

Буряк В.Г.,***Буряк А.В.***** Хмельницький обласний інститут
післядипломної педагогічної освіти,** Хмельницький національний університет
м. Хмельницький, Україна

E-mail: viktorburiyak1955@gmail.com

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ РОЗМІРІВ КОНТАКТНИХ ПОВЕРХОНЬ І УСАДКИ СТРУЖКИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО СТАНУ ОБРОБНОГО І ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРІАЛІВ В ПРОЦЕСІ ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ

УДК 621.9

Виконується аналіз закономірностей зміни розмірів контактних поверхонь і усадки стружки та енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів в процесі оброблення різанням. Розглядаються результати досліджень зміни розмірів контактних поверхонь і усадки стружки в процесі оброблення різанням. 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, розміри контактних поверхонь, усадка стружки, акустичні властивості матеріалів, причинно-наслідковий зв'язок, знос.

Вступ

При формуванні раціональних технічних параметрів процесу оброблення різанням важливе значення набувають закономірності зміни характеристик процесу різання. Розглядаючи площину зсуву в зоні різання, як головне джерело акумулювання коливань і хвиль зі сторони обробного матеріалу у напрямку мікроструктури інструментального матеріалу, визначаючими параметрами є кут нахилу площини зсуву, який розраховують за величиною коефіцієнта усадки стружки [1 - 4]. Фронт атаки, що утворений акустичними коливними і хвильовими процесами та направлений на мікроструктуру інструментального матеріалу, проходить у межах робочих поверхонь контакту інструмента і матеріалу заготовки. Взаємодія обробного матеріалу з інструментом при його силовому навантаженні і теплообміні в процесі різання проходить через контактні поверхні. Тому довжина і ширина контакту стружки з передньою поверхнею ріжучого інструмента, а також заготовки з його задньою поверхнею є важливими характеристиками процесу різання. За зміною будь якого параметра процесу різання, розміри площі контакту несуть у собі відповідну інформацію.

Дослідженню розмірів контактних поверхонь присвячено праці багатьох авторів [5 - 7], в яких запропоновано ряд теоретичних формул, розроблено експериментальні методи для оцінки їх зв'язку з процесом різання. Встановлено, що визначення розмірів контактних поверхонь з невеликою похибкою можливе експериментальним шляхом.

При різанні, показником ступеня пластичного деформування обробного матеріалу є усадка стружки. Вона несе у собі відбиття теплової і силової дії на шар, що зрізається в процесі різання. Експериментальний метод визначення усадки стружки передбачає вимір ступеню зміни розмірів стружки у порівнянні з шаром, що зрізається (зменшення її довжини та збільшення товщини і ширини).

Мета і постановка задачі

З метою застосування диференційного рівняння причинно-наслідкового зв'язку [1 - 4] виконується аналіз закономірностей зміни розмірів контактних поверхонь і усадки стружки та енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів в процесі оброблення різанням. За результатами проведеного аналізу фізичних характеристик процесу різання, які визначають працездатність інструментів, встановлено, що, як правило, дослідження у даному напрямку спрямовано на визначення закономірностей зміни розмірів контактних поверхонь обробного і інструментального матеріалів, ступеня пластичного деформування стружки.

Для виконання порівняльного аналізу закономірностей зміни характеристик процесу різання та енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів в процесі оброблення різанням, проведено спеціальні дослідження з використанням ріжучих пластин, що серійно випускаються із швидко ріжучої сталі Р6М5, твердих сплавів Т15К6 і ВК60М, мінералокераміки ВСК60, надтвердих матеріалів ніборит (на основі нітриду бора) і алмет [8] (на основі алмазу синтетичного полікристалового) із заточуванням та доведенням геометричних параметрів ріжучої пластини інструментів до рівних значень.

Виклад матеріалів досліджень

Експерименти проведено на токарному верстаті ТПК 125В із системою програмного управління CNC. В якості обробного матеріалу прийнято алюмінієвий сплав АЛ2, що надало можливість проводити дослідження за рівними умовами із застосуванням представників усіх груп інструментальних матеріалів. Кріплення ріжучих пластин виконували механічним способом у спеціальному держаку. Знос на задній поверхні інструмента між двома заточками не перевищував (0,05, ..., 0,10) мм. Геометричні параметри ріжучої частини інструмента на протязі усього етапу досліджень були рівними: передній кут $\gamma = 0$; задні кути головний і допоміжний відповідно рівні $\alpha = \alpha_1 = 11^\circ$; кут нахилу ріжучої кромки $\lambda = 0$; кути в плані – головний $\varphi = 30^\circ$ і допоміжний $\varphi_1 = 20^\circ$; радіус при вершині інструмента $r = 0,2$ мм, а також режими точіння прийнято постійними:

1) при різанні із зміною швидкості різання V – швидкість подачі $S = 0,05$ мм /об; глибина різання $t = 1,0$ мм;

2) при різанні із зміною швидкості подачі – $V = 4,8$ м /с; $t = 1,0$ мм.

Для дослідження розмірів контактних поверхонь нами застосовано методи нанесення термостійкої фарби і нанесення міді на робочі поверхні інструмента. Перед кожною серією експериментальних досліджень робочі поверхні ріжучих пластин оздоблювали на заточувальному верстаті із застосуванням алмазних інструментів, а потім покривали міддю і термостійкою фарбою. Після закінчення процесу різання, проводили аналіз контактних поверхонь різця, з використанням інструментального мікроскопа моделі БИМ-1, а потім вимірювали довжину контакту за слідами, що залишив обробний матеріал. Розміри контактних поверхонь на допоміжній задній поверхні при точінні начисто не вимірювали за фактом незначної зміни їх значень (0,05, ..., 0,10) мм. Похибка вимірювань розмірів контактних поверхонь інструмента не перевищувала 4%.

Вимірювання розмірів контактних поверхонь проводили після роботи інструмента в умовах встановленого процесу різання. Загальний час від початку процесу різання і до його закінчення складав 60 с.

За даними досліджень розмірів контактних поверхонь встановлено, що найбільш інформативним параметром є повна довжина контакту l передньої поверхні інструмента і стружки. З метою подальшого вивчення природи впливу складу і конструкційних параметрів ріжучих пластин на працездатність інструмента, розглянемо результати досліджень довжини контакту l при обробці алюмінієвого сплаву АЛ2. Результати досліджень залежності довжини l від швидкості різання V і подачі S представлено на рис. 1 і 2. Підвищення швидкості різання у досліджуваному інтервалі значень $V = (3, \dots, 6)$ м /с призводить до зменшення довжини l : при різанні інструментами із швидко ріжучої сталі Р6М5 – від 1,04 мм до 0,51 мм; твердих сплавів Т15К6 – від 0,82 мм до 0,60 мм і ВК60М – від 0,79 мм до 0,57 мм; мінералокераміки ВОК60 – від 0,67 мм до 0,55 мм (рис. 1, а). Найменшу інтенсивність зміни l показали інструменти, які оснащені пластинами з ВОК60, а найбільшу – Р6М5. Збільшення подачі $S = (0,05, \dots, 0,40)$ мм /об призводить до підвищення довжини контакту l при обробці інструментами із сталі Р6М5 – (0,59, ..., 0,81) мм; Т15К6 – (0,64, ..., 0,93) мм; ВК60М – (0,63, ..., 0,95) мм; ВОК60 – (0,64, ..., 0,84) мм (рис. 1, б). Збільшення довжини контакту l при обробці сплаву АЛ2 інструментами, які оснащені серійними інструментальними матеріалами, вказує на більш сильну адгезійну взаємодію обробного матеріалу з швидко ріжучою сталлю Р6М5, сплавами Т15К6, ВК60М і меншу з керамікою ВОК60. При збільшенні швидкості різання до 4,5 м /с, довжина l у пластин Р6М5, Т15К6, ВК60М і ВОК60 досягає практично рівних значень і при подальшому збільшенні швидкості залишається незмінною (рис. 1, а). На нашу думку це пояснюється перехідним явищем адгезійної взаємодії обробного і інструментального матеріалів у дигезійну, що викликано зростанням температури деформації матеріалу заготовки. Зменшення товщини шару, що зрізається до 0,03 мм (зменшення подачі до 0,06 мм /об) при постійній швидкості різання ($V = 5$ м /с) призводить до вирівнювання значень довжини контакту $l = (0,60, \dots, 0,65)$ мм (рис. 1, б), а процес обробки супроводжується зминанням стружки, погіршенням параметрів шорсткості обробленої поверхні.

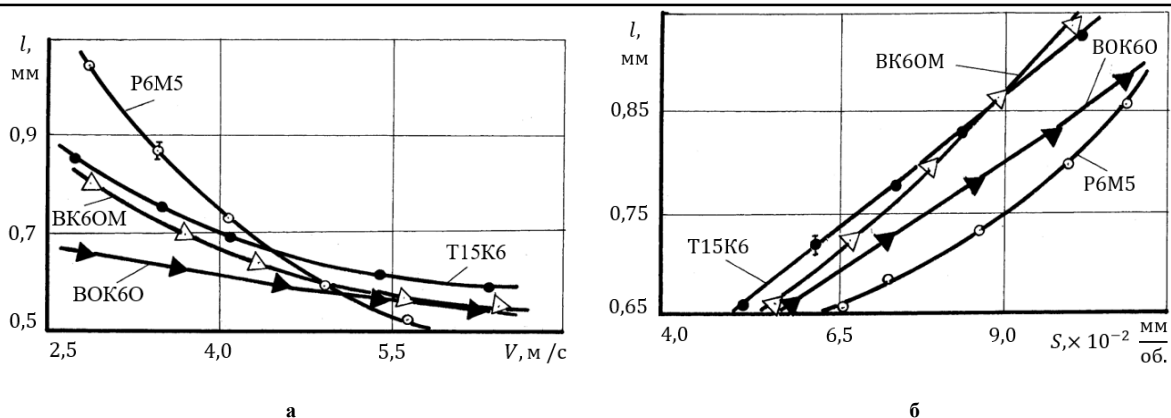


Рис. 1 – Вплив швидкості різання (а) і подачі (б) на довжину контакту l при точінні сплаву АЛ2 різцями, які оснащені серійними пластинами

Порівняльний аналіз характеристик енергетичного стану обробних і інструментальних матеріалів виконано з використанням ріжучих пластин з надтвердих матеріалів ніборит і алмет, що випускаються у серійному виробництві. Умови проведених досліджень залишались незмінними – ті, що було прийнято у попередніх експериментах. Результати досліджень представлено на рис. 2, а – за зміною швидкості різання і на рис. 2, б – за зміною подачі. При порівнянні графіків, які показано на рис. 1 і 2, можна зробити узагальнюючий висновок про суттєве зменшення довжини контакту l за рахунок використання матеріалів ніборит і алмет. Характер зміни l при збільшенні швидкості різання і подачі аналогічний на усіх представлених графіках. Отримані результати досліджень довжини l є вихідними даними при використанні розрахункової методології виконання оцінки працездатності композиційних інструментів за аналізом акустичних характеристик енергетичного стану матеріалів.

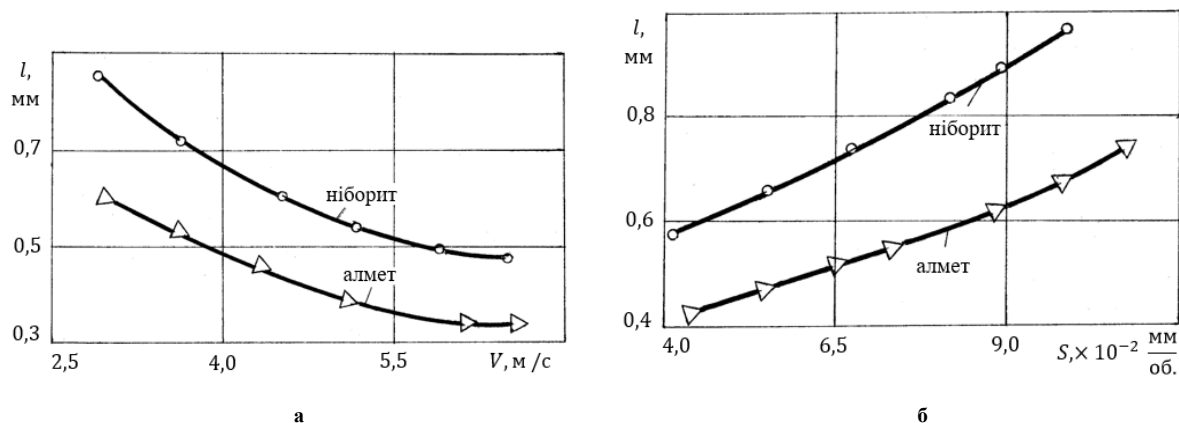


Рис. 2 – Вплив швидкості різання (а) і подачі (б) на довжину контакту l при точінні сплаву АЛ2 різцями, які оснащені пластинами з надтвердих матеріалів

Для дослідження усадка стружки нами застосовано метод [9] вимірювання довжини стружки і її зважування для визначення коефіцієнта вкорочення стружки:

$$K_l = \frac{L}{L_c}, \quad (1)$$

де L і L_c – відповідно, розрахункова та виміряна довжина стружки.

З урахуванням ширини b_1 і товщина a_1 шару, що зрізається, ваги G стружки і густини ρ обробного матеріалу, кінцева розрахункова експериментальна формула для визначення усадки стружки має вигляд:

$$K_l = \frac{G \cdot 10^3}{L_C \cdot \rho \cdot a_1 \cdot b_1}, \quad (2)$$

де G в мг;

L_C, a_1, b_1 – см;

ρ – г/см³.

Вагу стружки визначали на аналітичних терезах типу ВЛА-200. Довжину стружки вимірювали стандартним вимірювальним інструментом.

У розрахунках параметрів перерізу шару, що зрізається, a_1 і b_1 використано наступні залежності [10]:

$$a_1 = m \cdot S, \quad (3)$$

$$b_1 = \frac{t}{m}, \quad (4)$$

де S – швидкість подачі при різанні (мм /об);

t – глибина різання (мм).

Параметр m , в залежності від кутів у плані φ і φ_1 , радіуса при вершині інструмента r і швидкості подачі S , розраховано за наступною формулою:

$$m = t / \sqrt{\left[t - \frac{S - r \cdot \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} \right)}{\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \varphi_1} \right]^2 + \left[t \cdot \operatorname{ctg} \varphi + r \cdot \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} \right) + \frac{S - r \cdot \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2} \right)}{\operatorname{ctg} \varphi + 1} \right]^2}. \quad (5)$$

Стружку для проведення досліджень її усадки збирали кожен раз в інтервалі часу роботи інструмента рівному (55, ..., 60) с від початку процесу різання. Похибка при дослідженні усадки стружки не перевищувала 5 %.

З метою більш повного вивчення ступеню пластичного деформування обробного матеріалу і частини, що вносять в його зміну хімічний склад та конструкційні параметри ріжучих пластин, проведено порівняльні дослідження усадки стружки при обробці алюмінієвого сплаву АЛ2 інструментами, що оснащені пластинами із серійних інструментальних матеріалів: швидко ріжучої сталі Р6М5; твердих сплавів Т15К6 і ВК60М, мінералокераміки ВОК60, а також надтвердих матеріалів марок нітібор і алмет. Геометричні параметри ріжучої частини інструментів були рівними, а режими різання змінними у тих межах, що і при досліджуванні розмірів контактних поверхонь у попередніх експериментах. За результатами експериментальних досліджень впливу режимів обробки на коефіцієнт усадки стружки K_l встановлено, що ступінь деформування шару, що зрізається, при різанні інструментами з надтвердих матеріалів (рис. 3) на 45, ..., 60 % нижче, ніж при різанні серійними інструментами з пластинами із сталі Р6М5, сплавів Т15К6 і ВК60М, кераміки ВОК60 (рис. 4). При збільшенні швидкості різання (рис. 4, а) і подачі (рис. 4, б) у приведених графіках усадка зменшується. Розглянемо більш детально зміну усадки стружки за результатами, що представлено на рис. 4. Збільшення швидкості різання $V = (3, \dots, 6)$ м/с призводить до зменшення усадки (рис. 4, а): в інструментів з пластинами Р6М5 – від 20 до 9,2; Т15К6 – (15,4, ..., 10,8); ВК60М – (14,9, ..., 10,6) і ВОК60 – (12,8, ..., 10,7). Інтенсивність зміни K_l у пластин Р6М5 найбільша, у ВОК60 – найменша. При збільшенні подачі $S = (0,05, \dots, 0,11)$ мм /об. усадка K_l зменшується (рис. 4, б): у пластин Т15К6 – (13,0, ..., 8,7); ВК60М – (12,7, ..., 8,8); ВОК60 – (12,1, ..., 7,7) і Р6М5 – (11,2, ..., 7,6). Більші значення усадки стружки у серійних інструментальних матеріалів є наслідком активної хімічної взаємодії з обробним матеріалом, що супроводжується інтенсивним утворенням наросту на передній поверхні інструмента.

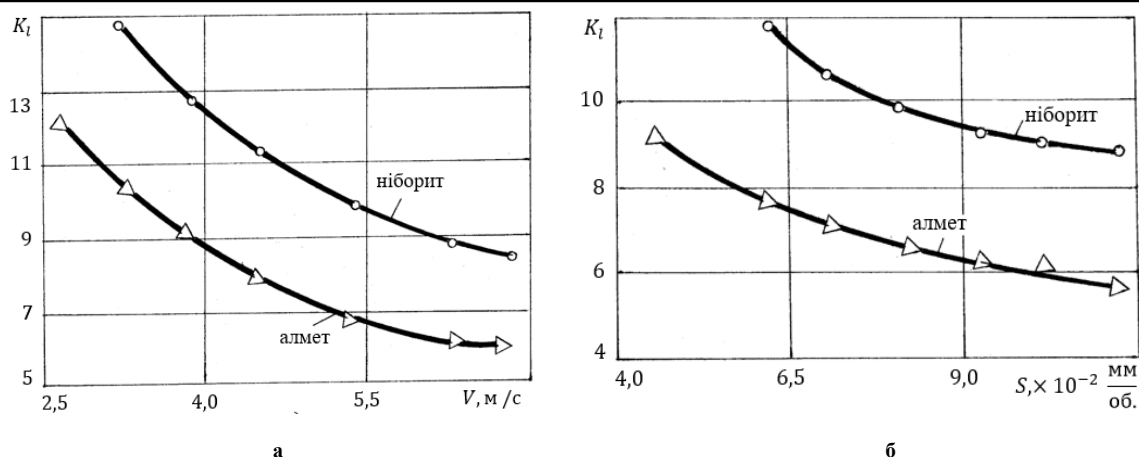


Рис. 3 – Вплив швидкості різання (а) і подачі (б) на усадку стружки при точінні сплаву АЛ12 різцями, які оснащені пластинами з надтвердих матеріалів

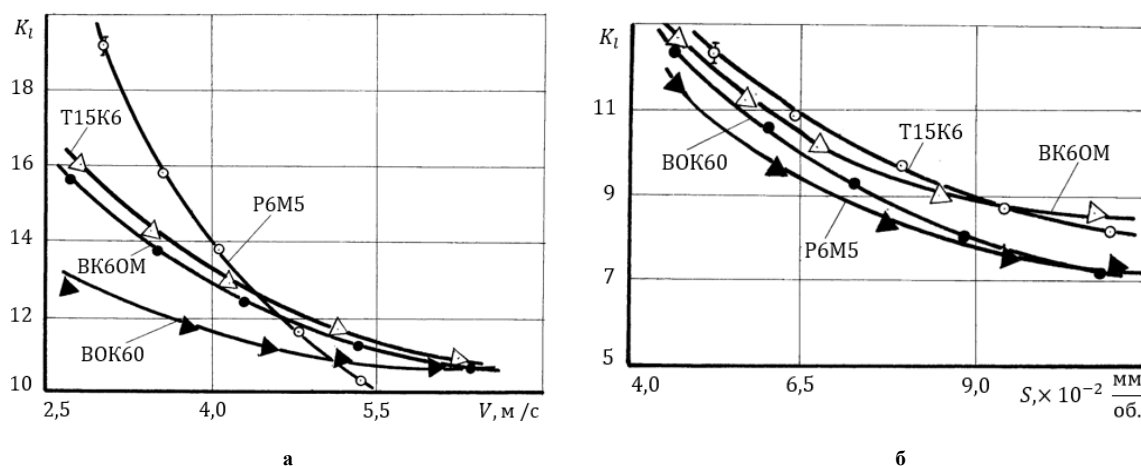


Рис. 4 – Вплив швидкості різання (а) і подачі (б) на усадку стружки при точінні сплаву АЛ12 різцями, які оснащені серійними пластинами

Аналіз результатів досліджень впливу хімічного складу і конструкційних параметрів ріжучих пластин на усадку стружки показав, що основні закономірності взаємозв'язку в явному вигляді проявляються при швидкостях різання, які менші значень (4, ..., 5) м/с і не допускають інтенсивного утворення наросту на передній поверхні інструмента. Розглянуті результати досліджень являються вихідними даними в аналізі характеристик енергетичного стану обробних і інструментальних матеріалів у розроблюваній методології із застосуванням диференційного рівняння причинно-наслідкового зв'язку.

Висновки

Виконано аналіз закономірностей зміни розмірів контактних поверхонь і усадки стружки та енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів в процесі оброблення різанням.

За даними досліджень розмірів контактних поверхонь встановлено, що найбільш інформативним параметром є повна довжина контакту передньої поверхні інструмента і стружки. При порівнянні отриманих графіків зроблено узагальнюючий висновок про суттєве зменшення довжини контакту l за рахунок використання надтвердих матеріалів ніборит і алмет.

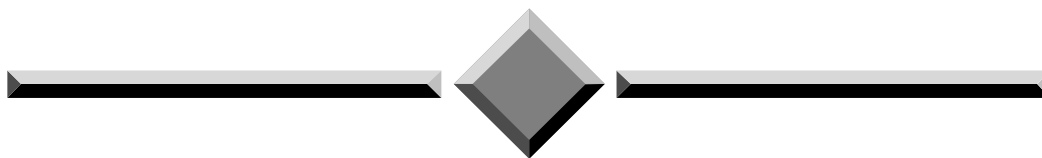
Більші значення усадки стружки у серійних інструментальних матеріалів є наслідком активної хімічної взаємодії з обробним матеріалом, що супроводжується інтенсивним утворюванням наросту на передній поверхні інструмента. Аналіз результатів досліджень впливу хімічного складу і конструкційних параметрів ріжучих пластин на усадку стружки показав, що основні закономірності взаємозв'язку в явному вигляді проявляються при швидкостях різання, які менші значень (4, ..., 5) м/с і не допускають інтенсивне утворення наросту на передній поверхні інструмента.

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 А.В., Буряк В.Г. Технічна оцінка методики виконання аналізу акустичних характеристик енергетичного стану інструментального матеріалу // Проблеми трибології. – 2015. – № 3. – С. 71 - 77.
4. Буряк А.В., Буряк В.Г. Наукові основи до оцінки працездатності ріжучих інструментів за аналізом акустичних характеристик стану обробного і інструментального матеріалів // Проблеми трибології. – 2014. – № 4. – С. 23-30.
5. Полетика М.Ф., Бугенко В.А., Козлов В.Н. Механика контактного взаимодействия инструмента со стружкой и заготовкой в связи с его прочностью // Исследование процесса резания и режущих инструментов. – Томск: ТПИ. – 1984. – С. 3-31.
6. Развитие науки о резании металлов. Коллектив авторов. – М.: Машиностроение, 1967. – 416 с.
7. Физические основы процесса резания металлов / Под ред. Остафьева В.А. – К.: Вища школа, 1976. – 136 с.
8. Верещагин Л.Ф., Семерчан А.А., Ганкевич Т.Т. и др. Алмет – алмазный компактный материал // Синтетические алмазы. – 1979. – Вып.1. – С. 3-5.
9. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
10. Силин С.С., Козлов В.А. К вопросу теоретического расчета сил резания // Производительная обработка и технологическая надежность деталей машин. – 1977. – Вып.6. – С. 25-36.

Поступила в редакцію 07.05.2017



Проблеми трибології
“Problems of Tribology”
E-mail: tribosensor@gmail.com

Buryak V.G., Buryak A.V. The patterns of change in size of the contact surfaces and shrinkage of shavings and the energy States processed and tool materials during machining.

Analyze patterns of change in the size of the contact surfaces and shrinkage of shavings and the energy States of processed and tool materials during machining. The authors study changes in the size of the contact surfaces and shrinkage of the chips in the process of machining. The obtained results are the initial data when using the assessment methodology performance cutting tools for the analysis of acoustic characteristics of the energy state of processed and tool materials with the use of differential equation causality.

Key words: machining, dimensions of the contact surfaces, the chip shrinkage, acoustic material properties, causation, wear.

References

1. Buryak V.G., Buryak A.V. Pokazny`ky` energety`chnogo stanu materialiv, shho vy`znachayut` pracezdatnist` instrumentiv. Problemy` try`bologiyi. 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 A.V., Buryak V.G. Texnichna ocinka metody`ky` vy`konannya analizu akusty`chny`x xaraktery`sty`k energety`chnogo stanu instrumental`nogo materialu. Problemy` try`bologiyi. 2015. №3. S. 71 – 77.
4. Buryak A.V., Buryak V.G. Naukovi osnovy` do ocinky` pracezdatnosti rizhuchy`x instrumentiv za analizom akusty`chny`x xaraktery`sty`k stanu obrobного i instrumental`nogo materialiv. Problemy` try`bologiyi. 2014. №4. S. 23–30.
5. Poletika M.F., Butenko V.A., Kozlov V.N. Mehanika kontaktnogo vzaimodeystviya instrumenta so struzhkoy i zagotovkoy v svyazi s ego prochnostyu. Issledovanie protsessa rezaniya i rezhuschih instrumentov. Tomsk: TPI. 1984. S. 3-31.
6. Razvitie nauki o rezanii metallov. Kollektiv avtorov. M.: Mashinostroenie, 1967. 416 s.
7. Fizicheskie osnovyi protsessa rezaniya metallov. Pod red. Ostafeva V.A. K. Vischa shkola, 1976. 136 s.
8. Vereschagin L.F., Semerchan A.A., Gankevich T.T. i dr. Almet – almaznyiy kompaktniy material. Sinteticheskie almazy. 1979. Vyip.1. S. 3-5.
9. Bobrov V.F. Osnovyi teorii rezaniya metallov. M.: Mashinostroenie, 1975. 344 s.
10. Silin S.S., Kozlov V.A. K voprosu teoreticheskogo rascheta sil rezaniya. Proizvoditelnaya obrabotka i tehnologicheskaya nadezhnost detaley mashin. 1977. Vyip.6. S. 25-36.