

МЕТОДИКА АНАЛІТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ІНСТРУМЕНТУ

Равська Н.С.,* Ніколаєнко Т.П., Сільчин Д.О.***
(*НТУУ „КПІ”, м. Київ, Україна, **КНУБА, м. Київ, Україна)

Вступ

Завдання визначення геометричних параметрів різальної частини інструменту включає знаходження в досліджуваних точках різальної кромки передніх кутів γ , кутів λ нахилу різальної кромки, задніх кутів α і кутів в плані φ .

Геометричні параметри визначаються у відповідності з ДСТУ 2249-93. Виникаючі завдання при визначенні геометричних параметрів різальної частини можуть вирішуватись графічно [2, 3, 5] з використанням методів нарисної геометрії, або аналітично [1, 4] з використанням векторної алгебри. Обидва методи можуть використовуватись в рівній мірі. Перевага того або іншого методу визначається конструкцією інструменту, прийнятою схемою формоутворення, змістом вирішуємого завдання і початковими даними.

Передній кут γ це кут в січній площині між площиною, дотичною в досліджуваній точці різальної кромки до передньої поверхні і основною площиною, яка проводиться перпендикулярно швидкості різання.

Передній кут може визначатись в різних січних площинах. Інструментальний головний передній кут γ_i вимірюється в інструментальній головній січній площині. Статичний головний передній кут γ_c вимірюється в статичній головній січній площині. Кінематичний головний передній кут γ_k вимірюється в кінематичній головній січній площині. Відповідно до цього визначається нормаль до інструментальної площини різання \bar{N}_{pi} , нормаль \bar{N}_{nc} до статичної площини різання і нормаль \bar{N}_{nk} до кінематичної площини різання.

Задній кут α це кут в січній площині між площиною, дотичної до задньої поверхні в досліджуваній точці різальної кромки і площиною різання. Тому задній кут α_i буде рівний куту між нормаллю \bar{N}_z до задньої поверхні і нормаллю \bar{N}_p до площини різання при його вимірюванні в нормальному до різальної кромки перетині.

Інструментальний задній кут α_i , статичний задній кут α_c , кінематичний задній кут α_k , буде рівний кутам між відповідними нормаллями до площини різання і задньої поверхні інструменту.

Кут нахилу різальної кромки λ вимірюється в площині різання і розташований між різальною кромкою і основною площиною, перпендикулярною швидкості різання. Таким чином, кут між різальною кромкою і швидкістю різання буде рівний $90^\circ - \lambda$. Відповідно до прийнятої системи координат розрізняють інструментальний кут нахилу λ_i , статичний кут нахилу λ_c і кінематичний кут нахилу λ_k різальної кромки.

Кут в плані φ це кут між площиною різання і робочою площиною, вимірюваний в основній площині, перпендикулярній швидкості різання. Відповідно до даних визначень величини геометричних параметрів різальної частини залежать від взаємного розташування ряду поверхонь і площин: передньої, задньої, різання, основної, і січних площин.

У вибраній системі координат положення даних поверхонь і площин задається двома прямими векторами, розташованими у відповідних площинах. Найчастіше

положення передньої поверхні задається дотичною до різальної кромки в її досліджуваній точці і другою лінією перетину передньої поверхні і прийнятої січної площини, а задня поверхня - дотичною до різальної кромки і лінією перетину задньої поверхні і січної площини. Площина різання задається дотичною до різальної кромки і вектором швидкості різання. У вибраній системі координат положення даних площин, при аналітичному визначенні геометричних параметрів різальної частини інструменту, найчастіше задають вектором нормалі до площини. Вектор нормалі до площини визначається як векторний добуток двох векторів, розташованих в площині. Найчастіше аналіз геометричних параметрів різальної частини проводиться в статичній системі координат, оскільки у багатьох випадках кінематичні геометричні параметри мало відрізняються від статичних.

З метою всесторонньої оцінки працездатності різального інструменту визначаються геометричні параметри різальної частини в різних точках різальних кромок в процесі різання, порівнюються їх величини з тими, що рекомендуються, і аналізуються можливі шляхи вдосконалення інструменту за рахунок доцільної зміни геометричних параметрів різальної частини. Геометричні параметри різальної частини можуть вимірюватися в різних січних площинах. Тому виникає завдання перерахунку геометричних параметрів різальної частини інструменту з однієї січної площини в іншу, а також з однієї системи координат в іншу.

Складність цього перерахунку насамперед залежить від форми різальної кромки інструменту. Тому у випадку фасонних кромок аналітичний метод визначення геометричних параметрів має перевагу перед графічним. Теорія аналітичного визначення геометричних параметрів викладена в роботі [4]. Проте методика аналітичного визначення геометричних параметрів інструменту викладена не в повній мірі, відсутні загальні аналітичні залежності визначення геометричних параметрів передньої та задньої поверхонь різального інструменту, не визначені статичні та кінематичні параметри. Ці задачі і вирішуються в даній роботі.

Основний зміст роботи

Загальні положення методики аналітичного визначення геометричних параметрів. Геометричні параметри різальної частини інструменту характеризують взаємне розташування передньої поверхні, задньої поверхні і площини різання в досліджуваній точці різальної кромки. Положення передньої поверхні визначається вектором \vec{P} що йде по дотичній до різальної кромки в досліджуваній точці і вектором, розташованими на передній поверхні. Положення задньої поверхні визначається вектором \vec{P} і вектором \vec{Z} , розташованими на задній поверхні. Положення площини різання визначається вектором швидкості різання і вектором \vec{P} . При аналізі статичних геометричних параметрів розглядається вектор \vec{V} швидкості головного руху різання, а при аналізі кінематичних геометричних параметрів – швидкість \vec{V}_e результуючого руху різання досліджуваної точки різальної кромки.

У фасонних різальних інструментах різальна кромка визначається при їх профілюванні як лінія перетину вихідної інструментальної поверхні, спряженої з поверхнею деталі, і передньої поверхні. В цьому випадку вектор \vec{P} може бути визначений як векторний добуток вектора \vec{N}_D нормалі до передньої поверхні і вектора \vec{N}_Z нормалі до вихідної інструментальної поверхні в даній точці різальної кромки. При визначенні геометричних параметрів різальної частини необхідно в досліджуваній точці різальної кромки знати вектор \vec{P} , дотичний до передньої поверхні, і вектор \vec{Z} , дотичний до задньої поверхні. В якості передньої поверхні найчастіше при

проектуванні інструментів приймають площину, поверхню обертання, гвинтову поверхню і на кресленні задають положення вектора \bar{P} .

Задня поверхня у інструментів з прямолінійною різальною кромкою може бути плоскою, положення якої характеризується векторами \bar{P} і \bar{Z} , які задаються на кресленні.

У фасонних інструментів, які переточуються по передній поверхні, задня поверхня описується різальною кромкою при вибраному її русі.

В цьому випадку положення задньої поверхні в досліджуваній точці різальної кромки визначається вектором \bar{P} і вектором швидкості \bar{V}_z руху різальної кромки.

Залежно від прийнятого руху різальної кромки задня поверхня може бути плоскою або фасонною циліндричною поверхнею, яка створюється при прямолінійно-поступальному русі різальної кромки. При обертальному русі різальної кромки створюється задня поверхня обертання, а при гвинтовому русі – гвинтова поверхня. Задня поверхня інструменту може бути затилованою поверхнею, яка описується різальною кромкою при складанні двох рухів: прямолінійно – поступального і обертання. При цьому швидкість прямолінійно поступального руху йде перпендикулярно, або похило до осі гвинтового руху.

Міняючи характер руху різальної кромки при утворенні задньої поверхні можна впливати на величини геометричних параметрів різальної частини і вибрати найбільш доцільний варіант. На статичні геометричні параметри різальної частини впливає також положення вектора \bar{V} швидкості головного руху різання, який визначається відповідно до прийнятої схеми обробки, розглядаючи рухи різального інструменту відносно заготовки. На кінематичні геометричні параметри різальної частини інструменту відповідно впливає положення вектора \bar{V}_e швидкості результуючого руху різання. Якщо відомі інструментальні передні γ_i і задні α_i кути в нормальному до різальної кромки перетині, і вектор \bar{V} швидкості головного руху різання не йде перпендикулярно інструментальній основній площині, то статичні передні γ_{nc} і задні кути α_{nc} , в нормальному до різальної кромки перетині, будуть рівні:

$$\gamma_{nc} = \gamma_i + \tau_n; \alpha_{nc} = \alpha_i - \tau_n.$$

Кут τ_n - це кут між інструментальною P_{ni} і статичною P_{nc} поверхнями різання.

Положення інструментальної поверхні різання визначається вектором \bar{P} , що йде по дотичній до різальної кромки, і вектором \bar{V}_n перпендикулярним інструментальній основній площині. Вектор нормалі \bar{N}_{ni} до інструментальної поверхні різання рівний векторному добутку векторів \bar{P} і \bar{V}_n :

$$\bar{N}_{ni} = [\bar{P} \times \bar{V}_n].$$

Положення статичної поверхні різання визначається вектором \bar{P} і вектором швидкості \bar{V} головного руху різання. Вектор нормалі \bar{N}_{nc} до статичної площини різання буде векторним добутком векторів \bar{P} і \bar{V} :

$$\bar{N}_{nc} = [\bar{V} \times \bar{P}].$$

Кут τ_n , між інструментальною і статичною площинами різання рівний куту між нормальми \bar{N}_{ni} і \bar{N}_{nc} . Його величина може розраховуватися за формулою:

$$\cos \tau_n = \frac{(\bar{N}_{nc} \cdot \bar{N}_{ni})}{|\bar{N}_{nc}| \cdot |\bar{N}_{ni}|}.$$

При відомих, у вибраній системі координат XYZ , початкових даних, тобто сукупності векторів \bar{P} , \bar{V} , $\bar{\Pi}$, \bar{Z} і \bar{S} порядок розрахунку статичних параметрів різальної частини інструменту, в досліджуваній точці різальної кромки, може бути наступним:

- визначається статичний кут λ_c нахилу різальної кромки

$$\sin \lambda_c = \frac{(\bar{V} \cdot \bar{P})}{|\bar{V}| \cdot |\bar{P}|}.$$

- Вектор нормалі \bar{N}_p до статичної поверхні різання рівний векторному добутку векторів \bar{P} і \bar{V} :

$$\bar{N}_p = [\bar{P} \times \bar{V}].$$

- Вектор нормалі \bar{N}_{II} до передньої поверхні

$$\bar{N}_{II} = [\bar{P} \times \bar{\Pi}].$$

- Вектор нормалі \bar{N}_3 до задньої поверхні

$$\bar{N}_3 = [\bar{P} \times \bar{Z}].$$

- Статичний передній кут γ_{nc} в нормальному до різальної кромки перетині

$$\sin \gamma_{nc} = \frac{(\bar{N}_p \times \bar{N}_{II})}{|\bar{N}_p| \cdot |\bar{N}_{II}|}, \text{ або } \operatorname{tg} \gamma_{nc} = \frac{(\bar{N}_p \times \bar{N}_{II})}{\|[\bar{N}_p \times \bar{N}_{II}]\|}.$$

- Статичний передній кут γ_c в головній січній площині

$$\operatorname{tg} \gamma_c = \frac{\operatorname{tg} \gamma_{nc}}{\cos \lambda_c}.$$

- Статичний задній кут α_{nc} в нормальному до різальної кромки перетині

$$\cos \alpha_{nc} = \frac{(\bar{N}_p \times \bar{N}_3)}{|\bar{N}_p| \cdot |\bar{N}_3|}, \text{ або } \operatorname{ctg} \alpha_{nc} = \frac{(\bar{N}_p \times \bar{N}_3)}{\|[\bar{N}_p \times \bar{N}_3]\|}.$$

- Статичний задній кут α_c в головній січній площині

$$\operatorname{tg} \alpha_c = \operatorname{tg} \alpha_{nc} \cdot \cos \lambda_c.$$

- Вектор нормалі \bar{N}_S до робочої площини, в якій розташовані напрями швидкості головного руху \bar{V} і руху подачі \bar{S}

$$\bar{N}_S = [\bar{V} \times \bar{S}].$$

- Статичний кут в плані φ_c , як кут між статичною площиною різання і робочою площиною P_S буде рівний:

$$\cos \varphi_c = \frac{(\bar{N}_P \cdot \bar{N}_S)}{|\bar{N}_P| \cdot |\bar{N}_S|}.$$

При аналізі статичних геометричних параметрів різальної частини фасонних інструментів порядок розрахунку декілька змінюється оскільки, як правило, задається передня поверхня в досліджуваній точці різальної кромки двома векторами Π_1 і Π_2 , а різальна кромка визначається як лінія перетину передньої площини і вихідної інструментальної поверхні.

Порядок розрахунку буде наступним:

- Визначається нормаль \bar{N}_{II} до передньої поверхні

$$\bar{N}_{II} = [\bar{\Pi}_1 \times \bar{\Pi}_2].$$

- Відповідно до прийнятої схеми формоутворення, при знайденій при профілюванні інструменту вихідній інструментальній поверхні, визначається вектор нормалі \bar{N}_Σ до вихідної інструментальної поверхні в досліджуваній точці різальної кромки.

- Визначається вектор \bar{P} , який йде по дотичній до різальної кромки в її досліджуваній точці

$$\bar{P} = [\bar{N}_{II} \times \bar{N}_\Sigma].$$

- Статичний кут λ_c нахилу різальної кромки

$$\sin \lambda_c = \frac{(\bar{V} \cdot \bar{P})}{|\bar{V}| \cdot |\bar{P}|}.$$

- Вектор нормалі \bar{N}_P до площини різання

$$\bar{N}_P = [\bar{P} \times \bar{V}].$$

- Передній кут γ_{nc} в нормальному до різальної кромки перетині

$$\sin \gamma_{nc} = \frac{(\bar{N}_P \cdot \bar{N}_{II})}{|\bar{N}_P| \cdot |\bar{N}_{II}|}.$$

- Статичний передній кут γ_c в головній січній площині

$$\operatorname{tg} \gamma_c = \frac{\operatorname{tg} \gamma_{nc}}{\cos \lambda_c}.$$

- Визначається вектор \bar{Z} , що йде по дотичній до різальної кромки в її досліджуваній точці.

- Вектор нормалі \bar{N}_3 до задньої поверхні

$$\bar{N}_3 = [\bar{P} \times \bar{Z}].$$

- Задній кут α_{nc} в нормальному до різальної кромки перетині

$$\cos \alpha_{nc} = \frac{(\bar{N}_P \cdot \bar{N}_3)}{|\bar{N}_P| \cdot |\bar{N}_3|}.$$

- Статичний задній кут α_c в головній січній площині

$$\operatorname{tg} \alpha_c = \operatorname{tg} \alpha_{nc} \cdot \cos \lambda_c.$$

- Вектор нормалі \bar{N}_S до робочої площини

$$\bar{N}_S = [\bar{V} \times \bar{S}].$$

- Статичний кут в плані φ_c .

$$\cos \varphi_c = \frac{(\bar{N}_P \cdot \bar{N}_S)}{|\bar{N}_P| \cdot |\bar{N}_S|}.$$

Геометрія передньої поверхні різального інструменту. Геометрія передньої поверхні різального інструменту характеризується формою передньої поверхні, з розташованою на ній різальною кромкою, і положенням передньої поверхні відносно основної площини P_v .

Положення передньої поверхні і різальної кромки на кресленні інструменту задається в інструментальній системі координат XYZ .

Так, наприклад, у токарних прохідних різців положення передньої поверхні може задаватися положенням різальної кромки AB в системі XYZ і переднім кутом γ_{nc} в інструментальній нормальній площині, або величинами передніх кутів в подовжньому γ_{np} і поперечному γ_n перетинах.

Процес різання інструментом характеризується геометричними параметрами в статичній або кінематичній системах координат. Найчастіше аналіз геометричних параметрів різальної частини проводиться в статичній системі координат, оскільки у багатьох випадках кінематичні геометричні параметри мало відрізняються від статичних.

Передній кут розташований між передньою поверхнею і основною площиною P_v перпендикулярною площині різання, тобто між передньою поверхнею і нормаллю N_p до площини різання. При прямокутному різанні статичний передній кут вимірюється в площині, перпендикулярній різальній кромці. При косокутному різання передні кути вимірюються або в нормальному до різальної кромки перетині - γ_n , або в статичній січній площині - γ_c .

У загальному випадку у вибраній системі координат положення площини різання в досліджуваній точці різальної кромки визначається вектором швидкості різання \bar{V} і вектором \bar{P} дотичним до різальної кромки в її досліджуваній точці.

Для визначення переднього кута в даній точці різальної кромки скористаємося положеннями векторної алгебри.

Положення передньої поверхні визначається вектором \bar{P} і вектором $\bar{\Pi}$, розташованими на передній поверхні. Положення вектора $\bar{\Pi}$ залежить від форми заданої передньої поверхні. Вектор нормалі \bar{N}_p до площини різання буде векторним

добутком векторів \bar{P} та \bar{V} . У загальному випадку в системі XYZ вектори \bar{V} , \bar{P} і $\bar{\Pi}$ будуть дорівнювати:

$$\begin{aligned}\bar{P} &= \bar{i}P_x + \bar{j}P_y + \bar{k}P_z, \\ \bar{V} &= \bar{i}V_x + \bar{j}V_y + \bar{k}V_z, \\ \bar{\Pi} &= \bar{i}\Pi_x + \bar{j}\Pi_y + \bar{k}\Pi_z.\end{aligned}$$

Вектор \bar{N}_p нормалі до площини різання буде:

$$\bar{N}_p = [\bar{P} \times \bar{V}] = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ P_x & P_y & P_z \\ V_x & V_y & V_z \end{vmatrix} = \bar{i}(P_yV_z - P_zV_y) - \bar{j}(P_xV_z - P_zV_x) + \bar{k}(P_xV_y - P_yV_x) = \bar{i}N_{px} + \bar{j}N_{py} + \bar{k}N_{pz}.$$

Кут між нормаллю \bar{N}_p до площини різання і нормаллю до передньої поверхні буде рівний $90-\gamma_n$, де γ_n – передній кут в нормальному до різальної кромки перетині. Відповідно до цього, передній кут γ_n може бути визначений за співвідношенням:

$$\operatorname{tg} \gamma_n = \frac{(\bar{N}_p \cdot \bar{N}_{\Pi})}{\|\bar{N}_p \times \bar{N}_{\Pi}\|}.$$

Вектор нормалі \bar{N}_{Π} до передньої поверхні буде:

$$\bar{N}_{\Pi} = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ P_x & P_y & P_z \\ \Pi_x & \Pi_y & \Pi_z \end{vmatrix} = \bar{i}(P_y\Pi_z - P_z\Pi_y) - \bar{j}(P_x\Pi_z - P_z\Pi_x) + \bar{k}(P_x\Pi_y - P_y\Pi_x) = \bar{i}N_{\Pi x} + \bar{j}N_{\Pi y} + \bar{k}N_{\Pi z}.$$

Скалярний добуток векторів \bar{N}_p і \bar{N}_{Π} буде дорівнювати:

$$(\bar{N}_p \cdot \bar{N}_{\Pi}) = N_{px} \cdot N_{\Pi x} + N_{py} \cdot N_{\Pi y} + N_{pz} \cdot N_{\Pi z}.$$

Векторний добуток векторів \bar{N}_p і \bar{N}_{Π} буде дорівнювати:

$$\bar{N}_p \times \bar{N}_{\Pi} = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ N_{px} & N_{py} & N_{pz} \\ N_{\Pi x} & N_{\Pi y} & N_{\Pi z} \end{vmatrix} = \bar{i}(N_{py}N_{\Pi z} - N_{\Pi y}N_{pz}) - \bar{j}(N_{px}N_{\Pi z} - N_{\Pi x}N_{pz}) + \bar{k}(N_{px}N_{\Pi y} - N_{\Pi x}N_{py}).$$

Модуль векторного добутку $\|\bar{N}_p \times \bar{N}_{\Pi}\|$ буде:

$$\|\bar{N}_p \times \bar{N}_{\Pi}\| = \sqrt{(N_{py}N_{\Pi z} - N_{\Pi y}N_{pz})^2 + (N_{px}N_{\Pi z} - N_{\Pi x}N_{pz})^2 + (N_{px}N_{\Pi y} - N_{\Pi x}N_{py})^2}.$$

Тоді передній кут γ_n в нормальному до різальної кромки перетині буде рівний:

$$\operatorname{tg} \gamma_n = \frac{N_{px}N_{\Pi x} + N_{py}N_{\Pi y} + N_{pz}N_{\Pi z}}{\sqrt{(N_{py}N_{\Pi z} - N_{\Pi y}N_{pz})^2 + (N_{px}N_{\Pi z} - N_{\Pi x}N_{pz})^2 + (N_{px}N_{\Pi y} - N_{\Pi x}N_{py})^2}}.$$

Кут $90 - \gamma_H$ між нормаллю \bar{N}_p до площини різання і нормаллю \bar{N}_Π до передньої поверхні може бути визначений також за формулою:

$$\cos(90 - \gamma_H) = \sin \gamma_H = \frac{(\bar{N}_p \cdot \bar{N}_\Pi)}{|\bar{N}_p| \cdot |\bar{N}_\Pi|}.$$

Модуль вектора нормалі \bar{N}_p до поверхні різання буде дорівнювати:

$$|\bar{N}_p| = \sqrt{(P_y V_z - P_z V_y)^2 + (P_x V_z - P_z V_x)^2 + (P_x V_y - P_y V_x)^2}.$$

Модуль вектора нормалі \bar{N}_Π до передньої поверхні буде рівний:

$$|\bar{N}_\Pi| = \sqrt{(P_y \Pi_z - P_z \Pi_y)^2 + (P_x \Pi_z - P_z \Pi_x)^2 + (P_x \Pi_y - P_y \Pi_x)^2}.$$

Передній кут γ_H в нормальному до різальної кромки перетині буде рівний:

$$\sin \gamma_H = \frac{N_{px} \cdot N_{nx} + N_{py} \cdot N_{ny} + N_{pz} \cdot N_{nz}}{\sqrt{(P_y V_z - P_z V_y)^2 + (P_x V_z - P_z V_x)^2 + (P_x V_y - P_y V_x)^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{(P_y \Pi_z - P_z \Pi_y)^2 + (P_x \Pi_z - P_z \Pi_x)^2 + (P_x \Pi_y - P_y \Pi_x)^2}}.$$

Якщо вектор \bar{V} буде швидкістю головного руху різання, то за даними залежностями визначаються статичні передні кути.

Визначимо кут λ нахилу різальної кромки. За визначенням кут λ вимірюється в площині різання і розміщений між різальною кромкою і основною площиною $P_V \perp V$, тобто між вектором \bar{P} перпендикулярним до різальної кромки і вектором швидкості різання \bar{V} . Отже

$$\sin \lambda = \frac{(\bar{V} \cdot \bar{P})}{|\bar{V}| \cdot |\bar{P}|}.$$

Скалярний добуток векторів \bar{V} і \bar{P} буде дорівнювати:

$$(\bar{V} \cdot \bar{P}) = P_x V_x + P_y V_y + P_z V_z.$$

Таким чином

$$\sin \lambda = \frac{P_x V_x + P_y V_y + P_z V_z}{\sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} \cdot \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}}.$$

Отримані формули справедливі для визначення як статичних так і кінематичних кутів.

Геометрія задньої поверхні різального інструменту. Геометрія задньої поверхні різального інструменту характеризується формою задньої поверхні з розташованою на ній різальною кромкою і положенням задньої поверхні відносно поверхні різання.

Положення задньої поверхні задається в інструментальній системі координат XYZ . У загальному випадку у вибраній системі координат XYZ положення статичної площини різання в досліджуваній точці різальної кромки визначається вектором швидкості головного руху різання \bar{V} і вектором, дотичним до різальної кромки. Положення задньої площини визначається вектором \bar{P} і вектором \bar{Z} , розташованим на задній поверхні. Положення вектора \bar{Z} залежить від форми задньої поверхні. У загальному випадку в системі XYZ вектори \bar{P} , \bar{V} і \bar{Z} будуть:

$$\begin{aligned}\bar{P} &= \bar{i}P_x + \bar{j}P_y + \bar{k}P_z, \\ \bar{V} &= \bar{i}V_x + \bar{j}V_y + \bar{k}V_z, \\ \bar{Z} &= \bar{i}Z_x + \bar{j}Z_y + \bar{k}Z_z.\end{aligned}$$

Вектор нормалі \bar{N}_p до площини різання буде:

$$\bar{N}_p = [\bar{P} \times \bar{V}] = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ P_x & P_y & P_z \\ V_x & V_y & V_z \end{vmatrix} = \bar{i}(P_y V_z - P_z V_y) - \bar{j}(P_x V_z - P_z V_x) + \bar{k}(P_x V_y - P_y V_x),$$

$$\bar{N}_p = \bar{i}N_{px} + \bar{j}N_{py} + \bar{k}N_{pz}.$$

Вектор нормалі \bar{N}_3 до задньої площини буде:

$$\bar{N}_3 = [\bar{P} \times \bar{Z}] = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ P_x & P_y & P_z \\ Z_x & Z_y & Z_z \end{vmatrix} = \bar{i}(P_y Z_z - P_z Z_y) - \bar{j}(P_x Z_z - P_z Z_x) + \bar{k}(P_x Z_y - P_y Z_x),$$

$$\bar{N}_3 = \bar{i}N_{3x} + \bar{j}N_{3y} + \bar{k}N_{3z}.$$

Кут між нормаллю \bar{N}_p до площини різання і нормаллю \bar{N}_3 до задньої поверхні, в досліджуваній точці різальної кромки, буде рівний задньому куту α_n в нормальному перетині.

Відповідно до цього кут α_n буде рівний:

$$\cos \alpha_n = \frac{(\bar{N}_p \cdot \bar{N}_3)}{|\bar{N}_p| \cdot |\bar{N}_3|}.$$

Скалярний добуток векторів \bar{N}_p і \bar{N}_3 буде дорівнювати:

$$(\bar{N}_p \cdot \bar{N}_3) = N_{px} \cdot N_{3x} + N_{py} \cdot N_{3y} + N_{pz} \cdot N_{3z}.$$

Модуль вектора нормалі до площини різання буде:

$$|\bar{N}_p| = \sqrt{N_{px}^2 + N_{py}^2 + N_{pz}^2}.$$

Модуль вектора нормалі \bar{N}_3 до задньої поверхні в досліджуваній точці різальної кромки, буде:

$$|\bar{N}_3| = \sqrt{N_{3x}^2 + N_{3y}^2 + N_{3z}^2}.$$

Статичний задній кут α_n в нормальному до різальної кромки перетині буде дорівнювати:

$$\cos \alpha_n = \frac{N_{px}N_{3x} + N_{py}N_{3y} + N_{pz}N_{3z}}{\sqrt{N_{px}^2 + N_{py}^2 + N_{pz}^2} \cdot \sqrt{N_{3x}^2 + N_{3y}^2 + N_{3z}^2}}.$$

Задній кут α_n в нормальному до різальної кромки перетині може бути визначено також за залежністю:

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{\left| \left[\bar{N}_p \times \bar{N}_3 \right] \right|}{\left(\bar{N}_p \cdot \bar{N}_3 \right)}.$$

Векторний добуток векторів \bar{N}_p і \bar{N}_3 буде:

$$\left[\bar{N}_p \times \bar{N}_3 \right] = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ N_{px} & N_{py} & N_{pz} \\ N_{3x} & N_{3y} & N_{3z} \end{vmatrix} = \bar{i}(N_{py}N_{3z} - N_{3y}N_{pz}) - \bar{j}(N_{px}N_{3z} - N_{3x}N_{pz}) + \bar{k}(N_{px}N_{3y} - N_{3x}N_{py}).$$

Модуль векторного добутку $\left| \bar{N}_p \times \bar{N}_3 \right|$

$$\left| \left[\bar{N}_p \times \bar{N}_3 \right] \right| = \sqrt{\left(N_{py}N_{3z} - N_{3y}N_{pz} \right)^2 + \left(N_{px}N_{3z} - N_{3x}N_{pz} \right)^2 + \left(N_{px}N_{3y} - N_{3x}N_{py} \right)^2}.$$

Задній кут α_n в нормальному до різальної кромки перетині буде дорівнювати:

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{\sqrt{\left(N_{py}N_{3z} - N_{3y}N_{pz} \right)^2 + \left(N_{px}N_{3z} - N_{3x}N_{pz} \right)^2 + \left(N_{px}N_{3y} - N_{3x}N_{py} \right)^2}}{N_{px}N_{3x} + N_{py}N_{3y} + N_{pz}N_{3z}}.$$

Статичні геометричні параметри в різних січних площинах. Визначимо величини статичних передніх γ_c і задніх α_c кутів при їх вимірюванні в головній січній площині. Задані величини статичних передніх кутів γ_n і задніх α_n кутів в нормальному до різальної кромки перетині і величина статичного кута λ_c нахилу різальної кромки. Схема різальної частини даного інструменту зображена на рис. 1 в системі площин проекції Π_1/Π_3 і системі площин проекції Π_1/Π_2 . Площина Π_1 вибрана співпадаючою з площиною різання P_n . Площина Π_2 йде паралельно головній січній площині P_τ . Площина Π_3 йде паралельно площині P_n , перпендикулярній різальній кромці BF .

На площині Π_1 зображений вектор \bar{V} швидкості головного руху різання, перпендикулярно до якого проведена основна площина P_V . Відповідно до заданого кута λ_c проведена різальна кромка, розташована в площині Π_1 .

У площині Π_3 зображений перетин різальної частини інструменту площиною перпендикулярною різальній кромці в досліджуваній її точці B . Відповідно до заданих кутів γ_n і α_n проведені в проекції на площину Π_3 дотична B_3C_3 до передньої поверхні і дотична до задньої поверхні B_3C_3 . Через досліджувану точку B різальної кромки проводиться головна січна площина P_τ . З передньою поверхнею P_τ перетинається по лінії BC . Знаючи положення лінії BC в системі площин проекцій Π_1/Π_3 , за правилом

зміни площин проекції знаходиться проекція B_2C_2 лінії BC на площину Π_2 . Кут між лінією BC і основною площиною P_V буде статичним переднім кутом γ_c в головній січній площині. Із задньою поверхнею площина P_τ перетинається по прямій BE . Знаючи положення лінії BE в системі площин проекції Π_1/Π_3 , за правилом зміни площин проекції визначається проекція B_2E_2 лінії BE на площину Π_2 . Кут між лінією BE і площиною різання P_n буде статичним заднім кутом α_c в головній січній площині.

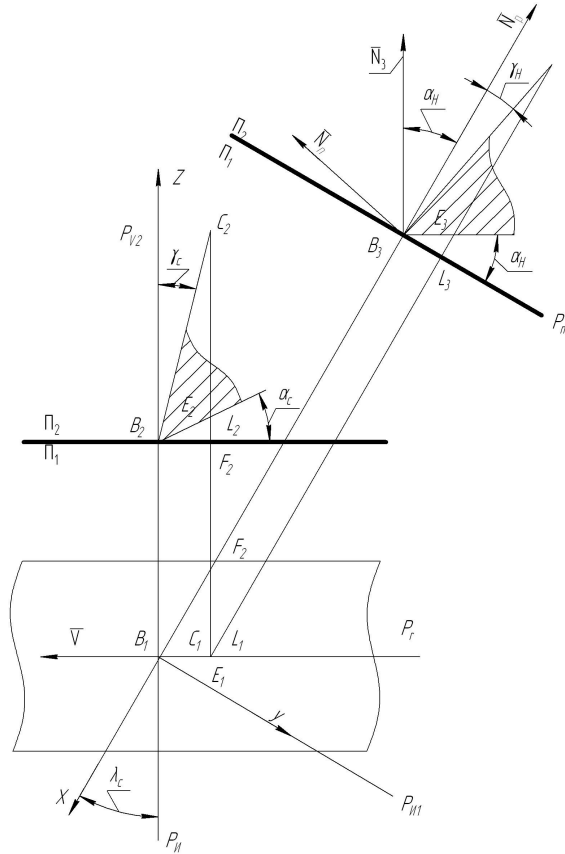


Рис. 1. Статичні геометричні параметри в різних січніх площинах

За побудовою задній кут α_H в нормальному до різальної кромки перетині рівний куту між нормаллю \bar{N}_p до площини різання і нормаллю \bar{N}_3 до задньої поверхні. У системі XYZ вектор \bar{N}_3 нормалі до задньої поверхні буде:

$$\bar{N}_3 = -\bar{j} \sin \alpha_H + \bar{k} \cos \alpha_H.$$

Вектор B_2E_2 , який розташований на задній поверхні, буде:

$$\overline{B_2E_2} = \bar{i}(-\sin \lambda_c) + \bar{j} \cos \lambda_c + \bar{k} \operatorname{tg} \alpha_c.$$

Вектори \bar{N}_3 і B_2E_2 взаємно перпендикулярні, тому їх скалярний добуток рівний нулю $(\bar{N}_3 \cdot \overline{B_2E_2}) = 0$.

Отже

$$-\sin \alpha_H \cdot \cos \lambda_c + \operatorname{tg} \alpha_c \cdot \cos \alpha_H = 0;$$

Звідси

$$\operatorname{tg} \alpha_c = \operatorname{tg} \alpha_H \cdot \cos \lambda_c.$$

Кут між нормаллю N_p до площини різання і нормаллю N_n до передньої поверхні буде рівний $90 - \gamma_n$. При аналітичному рішенні даної задачі в системі координат XYZ запишемо вектор нормалі $\overline{N_{II}}$ до передньої поверхні рівний:

$$\overline{N_{II}} = -\bar{j} + \bar{k} \operatorname{tg} \gamma_n.$$

Вектор $\overline{B_2C_2}$, який лежить на передній поверхні, буде:

$$\overline{B_2C_2} = \bar{i} \operatorname{tg} \gamma_c \cdot \sin \lambda_c + \bar{j} \operatorname{tg} \gamma_c \cdot \cos \lambda + \bar{k}.$$

Дані вектори взаємно перпендикулярні, тому їх скалярний добуток рівний нулю: $(\overline{N_n} \cdot \overline{B_2C_2}) = 0$.

$$\text{Отже } \operatorname{tg} \gamma_c \cdot \cos \lambda + \operatorname{tg} \gamma_n = 0; \text{ звідси } \operatorname{tg} \gamma_c = \frac{\operatorname{tg} \gamma_n}{\cos \lambda}.$$

Висновки

Розроблена методика аналітичного визначення геометричних параметрів різальної кромки інструменту, отримані загальні залежності визначення геометрії передньої та задньої поверхонь в різних системах координат, які дозволяють з застосуванням сучасних програмних продуктів аналізувати геометрію в будь-якій точці різальної кромки. Розроблена методика є основою розробки інформаційного забезпечення САПР фасонних різальних інструментів.

Список літератури: 1. Равская Н.С. Теория графического определения геометрических параметров режущей части инструментов// Сучасні технології в машинобудуванні. Збірник наукових праць. Вип. IV/ Харків – НТУ „ХПІ”, 2008. – с. 49-60. 2. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов. – К: Вища школа. 1990. – 423 с. 3. Общая теория определения геометрических параметров инструментов// Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць ДДМА. Вип. 14/ Краматорськ, 2004. – С. 3-11. 4. Равська Н.С., Ніколаєнко Т.П., Корбут Є.В. Теорія аналітичного визначення геометричних параметрів інструментів// Вісник ЖДТУ, Вип. 29. – Житомир: 2004. – С. 134-136. 5. Равська Н.С., Красновид Д.О. Геометрія різальної частини мітчика в кінематичній системі координат// Процеси механічної обробки в машинобудуванні. Вип. 1. – Житомир, 2005. – С. 203-207.

МЕТОДИКА АНАЛІТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ІНСТРУМЕНТУ

Равська Н.С., Ніколаєнко Т.П., Сільчин Д.О.

В роботі викладений метод аналітичного визначення геометричних параметрів інструменту, виведені аналітичні залежності для визначення геометрії передніх і задніх поверхонь в різних системах координат.

МЕТОДИКА АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ИНСТРУМЕНТА

Равская Н.С., Николаенко Т.П., Сильчин Д.А.

В работе излагается метод аналитического определения геометрических параметров инструмента, выведены аналитические зависимости для определения геометрии передних и задних поверхностей в различных системах координат.

METHOD OF ANALYTICAL DETERMINATION OF GEOMETRICAL

PARAMETERS OF CUTTING PART OF TOOL

Ravska N.S., Nikolaenko T.P., Silchin D.O.

The method of analytical determination of geometrical parameters of tool is expounded, analytical dependences are shown out for determination of geometry of front and back surfaces in the different coordinate systems.

Рецензент: к.т.н. Гриньов Ю.О.