Applied Crystallography. – 2009. Vol. 42. – P.513-518.

Аннотация

Структурно-фазовое состояние и износостойкость вакуумных йонно-плазменных покрытий

Гасій О.Б.

Определены триботехнические характеристики процесса трения инструментальной стали Р6М5 с вакуумным ионно-плазменным покрытием из TiN по сухой древесине сосны в зависимости от количества проходов и

направления волокон. Исследованы фазовый состав и структура покрытия. Выявлены структурные преобразования кристаллической решетки, вызванные сжимающими напряжениями.

Abstract

The structural-phase state and wear resistance of vacuum ion-plasma coatings

Hasiy O.

Tribotechnical characteristics of friction of tool steel R6M5 with TiN vacuum ion-plasma coating on dry pine wood, depending on the number of passes and the direction of fibers were determined. The phase composition and coating structure were researched. The structural transformations of the crystal lattice caused by compressive stresses were found.

УДК 674.02:621.923

АНАЛІЗ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ОБРОБЛЕННІ МАСИВНОЇ ДЕРЕВИНИ АБРАЗИВНИМИ КРУГАМИ

Голубець В.М., доктор технічних наук,

Гончар І.М., кандидат технічних наук

Степанишин В.І., кандидат технічних наук

(Національний лісотехнічний університет України, м. Львів)

Проаналізовано особливості протікання теплових процесів у зоні контакту інструмент-заговка при шліфуванні жорсткими абразивними кругами. Визначено шляхи зниження контактної температури при абразивному обробленні деревини.

1. Постановка проблеми. Процес шліфування характеризується тим, що при швидкісному мікрорізанні виникає велика кількість теплових імпульсів в зоні контакту шліфувального інструмента з оброблюваним матеріалом. Температурні процеси в зоні шліфування характеризуються швидким зростанням температури, дуже нетривалим витримуванням і швидким охолодженням.

2. Мета досліджень Теплові явища при абразивному обробленні мають вплив у першу чергу на зносостійкість та ресурс роботи шліфувального інструмента. Враховуючи неможливість збільшення теплопровідності деревини, шляхи підвищення ефективності її абразивного оброблення слід шукати у підвищенні теплофізичних характеристик абразивної маси кругів або через інтенсивний відвід теплоти із зони контакту шляхом використання певних охолоджуючих середовищ та способів охолодження зони контакту. Останній