

**Буряк В.Г., \***  
**Буряк В.В., \*\***  
**Драпак Л.С., \***  
**Буряк А.В., \*\***

\* Хмельницький обласний інститут  
 післядипломної педагогічної освіти,  
 \*\* Хмельницький національний університет  
 м. Хмельницький, Україна  
**Gmail:** viktorburyak1955@gmail.com

## АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК МІКРОСТРУКТУРИ ПОВЕРХОНЬ КОМПОЗИЦІЙНИХ РІЖУЧИХ ПЛАСТИН

УДК 621.9

DOI:10.31891/2079-1372-2018-89-3-11-16

Виконується аналіз характеристик мікроструктури поверхонь композиційних ріжучих пластин. Розглядаються результати досліджень зміни мікроструктури робочих поверхонь пластин спечених і первинно та повторно заточених. Отримані результати досліджень є вихідними даними при використанні методології виконання оцінки працездатності ріжучих інструментів за аналізом акустичних характеристик енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів із застосуванням диференційного рівняння причинно-наслідкового зв'язку.

**Ключові слова:** оброблення різанням, мікроструктура робочих поверхонь ріжучих пластин, акустичні властивості матеріалів, причинно-наслідковий зв'язок, знос.

### Вступ

За умови можливості однозначної оцінки характеристик енергетичного стану обробних і інструментальних матеріалів спорідненими параметрами, що характеризують коливні і хвильові процеси на стадіях контролю поза процесом і у процесі оброблення різанням (механообробки), узагальнення параметрів виконується із застосуванням теорії причинно-наслідкового зв'язку [1 - 3]. Розгляд локальної взаємодії обробного і інструментального матеріалів, як контактуючих шорстких поверхонь набуває все більшої актуальності. Розповсюдження утворених в процесі механообробки хвиль поєднане законами дисперсії, інтерференції, поглинання, розсіювання, відбиття, заломлення і існування граничних (критичних) умов взаємодії в локальному контакті залежать від акустичних властивостей матеріалів. Сукупність мікроструктурних та впадин на робочих поверхнях інструмента зумовлює нерівномірність розподілу локалізованих тисків, що в значній мірі відрізняються по величині від номінального тиску. Враховуючи безпосередній зв'язок роботи тертя від локалізованого тиску в часі, виникла необхідність у визначенні зміни характеристик мікроструктурного енергетичного стану інструментального матеріалу на окремих ділянках робочих поверхонь інструмента. Тому, в аналізі причини зносу і втрати працездатності інструментів важливе значення має оцінка стану їх робочих поверхонь.

### Мета і постановка задачі

З метою застосування диференційного рівняння причинно-наслідкового зв'язку [1 - 3] виконується аналіз характеристик мікроструктури поверхонь композиційних ріжучих пластин.

Композиційні інструментальні матеріали, до складу яких входять компоненти твердої основи – зерна тугоплавких з'єднань, надтверді зерна нітриду бора або алмаза синтетичного полікристалового (АСПК) в тому числі з дифузійним покриттям надтвердих зерен (ДПНЗ) і в'язкий матеріал, після спікання заточують з метою зняття дефектних поверхневих шарів, забезпечення заданих розмірів конструкційних та геометричних параметрів. Як відомо, заточування інструментів є складним технологічним процесом, який поряд з його користю може призвести до утворення різних видів пошкоджень робочих поверхонь, що у багатьох випадках понижує надійність процесу механообробки.

Аналіз характеристик мікроструктури поверхонь композиційних ріжучих пластин виконано у напрямках оцінки видів мікрodefektів, параметрів шорсткості робочих поверхонь та їх зміни в процесі зношування інструмента.

### Виклад матеріалів досліджень

Спечені в умовах високого тиску і температури, композиційні ріжучі пластини відрізняються неоднорідністю поверхневого стану після заточування. Як видно з фотографій (рис. 1) робочих поверхонь пластин алмета [4], спечених і первинно заточених (рис. 1, а) та повторно заточених (рис. 1, б) при однакових умовах виконання технологічних процесів, – їх поверхні відрізняються за різною густиною розподілу надтвердих зерен (світлі плями), за кількістю великих і малих плям на поверхні та ін. Фотографування виконано на неофоті моделі НЕОРНОТ 21 із збільшенням в 500<sup>x</sup>. При однаковій величині зе-

рен (у відповідності з паспортними даними на марку алмазів АСМ 14/10), їх розміри на поверхні змінюються у великих межах (рис. 2, збільшення в  $125\times$ ). Це підтверджує наведені доводи про випадковий характер процесів заточування і розподілу надтвердих зерен. В процесі заточування, зерна періодично викришуються, випадають із в'язучого матеріалу і при цьому залишають на своєму місці впадини. А зерна, міцність утримання у в'язучому матеріалі яких вища, ніж сила різання при шліфуванні та сила пружного віджимання технологічної системи верстату для заточування, пересуваються до поверхні виступів. Це зумовлює наявність на поверхні пластини зерен з різними розмірами, як результат їх послідовного руху до поверхні заточування. Для підтвердження наявності мікронерівностей і аналізу характеру їх розподілу на профілографі - профілометрі моделі 210 заводу "Калібр" отримано профілограми шорсткості робочих поверхонь різних композиційних пластин. Типовий зразок профілограми поверхні пластини алмета показаний на рис. 3. Умови запису профілограми наступні: швидкість паперу – 200 мм /хв.; швидкість датчика 1 мм /хв.; вертикальне збільшення –  $40000\times$ . Результати досліджень шорсткості поверхонь ріжучих пластин, заточених за однаковими умовами, показують наступну зміну значень стандартних параметрів:

1. Параметр  $Ra$  поверхонь пластин із твердого сплаву ВК60М – (0,099, ..., 0,219) мкм;
2. Параметр  $Sm$  поверхонь пластин із твердого сплаву ВК60М – (25, ..., 41) мкм;
3.  $Ra$  поверхонь пластин алмета – (0,312, ..., 0,562) мкм;
4.  $Sm$  поверхонь пластин алмета – (48, ..., 72) мкм.

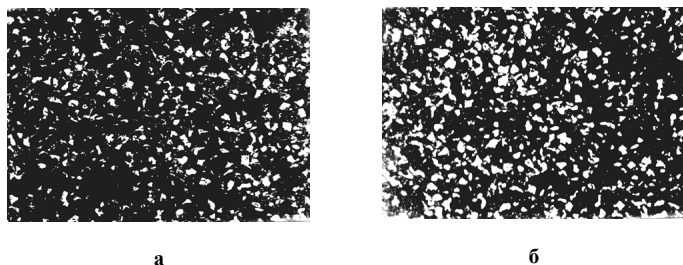


Рис. 1 – Мікроструктура робочих поверхонь ріжучих пластин алмета:  
а – після первинного заточування;  
б – після повторного заточування,  $500\times$

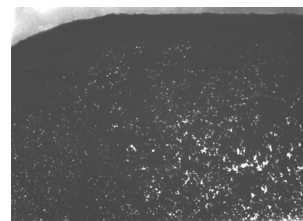


Рис. 2 – Мікроструктура робочій поверхні ріжучої пластини алмета,  $125\times$

Більш повний аналіз стандартних параметрів шорсткості робочих поверхонь ріжучих пластин із різних марок інструментальних матеріалів проведено при визначенні їх значень у різних напрямках (повздовжньому та поперечному) відносно вершини інструмента та його головної ріжучої кромки на передній і задній поверхнях, що дозволяє зробити висновок про ізотропний вид шорстких поверхонь після заточування. Також, підтверджено висновок про випадковий характер розподілу зерен на поверхнях заточених пластин. Схема вимірювання параметрів шорсткості на робочих поверхнях ріжучих пластин показана на рис. 4. Результати експериментальних досліджень приведені в табл. 1.

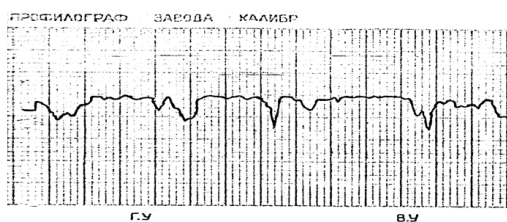


Рис. 3 – Профілограма робочій поверхні ріжучої пластини алмета

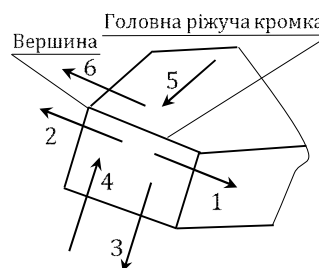


Рис. 4 – Схема вимірювання параметрів шорсткості

Відсутність кореляційного зв'язку умов тертя обробного і інструментального матеріалів та структурно-енергетичного стану робочих поверхонь інструменту викликає труднощі при обґрунтуванні працездатності композиційних ріжучих пластин. Разом з цим ускладняється прогнозування гарантованих значень періоду стійкості інструментів, коли поряд із випадковим розподілом зерен на робочих поверхнях композиційних пластин, зустрічаються мікродфекти у вигляді шорсткості, неоднорідності структури тощо [5]. З урахуванням вище приведених доводів про наявність випадкових складових у технологічних процесах підготовки композиційних ріжучих пластин на етапах їх спікання і заточування, на даному етапі досліджень можливе проведення порівняльного аналізу ріжучої властивості інструментів. При цьому необхідно провести дослідження композиційних пластин з високими ріжучими властивостями та прийняти їх як еталонні. Потім, шляхом порівняння відповідних характеристик стану

робочих поверхонь досліджуваної та еталонної ріжучих пластин, можна робити висновки про очікуваний період стійкості інструментів [6]. За аналогом розгляду шорстких поверхонь, для статистичної характеристики відображення досліджуваних поверхонь ріжучих пластин використовують оптичні електронні прилади (ОЕП). В основу дії ОЕП покладено флукуацію променевого потоку, що відбивається від досліджуваної поверхні пластини при її скануванні.

Таблиця 1

## Результати досліджень параметрів шорсткості на поверхнях пластин

№ з/п	Матеріал пластини	Досліджувана поверхня	Параметри шорсткості	
			$Ra$ , мкм	$Sm$ , мкм
1	АСПК (ДПНЗ)	Задня: від вершини 1 до вершини 2	0,396	66,7
			0,485	69,8
2	КНБ (ДПНЗ)	Задня: Від кромки 3 До кромки 4	0,087	42,2
			0,079	50,0
3	АСПК (ДПНЗ)	Передня: Перпендикулярно 5 Паралельно 6	0,401	63,8
			0,420	67,9
4	КНБ (ДПНЗ)	Передня: Перпендикулярно 5 Паралельно 6	0,261	56,6
			0,259	57,5
5	АСПК (ДПНЗ)	Досліджуваний діапазон для всіх груп пластин	0,08 ... 0,6	12 ... 80
6	КНБ (ДПНЗ)		0,06 ... 0,3	11 ... 60

Проведений аналіз характеристик структурно-енергетичного стану робочих поверхонь композиційних пластин показує наступне. Поверхні пластин можуть мати елементи поглинання (рис. 5), проникаючі (рис. 6) і пластичні (рис. 7) мікродфекти [7]. Складність спектру відбитого світла при контролі поверхні ріжучих пластин потребує спеціальних наукових досліджень з метою вибору тієї чи іншої оптичної системи. З цією метою розглянемо згадані вище три типи елементів поверхні.

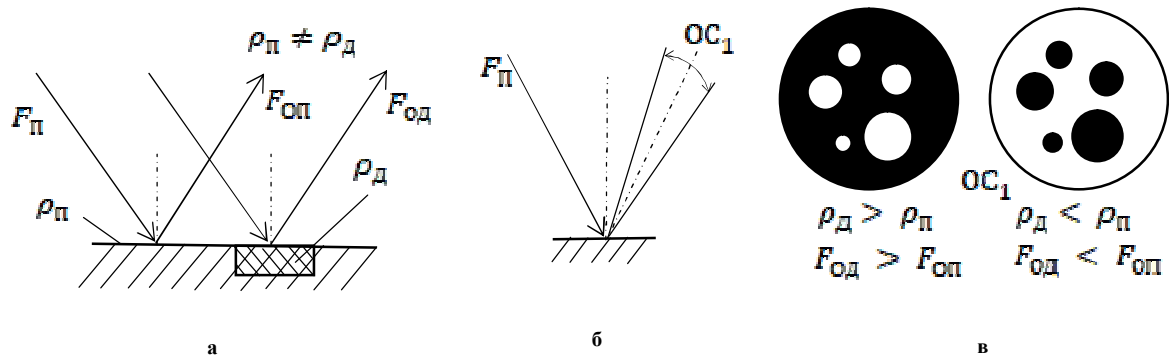


Рис. 5 – Зображення робочої поверхні ріжучої пластини з мікродфектами поглинання

Елементи поглинання змінюють тільки величину потоку світла, яке відбивається від поверхні і від дефектів (рис. 5, а). Обидва відбитих промені у напрямку співпадають з дзеркальним і у цьому випадку доцільно застосування тільки одного варіанту розміщення прийомної оптичної системи – у напрямку дзеркального відбиття (рис. 5, б). Відображення поверхні відповідає оригіналу. Ділянки, що відмічені кружками, будуть світлими у разі виконання умов  $\rho_d > \rho_p$  та  $F_{од} > F_{оп}$  і темними – при  $\rho_d < \rho_p$  та  $F_{од} < F_{оп}$ , де  $\rho_p$ ,  $\rho_d$  – коефіцієнти відбиття досліджуваної поверхні і мікродфекту (включень у поверхневому шарі);  $F_p$ ,  $F_d$ ,  $F_{оп}$ ,  $F_{од}$  – потужності променів світла, що падають і відбиваються від поверхні та від мікродфекту відповідно (рис. 5, в). Апертура прийомної оптичної системи на контрастність зображення не впливає.

Проникаючі мікрodefекти утворені мікронерівностями за умови  $C \ll h$ , де  $C$  – ширина, а  $h$  – висота мікронерівностей (рис. 6, а). Вони змінюють напрямок відбитих променів (розсіювання) та їх величину (поглинання) за рахунок багаторазового відбиття від стінок мікрodefекту. Оптичною системою, у залежності від апертури, може прийматись: весь відбитий потік ( $OC_1$ ); тільки дзеркальна ( $OC_2$ ) і тільки розсіяна ( $OC_3$ ) компоненти (рис. 6, б). Зображення оптичною системою ( $OC_1$ ) дає аналогічну картину, як і при наявності елементів поглинання, що показано вище. Із-за багаторазового відбиття від стінок мікрodefекту, потужності світлових потоків відрізняються:  $F_{ОД} < F_{ОП}$ , що відповідає темному зображенню на світловому фоні (рис. 6, в). При цьому контрастність зображення невисока (рис. 8). Зображення системою ( $OC_3$ ) виконується за умови, якщо дзеркальна компонента у прийомний канал не попадає  $F_{ОП} = 0$ . У даному випадку ми отримуємо темне зображення мікрodefекту на темному фоні (рис. 6, г). Зображення буде отримано контрастне за умови, якщо  $F_{ОД} \ll F_{ОП}$  (рис. 6, д), але при цьому виникають технічні труднощі щодо реалізації системи ( $OC_2$ ), так як дзеркальна компонента виділена у вузьких індикатрисах розсіювання.

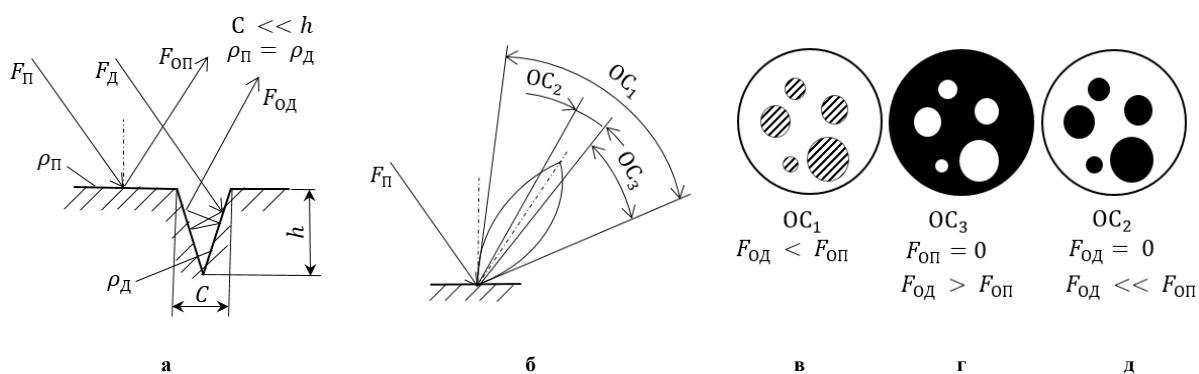


Рис. 6 – Зображення робочих поверхонь ріжучих пластин з проникаючими мікрodefектами

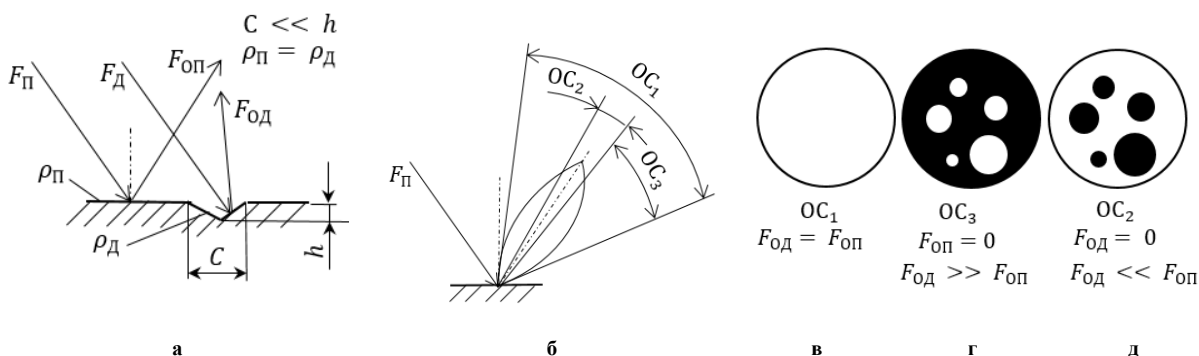


Рис. 7 – Зображення робочої поверхні ріжучої пластини з пластичними мікрodefектами

Пластичні дефекти утворюються за умови, якщо  $C \ll h$ . У даному випадку проходить одноразове відбиття випромінювання (рис. 7, а). У випадку наявності однорідного матеріалу досліджуваної поверхні ( $\rho_d = \rho_n$ ), за допомогою оптичної системи  $OC_1$  (рис. 7, б) неможливо отримати контрастне зображення мікрodefектів (рис. 7, в). Тут виникає необхідність у просторовому розподілі дзеркального і розсіяного потоків. Використання системи  $OC_2$  потребує застосування малої апертури прийомної системи, що дає зображення темних мікрodefектів на світлому фоні (рис. 7, д). Максимальна контрастність та темне поле забезпечує система  $OC_3$  (рис. 7, г) і це завдяки тому, що на пластичних мікрodefектах послаблення відбитого потоку незначне. Кути падіння променів особливого значення не мають, так, як із-за великого кута у розсіюванні приймає участь практично вся поверхня мікрodefекту.

Таким чином, оптичні системи використовують розсіяну компоненту відбитого потоку світла і забезпечують максимальну контрастність зображення та мінімальне фонове опромінення фотоприймача. При цьому, мікродфекти можна розглядати як площинні випромінювачі з постійною потужністю освітлення у межах контуру. Це дозволяє призвести розгляд тримірних поверхонь структури робочих поверхонь композиційних ріжучих пластин до випадку двомірного освітленого поля у площині аналізу ОЕП. Світлий фон (для надтвердих пластин алмета) утворюють надтверді зерна. В'язучий матеріал, що знаходиться між зернами на їх бокових поверхнях, утворюють однотональну, рівномірно розподілену на всій грані пластини темну поверхню (рис. 1). Тому, враховуючи також параметри шорсткості, характеристики структурно-енергетичного стану робочих поверхонь композиційних ріжучих пластин можна оцінювати оптичною системою ОЕП і при цьому використовувати схему зображення поверхонь з елементами поглинання, які характерні для робочих граней пластин за умовою, що  $\rho_d > \rho_{II}$  і  $F_{Od} > F_{Op}$ .

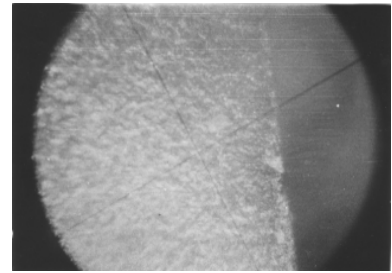


Рис. 8 – Зображення робочої поверхні композиційної ріжучої пластини (зображення не контрастне)

Отримані результати досліджень є вихідними даними при використанні методології виконання оцінки працездатності ріжучих інструментів за аналізом акустичних характеристик енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів із застосуванням диференційного рівняння причинно-наслідкового зв'язку [1 - 3].

### Висновки

Виконано аналіз характеристик мікроструктури поверхонь композиційних ріжучих пластин. Встановлено, що робочі поверхні пластин, спечені і первинно заточені та повторно заточені при однакових умовах виконання технологічних процесів, – їх поверхні відрізняються за різною густиною розподілу надтвердих зерен (світлі плями), за кількістю великих і малих плям на поверхні. Аналіз стандартних параметрів шорсткості робочих поверхонь ріжучих пластин із різних марок композиційних інструментальних матеріалів дозволяє зробити висновок про ізотропний вид шорстких поверхонь після заточування. Також, підтверджено висновок про випадковий характер розподілу зерен на поверхнях заточених пластин. Враховуючи параметри шорсткості, характеристики структурно-енергетичного стану робочих поверхонь композиційних ріжучих пластин можна оцінювати оптичною системою ОЕП і при цьому використовувати схему зображення поверхонь з елементами поглинання, які характерні для робочих граней пластин за умовою, що  $\rho_d > \rho_{II}$  і  $F_{Od} > F_{Op}$ .

Отримані результати досліджень є вихідними даними при використанні методології виконання оцінки працездатності ріжучих інструментів за аналізом акустичних характеристик енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів із застосуванням диференційного рівняння причинно-наслідкового зв'язку.

### Література

1. Буряк В.Г., Буряк А.В. Показники енергетичного стану матеріалів, що визначають працездатність інструментів // Проблеми трибології. – 2016. – № 2. – С. 54-57.
2. Буряк А.В., Буряк В.Г. Зв'язок фізико-механічних, теплофізичних і акустичних властивостей обробних і інструментальних матеріалів у механообробні // Проблеми трибології. – 2016. – №2. – С.28-33.
3. Буряк В.Г., Буряк А.В. Закономірності зміни складових сили різання та енергетичного стану обробного і інструментального матеріалі в процесі оброблення різанням // Проблеми трибології. – 2017. – № 3. – С. 25-29.
4. Верещагин Л.Ф., Семерчан А.А., Ганкевич Т.Т. и др. Алмет – алмазный компактный материал // Синтетические алмазы. – 1979. - Вып.1. – С. 3-5.
5. Лошак М.Г. Прочность и долговечность твердых сплавов. – К.: Наукова думка, 1984. – 328 с.
6. Буряк В.Г., Жительный В.Н., Маслов В.П. Контроль рабочих поверхностей композиционных режущих пластин // Применение лазеров. – Таллин: ТПИ. – 1987. – С. 51.
7. Оценка режущих свойств инструментов статистическими методами / Буряк В.Г., Маслов В.П., Михеенко Л.А. – Хмельницкий, 1988. – 15с. – Рус. – Деп. в УкрНИИНТИ 24.01.89, №374 – Ук 89.

Надійшла в редакцію 16.08.2018

---

**Buryak V.G., Buryak V.V, Drapak L.S., Buryak A.V. Analysis of microstructure characteristics of surfaces of composite cutting plates.**

An analysis of the characteristics of the microstructure of the surfaces of composite cutting plates is carried out. The results of investigations of the microstructure change of the working surfaces of sintered and primary and reattached plates are considered. It was established that the working surfaces of plates, sintered and primed ground and re-grounded under the same conditions of technological processes, - their surfaces differ in different density of distribution of super hard grains (light spots), in the number of large and small spots on the surface. An analysis of the standard roughness parameters of the working surfaces of cutting plates from different brands of composite tool materials allows us to conclude that the isotropic kind of rough surfaces after sharpening. Taking into account the roughness parameters, the characteristics of the structural and energy state of the working surfaces of the composite cutting plates can be estimated by the optical system of electronic devices, while using the image diagram of the surfaces with the elements of absorption, The obtained research results are the initial data when using the methodology of performance evaluation of cutting tools by analyzing the acoustic characteristics of the energy state of processing and instrumental materials using the differential equation of cause and effect relationship.

**Key words:** cutting machining, microstructure of working surfaces of cutting plates, acoustic properties of materials, causal relationship, wear.

### References

1. Buryak V.G., Buryak A.V. Pokazny`ky` energety`chnogo stanu materialiv, shho vy`znachayut` pracezdatnist` instrumentiv. Problemi tribologii. 2016. № 2. S. 54-57.
2. Buryak A.V., Buryak V.G. Zv'yazok fizy`ko-mexanichny`x, teplofizy`chny`x i akusty`chny`x vlasty`vostej obrobny`x i instrumental`ny`x materialiv u mexanoobrobni. Problemy` try`bologiyi. 2016. №2. S.28-33.
3. Buryak V.G., Buryak A.V. Zakonomirnosti zmini skladovih sili rizannya ta energetichnogo stanu obrobnogo i instrumental'nogo materialu v procesi obroblennya rizannyam. Problemi tribologii. 2017. № 2. S. 79-85.
4. Vereschagin L.F., Semerchan A.A., Gankevich T.T. i dr. Almet –almaznyiy kompaktniy material. Sinteticheskie almazy. 1979. Vyip.1. S. 3-5.
5. Loshak M.G. Prochnost i dolgovechnost tverdyyh splavov.– K.: Naukova dumka, 1984. 328 s.
6. Buryak V.G., Zhitelnyiy V.N., Maslov V.P. Kontrol rabochih poverhnostey kompozitsionnyih rezhuschih plastin. Primenenie lazerov. Tallin: TPI. 1987. S. 51.
7. Otsenka rezhuschih svoystv instrumentov statisticheskimi metodami / Buryak V.G., Maslov V.P., Miheenko L.A. Hmel'nitskiy, 1988. 15s. Rus. Dep. v UkrNIINTI 24.01.89, #374 – Uk 89.