

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

* Хмельницький обласний інститут
 післядипломної педагогічної освіти,
 ** Хмельницький національний університет,
 м. Хмельницький, Україна
 E-mail: viktorburyak1955@gmail.com

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ДОВЖИНИ КОНТАКТУ ІНСТРУМЕНТА І СТРУЖКИ, УСАДКИ СТРУЖКИ, ТАНГЕНЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ СИЛИ РІЗАННЯ ВІД АКУСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В ПРОЦЕСІ ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ

УДК 621.9

Виконується аналіз закономірностей зміни довжини контакту інструмента і стружки, усадки стружки, тангенційної складової сили різання від акустичних характеристик інструментальних матеріалів в процесі оброблення різанням. Закономірності розглядаються за результатами досліджень зв'язку зміни репрезентованих параметрів від швидкості і акустичного імпедансу (комплексного акустичного опору середовища), розрахованих для повздовжньої хвилі, яка розповсюджується в інструментальному матеріалі. 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, довжина контакту інструмента і стружки, усадка стружки, складові сили різання, акустичні властивості матеріалів, причинно-наслідковий зв'язок, знос.

Вступ

Важливими складовими для оцінки процесу оброблення різанням із застосуванням теорії причинно-наслідкового зв'язку є значення довжини контакту інструмента і стружки, усадки стружки, складових сили різання [1 - 7]. Причинними є завдання щодо виконання процесу оброблення різанням за-для отримання поверхонь деталей заданої якості з відповідною продуктивністю та собівартістю. Наслідковими є утворені коливні і хвильові процеси, що діють на мікроструктуру інструментального матеріалу в зоні різання та змінюють значення власних параметрів за величиною і напрямком у залежності від характеристик процесу різання: довжини контакту інструмента і стружки, усадки стружки, складових сили різання. 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, узагальнення параметрів виконується із застосуванням теорії причинно-наслідкового зв'язку.

Мета і постановка задачі

З метою застосування диференційного рівняння причинно-наслідкового зв'язку [1] виконується аналіз закономірностей зміни довжини контакту інструмента і стружки, усадки стружки, складових сили різання від акустичних характеристик інструментальних матеріалів в процесі оброблення різанням.

Для виконання аналізу використано ріжучі пластини, що серійно випускаються із швидко ріжучої сталі Р6М5, твердих сплавів Т15К6 і ВК60М, мінералокераміки ВСК60, надтвердих матеріалів К05 (на основі нітриду бора) і алмет [8] (на основі алмазу синтетичного полікришталевий) із заточуванням та доведенням геометричних параметрів ріжучої пластини інструментів до рівних значень при обробці алюмінієвого сплаву АЛ2 [5]. За даними досліджень розмірів контактних поверхонь встановлено, що найбільш інформативним параметром є повна довжина контакту l передньої поверхні інструмента і стружки. З метою більш повного вивчення ступеню пластичного деформування обробного матеріалу і частини, що вносять в його зміну хімічний склад та конструкційні параметри ріжучих пластин, проводяться порівняльні дослідження усадки стружки K_l . Сила різання P представляє собою геометричну суму нормальних сил і сил тертя, які діють на контактних поверхнях інструмента [6]. 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 . Експериментальне визначення сили різання при точінні, як показує досвід досліджень, виконують за трьома її складовими: дотичної (тангенційної) P_z , радіальної P_y і осьової P_x . Для встановлення репрезентованих закономірностей прийнята тангенційна складова сили різання.

Як було вже показано в публікаціях [2, 9, 10], основними параметрами, що визначають акустичні властивості обробних і інструментальних матеріалів, є швидкість розповсюдження хвилі і густина. Також, було показано, що існує наступна властивість (для твердих тіл): при збудженні коливань і розповсюдженні утворених хвиль, на границі контакту проходить трансформація хвилі з подальшим її розповсюдженням в інструментальному матеріалі у повздовжньому і поперечному напрямках із швидкостями відповідно – повздовжньою C_l' і поперечною C_t' . Точний опис коливних і хвильових процесів являє собою досить громіздку задачу, по-скільки утворені хвилі перебувають у стохастичній залежності від явищ відбиття, проникнення, розсіювання, поглинання тощо, що властиво як обробним, так і інструментальним матеріалам. В аналізі закономірностей зміни репрезентованих параметрів на даному етапі виконуються дослідження їх залежності від швидкості C_l' і акустичного імпедансу $\rho' C_t'$ (комплексного акустичного опору середовища), розрахованого для повздовжньої хвилі, яка розповсюджується в інструментальному матеріалі.

Виклад матеріалів досліджень

Експериментальні дослідження проводились на токарному верстаті ТПК 125В із системою програмного управління CNC [5, 6]. Матеріал, що обробляється, – алюмінієвий сплав АЛ2. Це дозволяє проводити усю серію досліджень за рівними умовами із застосуванням різних марок інструментальних матеріалів. Номери серії досліджень із застосуванням ріжучих пластин з відповідними марками інструментальних матеріалів наступні: №1 – ВOK60; №2 – P6M5; №3 – K05; №4 – Алмет; №5 – T15K6; №6 – BK60M. Кріплення ріжучих пластин виконували механічним способом у спеціальному держаку. Знос h_3 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. Режим точіння прийнято постійним: швидкість різання $V = 4,0$ м/с; швидкість подачі $S = 0,05$ мм/об.; глибина різання $t = 1,0$ мм. Різання проводили на протязі 60 с. Після досягнення зносу інструмента на задній поверхні до величини $h_3 = (0,05, \dots, 0,10)$ мм ріжучі пластини переточували, дотримуючи значення заданих параметрів заточки.

Зв'язок довжини контакту l передньої поверхні інструмента і стружки (за умовами проведення експериментів, що описані вище) і акустичних характеристик інструментальних матеріалів ілюструє рисунок 1. Зміна довжини контакту за зміною швидкості розповсюдження акустичної хвилі $l(C_l')$ і акустичного імпедансу $l(\rho' C_t')$ набуває неоднозначного характеру. Найменші значення довжини контакту отримані в серії досліджень №4 із застосуванням ріжучих пластин алмету. Найбільші значення – для пластин №2 із швидкою ріжучою сталлю P6M5. Цей факт підтверджує необхідність комплексного підходу для виконання 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 та узагальнення параметрів із застосуванням теорії причинно-наслідкового зв'язку.

Закономірні результати досліджень здобуті при встановленні зв'язку усадки стружки за зміною швидкості розповсюдження акустичної хвилі $K_l(C_l')$ і акустичного імпедансу $K_l(\rho' C_t')$

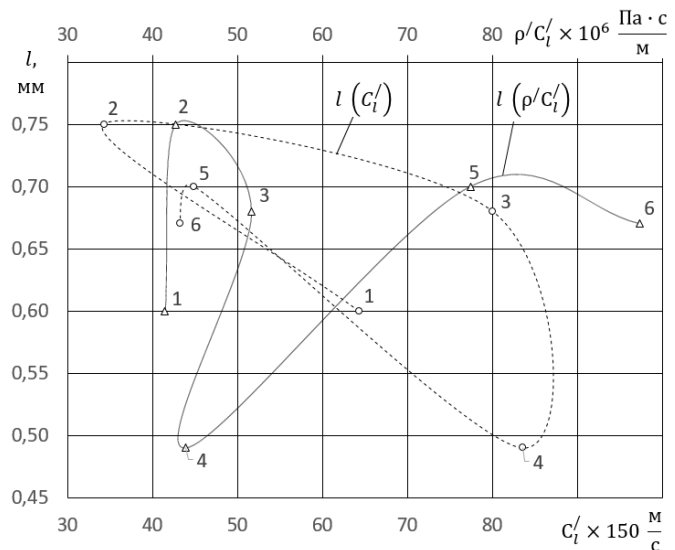


Рис. 1 – Зв'язок довжини контакту інструмента і стружки з акустичними характеристиками інструментальних матеріалів

інструментальних матеріалів (рис. 2). Встановлено найменші значення ступеню пластичного деформування обробного матеріалу при обробці із застосуванням ріжучих пластин алмету, який виготовлено на основі алмазу синтетичного полікришталевого. Найбільші значення усадки стружки визначені для пластин №2 із швидко ріжучої сталі Р6М5. Очевидно, для більш повного вивчення ступеню пластичного деформування обробного матеріалу і частини, що вносять в його зміну хімічний склад та конструкційні параметри ріжучих пластин, доцільно проводити спеціальні дослідження явищ адгезії та дигезії на робочих поверхнях інструмента. Відповідно, отримані найменші значення тангенційної складової сили різання за зміною швидкості розповсюдження акустичної хвилі $P_z(C_l')$ і акустичного імпедансу $P_z(\rho'C_l')$ інструментальних

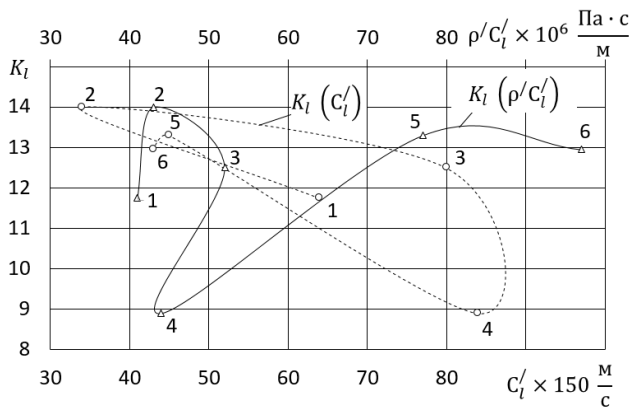


Рис. 2 – Зв'язок усадки стружки з акустичними характеристиками інструментальних матеріалів

матеріалів в серії досліджень із застосуванням ріжучих пластин №4 з алмету (рис. 3). Найбільші значення тангенційної складової сили різання визначені для пластин №2 із швидко ріжучої сталі Р6М5. Для усіх приведених вище графіків – довжини контакту інструмента і стружки (рис. 1), усадки стружки (рис. 2), тангенційної складової сили різання (рис. 3) – визначено закономірний їх зв'язок з акустичними характеристиками інструментальних матеріалів у послідовності за збільшенням числових значень із застосуванням ріжучих пластин: алмет; мінералокераміка ВОК60; надтвердий матеріал К05; твердий сплав ВК60М; твердий сплав Т15К6; швидко ріжуча сталь Р6М5. Таким чином, за номерами серій досліджень встановлена наступна зростаюча послідовність: №4 → №1 → №3 → №6 → №5 → №2

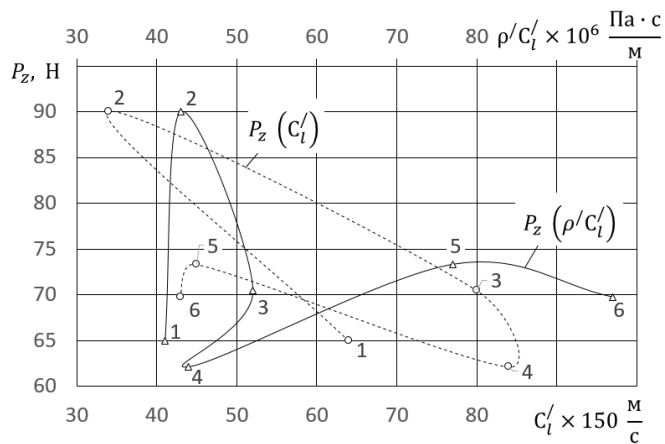


Рис. 3 – Зв'язок тангенційної складової сили різання з акустичними характеристиками інструментальних матеріалів

Графічні залежності побудовані за результатами приведених вище досліджень: довжини контакту інструмента і стружки (рис. 1); усадки стружки (рис. 2) та тангенційної складової сили різання (рис. 3) пояснюють зв'язок характеристик процесу різання і хвильового опору, визначеного для кожного досліджуваного інструментального матеріалу. Це дозволяє виконувати пошук раціональних умов оброблення різанням.

Результати приведених 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.

Висновки

Виконано аналіз закономірностей зміни довжини контакту інструмента і стружки, усадки стружки, тангенційної складової сили різання від акустичних характеристик інструментальних матеріалів в процесі оброблення різанням.

Зміна довжини контакту $l(C_l')$ і $l(\rho'C_l')$; усадки стружки $K_l(C_l')$ і $K_l(\rho'C_l')$; тангенційної складової сили різання $P_z(C_l')$ і $P_z(\rho'C_l')$ відповідно за зміною швидкості розповсюдження акустичної хвилі і акустичного імпедансу набуває неоднозначного характеру. Цей факт підтверджує необхідність комплексного підходу для виконання 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 та узагальнення параметрів із застосуванням теорії причинно-наслідкового зв'язку. Встановлено найменші значення довжини контакту, ступеню пластичного деформування обробного матеріалу, тангенційної складової сили різання при обробці із застосуванням ріжучих пластин алмету, який виготовлено на основі алмазу синтетичного полікришталевий. Визначено закономірний зв'язок довжини контакту, усадки стружки і тангенційної складової сили різання з акустичними характеристиками інструментальних матеріалів у послідовності за збільшенням числових значень із застосуванням ріжучих пластин: алмет; мінералокераміка ВСК60; надтвердий матеріал К05; твердий сплав ВК60М; твердий сплав Т15К6; швидко ріжуча сталь Р6М5.

Результати приведених 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 механообробі // 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 розмірів контактних поверхонь і усадки стружки та енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів в процесі оброблення різанням // Проблеми трибології. – 2017. – № 2. – С. 79-85.
6. 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. – № 3. – С. 25-29.
7. Буряк В.Г., Буряк А.В., Драпак Л.С., Буряк В.В. Аналіз зміни характеристик енергетичного стану обробного і інструментального матеріалів при досягненні якості. Продуктивності і надійності у механообробі // Проблеми трибології. – 2016. – № 3. – С. 64-68.
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. Буряк В.Г. Оцінка працездатності композиційних інструментів за аналізом акустичних характеристик енергетичного стану інструментального матеріалу // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1998. – №1. – С. 49-56.
10. Буряк В.Г. Теоретичний аналіз контролюючих і вимірювальних характеристик енергетичного стану обробних і інструментальних матеріалів у механообробі // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1997. – №1. – С. 36-42.

Поступила в редакцію 22.11.2017

Buryak V.G., Buryak A.V., Drapak L.S., Buryak V.V. **The patterns of change in contact length of tool and chip, shrinkage of shavings, tangential component of the cutting force from the acoustic characteristics of tool materials during machining.**

Analyze patterns of change in the contact length of tool and chip, shrink chip, tangential component of the cutting force from the acoustic characteristics of tool materials during machining. Laws discuss the results of studies of changes of these parameters with velocity and acoustic impedance (complex acoustic impedance of the medium) that is calculated for the longitudinal wave propagating in the tool material. 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: cutting machining, the contact length of tool and chip, chip shrinkage, the components of cutting forces, acoustic material properties, causal relationship, wear.

References

1. Buryak V.H., Buryak A.V. Pokaznyky enerhetychnoho stanu materialiv, shcho vyznachayut' pratsezdatsnist' instrumentiv. Problemy trybolohiyi. 2016. №2. S. 54-57.
2. Buryak A.V., Buryak V.H. Zv'yazok fizyko-mekhanichnykh, teplofizychnykh i akustychnykh vlastyvostry obrobnykh i instrumental'nykh materialiv u mekhanooobrobni. Problemy trybolohiyi. 2016. №2. S. 28-33.
3. Buryak A.V., Buryak V.H. Tekhnichna otsinka metodyky vykonannya analizu akustychnykh kharakterystyk enerhetychnoho stanu instrumental'noho materialu. Problemy trybolohiyi. 2015. №3. S. 71-77.
4. Buryak A.V., Buryak V.H. Naukovi osnovy do otsinky pratsezdatsnosti rizhuchykh instrumentiv za analizom akustychnykh kharakterystyk stanu obrobnoho i instrumental'noho materialiv. Problemy trybolohiyi. 2014. №4. S. 23-30.
5. Buryak V.H., Buryak A.V. Zakonomirnosti zminy rozmiriv kontaktnykh poverkhon' i usadky struzhky ta enerhetychnoho stanu obrobnoho i instrumental'noho materialiv v protsesi obroblyennya rizannyam. Problemy trybolohiyi. 2017. №2. S. 79-85.
6. Buryak V.H., Buryak A.V. Zakonomirnosti zminy skladovykh syly rizannya ta enerhetychnoho stanu obrobnoho i instrumental'noho materialiv v protsesi obroblyennya rizannyam. Problemy trybolohiyi. 2017.– №3. S. 25-29.
7. Buryak V.H., Buryak A.V., Drapak L.S., Buryak V.V. Analiz zminy kharakterystyk enerhetychnoho stanu obrobnoho i instrumental'noho materialiv pry dosyahnenni yakosti. Produktyvnosti i nadiynosti u mekhanooobrobtsi. Problemy trybolohiyi. 2016. №3. S. 64-68.
8. Vereshchahyn L.F., Semerchan A.A., Hankevych T.T. y dr. Almet – almaznyy kompaktnyy material. Syntetycheskye almazy. 1979. V.1. S. 3-5.
9. Buryak V.H. Otsinka pratsezdatsnosti kompozytsiynykh instrumentiv za analizom akustychnykh kharakterystyk enerhetychnoho stanu instrumental'noho materialu. Vymiryuval'na ta obchyslyuval'na tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh. 1998. №1. S. 49-56.
10. Buryak V.H. Teoretychnyy analiz kontrolyuyuchykh i vymiryuval'nykh kharakterystyk enerhetychnoho stanu obrobnykh i instrumental'nykh materialiv u mekhanooobrobtsi. Vymiryuval'na ta obchyslyuval'na tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh. 1997. №1. S. 36-42.