

УДК 620.179.14.(088.8)

В. І. Скицюк¹, канд.техн.наук, І. М. Діордіца¹, М. А. Вайнтрауб², канд. техн. наук.

¹Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”

²Інститут професійно–технічної освіти НАПН України, м. Київ

ПАНДАННА ЗОНА РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА ТА ДЕТАЛІ

У панданній зоні різального інструменту і деталі спостерігається руйнування надлишкової маси заготовки і торкання деталі вимірювальними інструментами. Обґрунтовано явище виникнення панданної зони різальних інструментів в металообробці.

Ключові слова: верстат, інструмент, панданная зона.

Вступ

Панданна зона (ПЗ) різального інструмента і деталі важливий параметр металооброблення. Саме в цій зоні руйнується надлишкова маса заготовки і вимірювальні інструменти торкаються поверхні деталі. Отже, від форми панданної зони залежить точність отриманого виробу.

Різальний інструмент, як засіб отримання деталей необхідної форми, виконує специфічні рухи у просторі, знищуючи надлишковий матеріал заготовки.

Для того щоб різальний інструмент (РІ) мав можливість реалізувати процес формотворення деталі, він повинен мати відповідний об'єм у просторі верстата. Форма та параметри цього об'єму повинні відповідати технологічним завданням, запланованим для виконання означеним верстатом. Якщо ці умови (об'єм) не виконуються, то верстат або не виконує технологічних завдань, або створюється аварійна ситуація.

Мета цієї роботи - показати підґрунтя виникнення панданної зони типових РІ у металообробленні.

Постановка завдання про панданну зону інструмента

Об'єм, в якому рухається інструмент, становить його панданну зону. Специфіка панданної зони інструмента полягає в тому, що у процесі формотворення вона має дві властивості. По-перше, вона найточніша геометрично, оскільки визначає остаточну точність деталі. По-друге, панданна зона РІ руйнує панданну зону заготовки або деталі та створює нову з новою геометрією.

Панданна зона різального інструмента

Для того щоб зрозуміти нюанси, наведемо конкретні приклади. Спочатку розглянемо токарне оброблення (рис. 1). При такому обробленні деталь, що обертається, створює навколо себе панданну зону, на товщину якої впливають ексцентриситет кріплення осі, хвилястість та шорсткість поверхні. У процесі різання інструмент, наприклад, проходить відстань l з подачею S_r . При цьому він утворює нову поверхню деталі з новою панданною зоною, тобто руйнує первинну панданну зону деталі. Панданну зону інструмента визначають за формулою

$$V_i = (l + l_i) \cdot h_i \cdot d_i + V_{об.i}, \quad (1)$$

де $V_{об.i}$ – об'єм інструмента (рис.1).

За залежністю (1) визначають площу панданної зони інструмента лише за робочого ходу у процесі різання. Але для того щоб потрапити до цієї зони, інструмент повинен виконати складну траєкторію руху системи накопичення. Наприклад, якщо інструмент міститься у револьверній головці верстата, він повинен виконати обертальний рух перед тим, як потрапити до робочої панданної зони. Крім того, його панданна зона перетинає панданні зони інших інструментів. Якщо цього не буде врахувати, виникне аварійна ситуація. Визначитися з перетином панданних зон можна лише за знання законів руху інструмента, тобто координат миттєвої присутності його маси.

Фрезерне оброблення має інший характер і як наслідок специфічні особливості, що стосується стосуються насамперед фрезерного інструмента (рис. 2). На відміну від токарного оброблення у фрезерному обертається інструмент, а не деталь, що зазвичай виконує зворотно-поступальні рухи. Зогляду на це фрезерний інструмент створює панданну зону на різальних зубцях.

Отже, у фрезерного інструмента вирізняють дві підзони. По-перше, статичну панданну зону, яка посередньо бере участь у силовій конструкції фрези. По-друге, різальні зубці, які зогляду на конфігурацію створюють динамічну панданну зону, що безпосередньо бере участь в обробленні деталі.

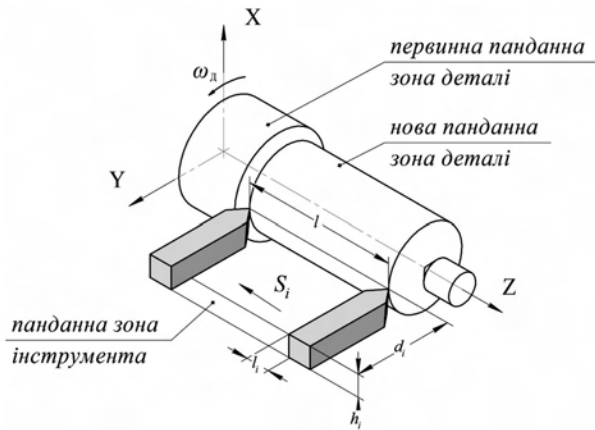


Рис. 1. Схема панданної зони токарного інструмента

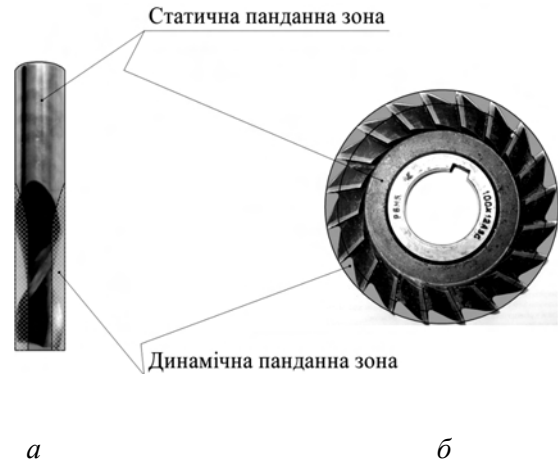


Рис. 2. Загальний вигляд первинних панданних зон фрезерного інструмента: а - пальцевої фрези; б - дискової фрези

На утворення геометрії динамічної панданної зони фрези впливають такі самі фактори, як для тіл, що обертаються навколо власної осі. Для фрез це насамперед, точність формоутворення і ексцентриситет обертання. Для дискових фрез ще додається відхилення з торця. Розрахувати розміри панданних зон фрези дуже важко. Можна лише приблизно оцінити. Цю проблему спричиняє емпіричний розрахунок форми інструмента [1], що не піддається опису через сувору математичну залежність.

Рух фрез має зворотно-поступальний та плоско-паралельний характер (рис. 3).

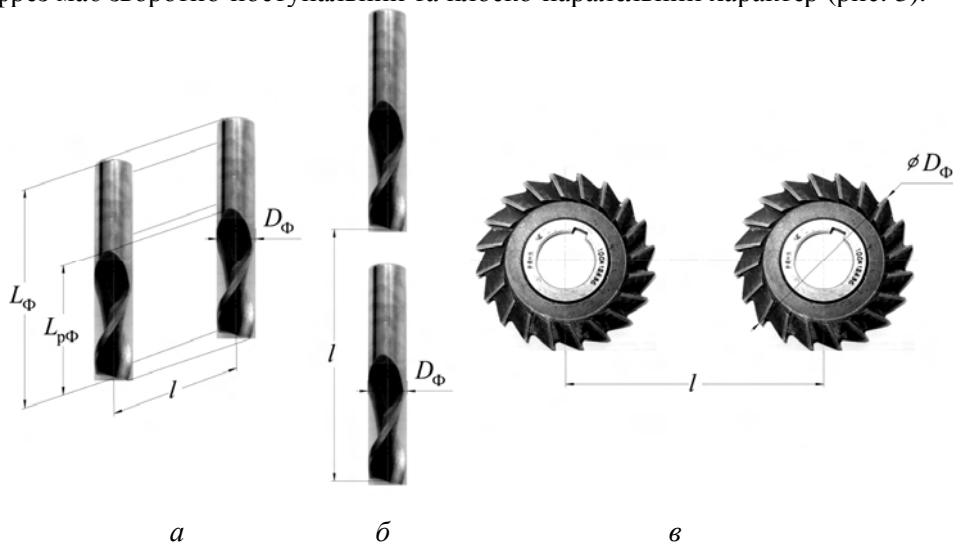


Рис. 3. Загальний вигляд панданних зон фрезерного інструмента: а, б – пальцевої фрези; в – дискової фрези

За плоско-паралельного руху пальцевої фрези (рис. 3, а) загальна площа панданної зони:

$$\Pi_{\phi} = l \cdot L_{\phi} \cdot D_{\phi} + \frac{\pi D_{\phi}^2}{4} \cdot L_{\phi},$$

де l – довжина робочого проходу фрези; L_{ϕ} – загальна довжина фрези; L_{ϕ} – довжина різальної частини фрези; D_{ϕ} – діаметр фрези.

Площа динамічної панданної зони:

$$\Pi_{\phi} = l \cdot L_{\text{рф}} \cdot D_{\phi} + \frac{\pi D_{\phi}^2}{4} \cdot L_{\text{рф}}.$$

За зворотно-поступального руху (рис. 3, б) пальцевої фрези загальна площа панданної зони:

$$\Pi_{\phi} = l \cdot \frac{\pi D_{\phi}^2}{4} + \frac{\pi D_{\phi}^2}{4} \cdot L_{\phi}.$$

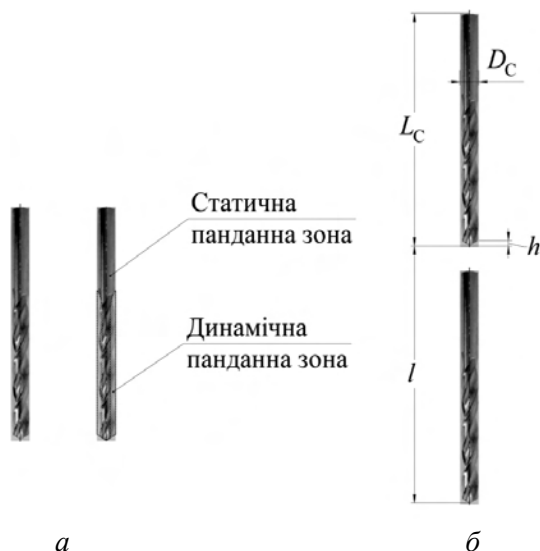


Рис. 4. Схемы панданних зон: а - свердла; б - під час руху свердла

Для дискової фрези:

$$P_{\phi} = D_{\phi} \cdot l \cdot h_{\phi} + \frac{\pi D_{\phi}^2}{4} \cdot H_{\phi}, \quad (2)$$

де h_{ϕ} – товщина фрези.

Як і в виразі токарного оброблення формотворення деталі відбувається при перетині панданної зони деталі панданною зоною інструмента. Отже, після оброблення деталь отримує нову панданну зону, що залежить від точності виконання її форми та шорсткості поверхні відносно режимів оброблення.

Свердлування як різновид механооброблення є найпростіший з огляду на створювану свердлом панданну зону, хоча певною мірою подібне до фрезерування (рис. 4, а, б). Як бачимо свердло за конструкцією схоже на пальцеву фрезу (рис. 3).

Як і фреза, свердло має дві підзони. Статична панданна зона, як посередник передання енергії до динамічної панданної зони хоча й не бере безпосередньої участі у формуванні отвору є важливою складовою конструкції інструмента.

Як і розміри фрези, розміри панданної зони визначаються точністю виконання геометрії та ексцентриситетом осі обертання. Так для панданної зони свердла (рис. 4.):

$$P_c = \frac{\pi D_c^2}{4} (l + L_c - h). \quad (3)$$

Особливість панданної зони при свердлуванні полягає в тому, що для панданної зони зробленого отвору вона збігається з динамічною панданною зоною свердла. Аналогічне явище спостерігається при торцевому фрезеруванні пальцевою фрезою або зенкуванні отворів. Подібних випадків у металообробленні доволі мало.

До зазначеного можна додати ще технологічну операцію з розгортання отворів, що виконується розгорткою. У цьому разі спостерігається дуже велика точність геометрії поверхні, яку утворює панданна зона інструмента. Насамкінець зауважимо, що вирази (2), (3) не містять компонента, що описує дефекти геометрії та ексцентриситет інструмента одночасно з шорсткістю. Це спричинено, неможливістю передбачити деякі параметри, а тому, виникають певні утруднення при розрахунках. У такому разі доцільніше розрахунки замінити на експериментальні дослідження з подальшим записом результатів у систему CNC верстата.

Розподіл маси технологічного об'єкта в панданній зоні

Розподіл маси технологічного об'єкта (ТО) у його панданній зоні складне фізико-технічне явище, оскільки ця маса постійно змінюється. Єдиним явищем, на яке деякою мірою можна спиратися, є періодичність появи маси ТО.

У загальному випадку таку періодичність наочніше розглянути через об'єкти, що обертаються навколо деякої осі. Зазвичай це центрально-симетричні осі, навколо яких обертається динамічно збалансована маса ТО. Орієнтуючись на цю тезу, принагідно зауважимо, що тіло ТО є фізично-ізотропним в усіх напрямках координат. У такому разі можна розглянути найпростіші панданні зони щодо розподілу в них маси ТО залежно від швидкості руху. Конфігурацію перерізу ТО вибираємо щодо схожості з перерізом реального інструмента. Крім того, середовище, де перебуває панданна зона інструмента, вважатимемо вакуумом з відповідними властивостями.

Розглянемо найпростіший випадок: обертання умовного паралелепіпеда навколо своєї осі (рис. 5).

При обертанні цього типу ТО навколо своєї осі в центрі утворюється статична панданна зона діаметром d_0 . Зовнішній діаметр D_z цієї зони дорівнюватиме довжині паралелепіпеда за умови, що його торці відтворюють геометрію кола діаметром D_z (умова умовності). Становить інтерес розподіл маси паралелепіпеда в динамічній панданній зоні. Для цього розглянемо дугу AB радіуса R , яка обмежена боковими стінками паралелепіпеда. Ця дуга повинна мати певний кінцевий переріз та масу.

Вважатимемо, що для визначеного матеріалу паралелепіеду це буде деяка величина S , яка задовольняє встановлені умови. Тоді товщина паралелепіеду $h_{\Pi} = \sqrt{S}$. Згідно з властивостями трикутника [2] маємо можна записати залежність:

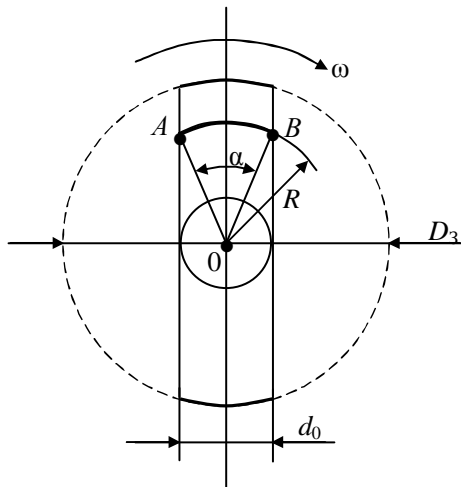


Рис. 5. Схема панданної зони умовного паралелепіеда, що обертається навколо своєї короткої осі

$$\frac{d_0}{2R} = \cos\left(\frac{p}{2} - \frac{\delta}{2}\right),$$

де кут α , що змінюється у таких межах:

$$0 \leq \delta \leq 2 \operatorname{arccotg} \frac{\sqrt{D_3^2 - d_0^2}}{d_0}$$

за умови, що $\alpha \leq \pi$.

З виразу (8) визначаємо

$$R = \frac{d_0}{2 \left[\cos\left(\frac{p}{2} - \frac{\delta}{2}\right) \right]}, \text{ при } \frac{d_0}{2} \leq R \leq \frac{D_3}{2}$$

або

$$R = \frac{d_0}{2 \sin \frac{\delta}{2}}. \quad (4)$$

Оскільки довжина дуги $\overset{\frown}{AB}$ [2] $l = \frac{pR\delta}{180}$, помноживши обидві частини рівняння (4) на α , отримаємо

$$l = \frac{\delta \pi d_0}{360 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{\pi}{90} R \operatorname{arcsin} \frac{d_0}{2R}.$$

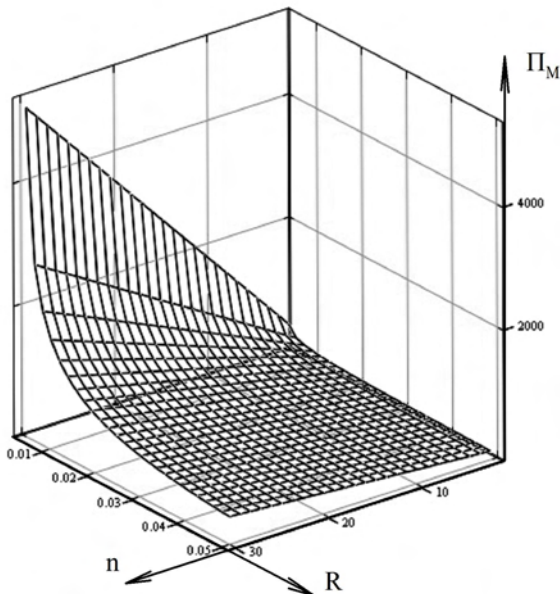


Рис. 6. Залежність питомої маси дуги від її основних параметрів

Маса дуги $\overset{\frown}{AB}$ розтягнута в площину з перерізу S та радіуса R .

Звідси питома маса яка має:

$$\Pi_m = \frac{2l \cdot S \cdot \rho}{L_R \cdot S} = \frac{n\rho}{90} \operatorname{arcsin} \frac{d_0}{2R},$$

де L_R – довжина кільця радіуса R ; ρ – питома маса матеріалу деталі; n – кількість рухливих елементів ТО (маємо $n=2$).

Залежність питомої маси дуги від її основних параметрів відображена на рис. 6.

Швидкість потоку маси в панданній зоні:

$$V_m = \frac{nR\rho\omega}{90} \cdot \operatorname{arcsin} \frac{d_0}{2R}.$$

Мінливість панданної маси:

$$M_{\Pi 3} = \frac{nR\rho\omega}{90} \cdot \sin[n(\omega t + \varphi)] \operatorname{arcsin} \frac{d_0}{2R},$$

при $n = 1, 2, 3, \dots < E\left(\frac{\pi D_3}{l}\right)$.

Залежність мінливості панданної маси відображено на рис. 7.

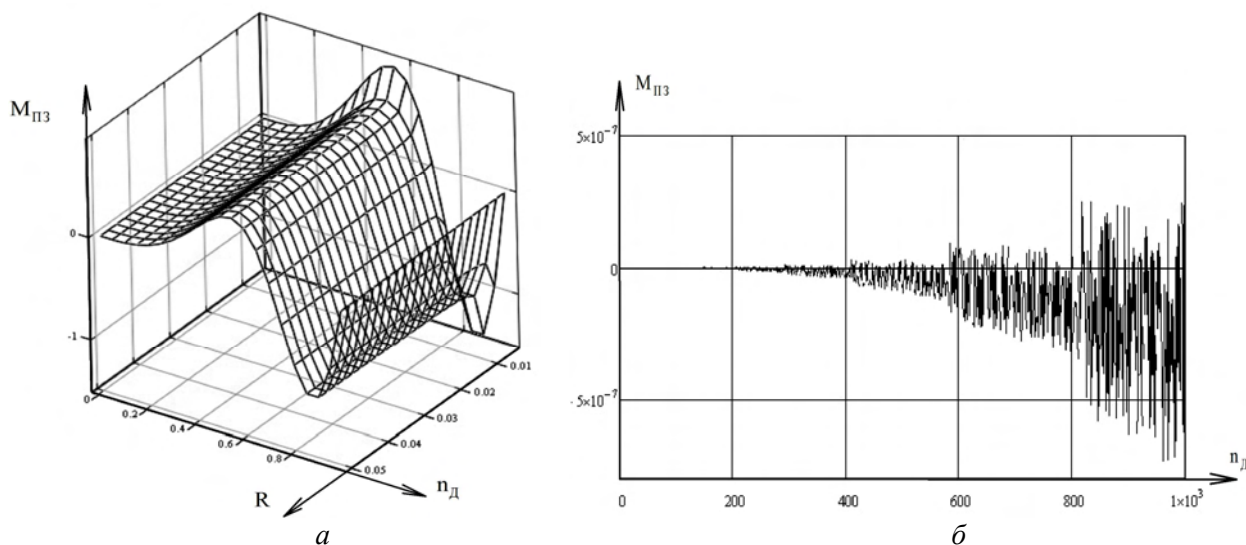


Рис. 7. Залежності мінливості панданної маси: а – при $0 \leq n_D \leq 1$; б – при $0 \leq n_D \leq 1000$

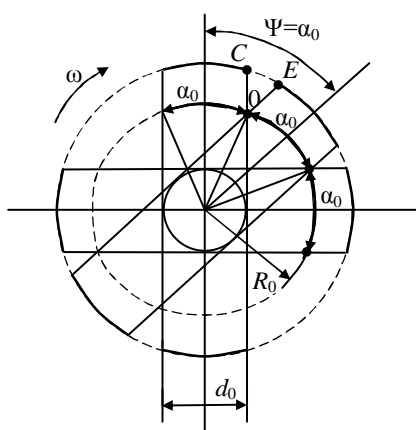


Рис. 8. Схема зменшення динамічної панданної зони внаслідок збільшення кількості технологічних елементів

Водночас зауважимо, що розріз ТО (рис. 8) за формою наближається до перерізу розгортки або фрези. Крім того, подальше збільшення кількості елементів ТО призводить до того, що розміри ΔCDE , ненасиченого масою, зменшуються.

При цьому відповідно зменшується довжина дуги l . В наслідок цього, радіус R_0 необмежено наближається до $\frac{D_3}{2}$. У такому разі маємо модель шорсткості поверхні ТО.

Наразі діаметр D_3 можна сприймати як діаметр виступів поверхні, а діаметр $2R_0$ – як діаметр западин.

Висновки

Підбиваючи підсумки зауважимо, що вирази (1), (3) не містять компонента, що описує дефекти геометрії та ексцентриситет інструмента одночасно з його шорсткістю. Причина цього, полягає в неможливості передбачити ці параметри, а тому виникають певні утруднення при розрахунках. У такому разі доцільніше замінити на експериментальні досліди з подальшим записом результатів у систему CNC верстата.

В панданной зоне режущего инструмента и детали наблюдается разрушение избыточной массы заготовки и касание детали измерительными инструментами. Обосновано явление возникновения панданной зоны режущих инструментов в металлообработке.

Ключевые слова: станок, инструмент, панданная зона.

The pandanic zone of the pair of cutting tool and detail is the zone of processes of occurring of break-up of excess mass as well as of processes of touching of detail with the measuring instruments. The purpose of this work is substantiation of the event of generation of pandanic zone of typical cutting tools duiring the process of treating metals.

Key words: machine-tool, cutting tool pandanic zone.

Література

1. Металлорежущие инструменты: Учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» / Г. Н. Сахаров, О. Б. Арбузов, Ю. Л. Боровой и др. – М.: Машиностроение 1989. – 328 с.
2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Наука, 1981. 720с.

Надійшла 15.06.11