

Буряк В.Г.,***Буряк А.В.****

* Хмельницький обласний інститут

післядипломної педагогічної освіти,

**Хмельницький національний університет

м. Хмельницький, Україна

E-mail: viktorburiak1955@gmail.com

**ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ СКЛАДОВИХ
СИЛИ РІЗАННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО
СТАНУ ОБРОБНОГО І
ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРІАЛІ В
ПРОЦЕСІ ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ**

УДК 621.9

Виконується аналіз закономірностей зміни складових сили різання та енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів в процесі оброблення різанням. Розглядаються результати досліджень зміни складових сили різання 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, складові сили різання, 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 - 5]. Параметри у сукупності розглядаються як такі, що єдині пов'язані і зумовлені причиною (визначені моделюванням) і наслідком (визначені в процесі різання). Отриманий зв'язок причин і наслідків у формі диференційного рівняння причинно - наслідкового зв'язку дозволяє систематизувати дослідження працездатності інструментів на основі аналізу характеристик енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів у процесі оброблення різанням. Акустичні коливні і хвильові процеси, що діють на мікроструктуру інструментального матеріалу, в зоні різання змінюють значення власних параметрів за величиною і напрямком у залежності від характеристик процесу різання: розмірів контактних поверхонь; усадки стружки, яка впливає на величину кута нахилу умовної площини зсуву обробного матеріалу; величин і перерозподілу напрямків дії складових сили різання.

Мета і постановка задачі

З метою застосування диференційного рівняння причинно-наслідкового зв'язку [1 - 5] виконується аналіз закономірностей зміни сили різання та енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів в процесі механообробки. 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, величин і перерозподілу напрямків дії складових сили різання.

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 ВОК60, надтвердих матеріалів ніборит (на основі нітриду бора) і алмет [6] (на основі алмазу синтетичного полікришталевий) із заточуванням та доведенням геометричних параметрів ріжучої пластини інструментів до рівних значень [5].

Сила різання P представляє собою геометричну суму нормальних сил і сил тертя, які діють на контактних поверхнях інструмента [7]. Таким чином, зі сторони шару, що зрізається, на передню поверхню інструмента діє нормальна N і сила тертя F , а зі сторони поверхні різання на задній поверхні інструмента діють сили нормальна N_1 і тертя F_1 . Загальна формула сили різання у векторній формі має наступний вигляд:

$$\overline{P} = \overline{N} + \overline{N}_1 + \overline{F} + \overline{F}_1 \quad (1)$$

Експериментальне визначення при точині, як показує досвід досліджень, виконують за трьома її складовими: дотичної (тангенційної) P_z ; радіальної P_y і осьової P_x . Складові сили різання є вихідними

даними при визначенні нормальних сил N і N_1 , а також сил тертя F і F_1 , що діють на передній і задній контактних поверхнях інструмента та постають динамічними характеристиками умов зношування інструмента і якості обробленої поверхні. В експериментальних дослідженнях складових сили різання використовували універсальний динамометр марки УДМ100. Тарування динамометра проводили до початку і після проведення експериментів. Похибка вимірювань не перевищувала 8 %.

Виклад матеріалів досліджень

Експерименти проведено на токарному верстаті ТПК 125В із системою програмного управління CNC [5]. В якості обробного матеріалу прийнято алюмінієвий сплав АЛ2, що надало можливість проводити дослідження за рівними умовами із застосуванням представників різних 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 $\varphi_1 = 30^\circ$; 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. Різання проводили на протязі 60 с, а зміну складових сили різання записували на світлочутливий папір. Після досягнення зносу інструмента на задній поверхні до величини $h_3 = (0,05, \dots, 0,10)$ мм ріжучі пластини переточували.

Результати досліджень показані на рис. 1 - 4.

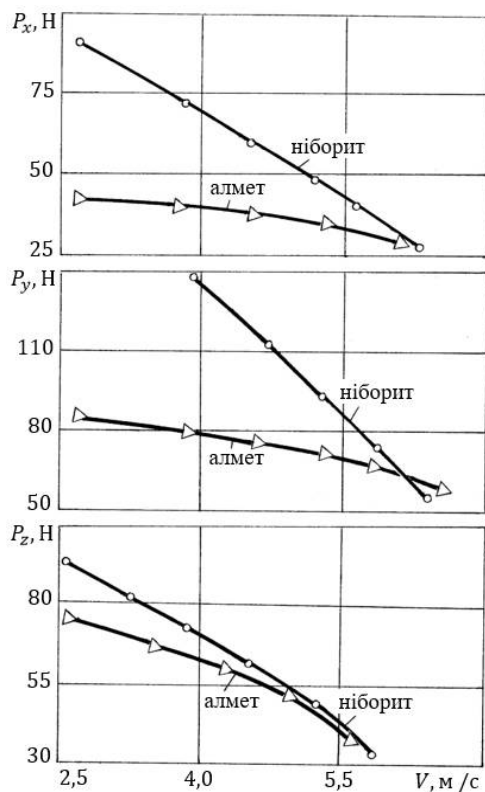


Рис. 1 – Вплив швидкості на складові сили різання при точінні сплаву АЛ2 різцями, які оснащені надтвердими матеріалами

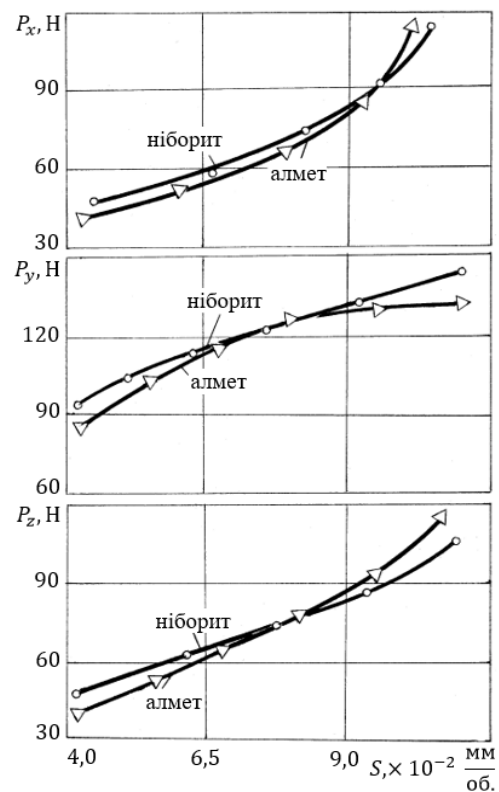


Рис. 2 – Вплив подачі на складові сили різання при точінні сплаву АЛ2 різцями, які оснащені надтвердими матеріалами

Порівняльний аналіз фізичних явищ, які встановлено при дослідженні ріжучих властивостей інструментів із надтвердих матеріалів (рис. 1 і рис. 2), проведено на основі порівняння процесу обробки за використанням серійних інструментальних матеріалів Р6М5, Т15К6, ВК60М, ВОК60 (рис. 3 і рис. 4).

У прийнятному діапазоні зміни швидкостей різання складові сили різання зменшуються за збільшенням V при досліджуванні всіх марок інструментальних матеріалів (рис. 1 і рис. 3). Збільшення подачі призводить до збільшення сил (рис. 2 і рис. 4). Результати експериментів при побудові графіків складових сили різання P_x , P_y і P_z від режимів обробки показали, що найменші сили діють за використанням інструментів з пластинами ВОК60, найбільші в інструментів із сталі Р6М5. Ця закономірність існує тільки при певних значеннях режимів різання. Так, при збільшенні швидкості різання $V = (2,5, \dots, 4,5)$ м /с; (рис. 3) найменші сили в інструментів з пластинами ВОК60: $P_x - (78, \dots, 62)$ Н; $P_y - (125, \dots, 115)$ Н; $P_z - (77, \dots, 58)$ Н. Подальше збільшення швидкості до 6 м /с призводить до того, що криві залежностей сили, при застосуванні твердих сплавів Т15К6 і ВК60М, стають меншими, ніж у ВОК60 і Р6М5. Ще більш наглядно проявляються закономірності при точінні начисто серійними інструментами за зміною подачі $S = (0,04, \dots, 0,11)$ мм /об. (рис. 4). Тут виділено наступні характерні ділянки на графіках залежностей сил різання від подачі. Для твердих сплавів Т15К6 і ВК60М, мінералокераміки ВОК60 робота на низьких подачах і за збільшенням подачі до 0,05 мм /об. викликає практично однакові значення інтенсивності зростання величини сил різання: $P_x - (0,49, \dots, 76)$ Н; $P_y - (108, \dots, 134)$ Н; $P_z - (39, \dots, 72)$ Н. Інструменти із швидкоріжучої сталі Р6М5 відрізняються роботою з найбільшими силами: $P_x - (72, \dots, 94)$ Н; $P_y - (140, \dots, 161)$ Н; $P_z - (85, \dots, 98)$ Н – за збільшенням подачі до $S = 0,05$ мм /об. При більших S максимальні сили належать до інструментів з пластинами ВОК60. Факт вирівнювання сил підтверджує наявність дигезійної взаємодії в зоні різання, тоді вид інструментального матеріалу зумовлює менший вплив на процес оброблення різанням. Адгезійна взаємодія обробного і інструментального матеріалів, на відміну від дигезійної, викриває умови їх тертя і хімічну активність за високих температур різання. Загальний рівень сил різання інструментами, що оснащені серійними ріжучими пластинами, вище ніж у разі застосування надтвердих інструментальних матеріалів. Застосування останніх матеріалів сприяє поліпшенню якості обробленої поверхні при точінні начисто.

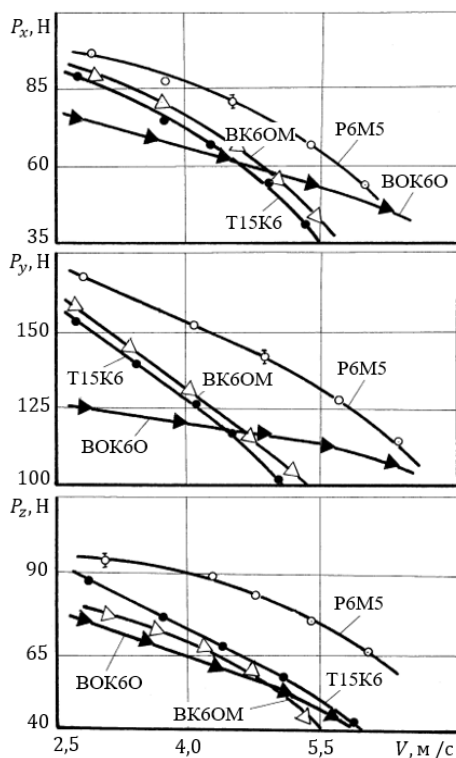


Рис. 3 – Вплив швидкості на складові сили різання при точінні сплаву АЛ2 різцями, які оснащали серійними пластинами

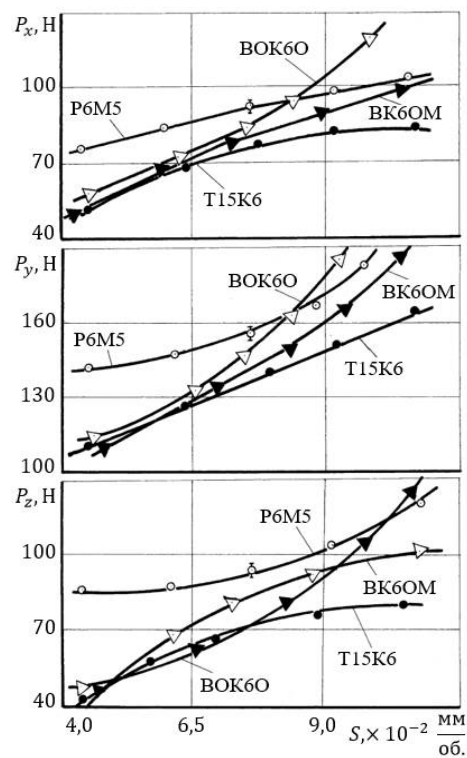


Рис. 4 – Вплив подачі на складові сили різання при точінні сплаву АЛ2 різцями, які оснащені серійними пластинами

Таким чином, працездатність надтвердих інструментів відрізняється за якістю обробленої поверхні, зносостійкістю, збільшенням продуктивності оброблення різанням у порівнянні з інструментами, що оснащені серійними пластинами із інструментальних сталей, твердих сплавів та кераміки. При обробці начисто деталей приладів ці показники відрізняються на порядок і більше. Так, у порівнянні параметра шорсткості Ra (при обробці у рівних умовах) отримано наступні відмінності: 0,55 мкм для алмазної обробки і (2,8, ..., 4,2) мкм – при точінні серійними інструментами. Зносостійкість в інструментів з надтвердими матеріалами у 14, ..., 20 разів і продуктивність у 2, ..., 4 рази вища, ніж при чистовому точінні із застосуванням серійних інструментальних матеріалів. Вибір значень досліджуваних параметрів проводиться з урахуванням характеру кривих залежностей, що забезпечує підвищення надійності в процесі оброблення різанням. Найбільш інформативна область режимів різання для чистового точіння з метою дослідження природи впливу хімічного складу та конструкційних параметрів композиційних пластин на працездатність інструментів складає: $V = (4, \dots 5) \text{ м/с}$; $S = (0,05, \dots, 0,07) \text{ мм/об}$.

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 - 5].

Висновки

Виконано аналіз закономірностей зміни складових сили різання та енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів в процесі оброблення різанням.

Загальний рівень сил різання інструментами, що оснащені серійними ріжучими пластинами, вище ніж у разі застосування надтвердих інструментальних матеріалів. Застосування останніх матеріалів сприяє поліпшенню якості обробленої поверхні при точінні начисто. Найбільш інформативна область режимів різання для чистового точіння з метою дослідження природи впливу хімічного складу та конструкційних параметрів композиційних пластин на працездатність інструментів складає: $V = (4, \dots 5) \text{ м/с}$; $S = (0,05, \dots, 0,07) \text{ мм/об}$.

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. Буряк В.Г., Буряк А.В. Закономірності зміни складових сили різання та енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів в процесі оброблення різанням // Проблеми трибології. – 2017. – № 2. – С. 79-85.
6. Верещагин Л.Ф., Семерчан А.А., Ганкевич Т.Т. и др. Алмет – алмазний компактний матеріал // Синтетические алмазы. – 1979. – Вып. 1. – С. 3-5.
7. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.

Поступила в редакцію 15.06.2017

Buryak V.G., Buryak A.V. Regularities of changes in the components of cutting force and the energy states of the treated and tool material during the machining process.

Analyze patterns of change in components of cutting force and the energy States of the treated and tool material during the machining process. The authors study the changes of the cutting force component 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 equations the causal connection.

Key words: machining, components of the cutting forces, 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. Buryak V.G., Buryak A.V. Zakonomirnosti zmini skladovih sili rizannya ta energetichnogo stanu obrobного i instrumental`nogo materialu v procesi obrobлення rizannyam. Problemi tribologii. 2017. № 2. S. 79–85.
6. Vereschagin L.F., Semerchan A.A., Gankevich T.T. i dr. Almet – almaznyiy kompaktniy material. Sinteticheskie almazyi. 1979. Vyip.1. S. 3-5.
7. Bobrov V.F. Osnovy teorii rezaniya metallov. M.: Mashinostroenie, 1975. 344 s.