

УДК 621.914.22

Равська Н.С., д.т.н., проф. Парненко В. С., асистент.

НТУУ «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

### ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИЧНИХ ПЕРЕДНІХ І ЗАДНІХ КУТІВ ФАСОННОЇ ОБКАТНОЇ ФРЕЗИ У ВЕРШИННОЇ ТОЧКИ ЇЇ РІЗУЧОЇ КРОМКИ

*Розглянуто задачу визначення статичних передніх і задніх кутів фасонної обкатної фрези у верхній вершинної точки її різучої кромки.*

*Відмінність величин статичних геометричних параметрів різальної частини від інструментальних геометричних параметрів викликається тим, що вектор швидкості головного руху різання не співпадає з вектором швидкості різання в інструментальній системі координат в досліджуваній точці різучої кромки. Тому статична площина різання не співпадає з інструментальною площиною різання.*

*Зважаючи на те, що від геометричних параметрів в великій мірі, визначають роботу технологічної системи різання, важливо знати геометричні параметри в процесі роботи інструмента в різних точках різальної кромки в будь-який момент різання.*

*Використовуючи кінематичний спосіб визначення геометричних параметрів різучої частини інструмента, показано, що в порівнянні з інструментальними статичні передні кути зменшуються, а статичні задні кути збільшуються.*

**Ключові слова:** статичні передні кути, статичні задні кути, геометричні параметри, фасонна обкатна фреза.

Геометричні параметри різальної частини інструмента мають велике значення для підвищення продуктивності обробки, збільшення стійкості інструмента, поліпшення якості обробленої поверхні та підвищення вібростійкості технологічної системи. Точність обробки заданої поверхні деталі також залежить від геометричних параметрів різальної частини інструмента [1].

При аналізі геометричних параметрів різальної частини інструменту виникає завдання визначення величин передніх  $\gamma$  і задніх  $\alpha$  кутів у вибраній системі координат при відомих геометричних параметрів в іншій системі координат.

Найчастіше визначається геометричні параметри різальної частини в статичній системі координат при відомих геометричних параметрах в інструментальній системі координат. У загальному випадку інструментальні геометричні параметри різальної частини не співпадають із статичними геометричними параметрами різальної частини [2].

Відмінність величин статичних геометричних параметрів різальної частини від інструментальних геометричних параметрів викликається тим, що вектор швидкості  $\vec{V}$  головного руху різання не співпадає з вектором швидкості різання в інструментальній системі координат в досліджуваній точці різучої кромки. Тому статична площина різання не співпадає з інструментальною площиною різання. Відповідно змінюються величини інструментальних передніх і задніх кутів в нормальному до різальної кромки перетині на величину кута  $\tau_N$  між інструментальною площиною різання і статичною площиною різання [3].

Зважаючи на те, що від геометричних параметрів в великій мірі, визначають роботу технологічної системи різання, важливо знати геометричні параметри в процесі їх роботи в різних точках різальної кромки в будь-який момент різання.

Розглянемо задачу визначення статичних передніх і задніх кутів фасонної обкатної фрези у верхній вершинної точки її різучої кромки (рис.1).

Будемо вважати відомими:

- міжосьова відстань - " a "
- радіус внутрішнього кола деталі – r
- кут установки фрези –(  $\varphi_8 + \gamma$  )
- радіус вершинної точки різучої кромки фрези - R<sub>0</sub>
- кут нахилу осі фрези -  $\tau$

Дотична до різучої кромки у вершинній її точці йде паралельно осі фрези, тобто в цій точці кут в плані  $\varphi = 90^\circ$ .

У відповідності з заданими величинами зображується в системі площин проєкцій V/H внутрішня окружність деталі, радіуса r. Площину проєкцій V обрана перпендикулярно осі

деталі. Тому на площину  $V$  окружність деталі радіуса  $r$  проектується в дійсну величину. Площина  $H$  йде паралельно осей деталі та інструменту. На площину  $H$  окружність деталі радіуса  $r$  проектується на слід перерізу  $I - I$ . Проекція  $O_2$  осі фрези на площину  $V$  йде паралельно осі проєкцій  $V/H$ . Площина  $H$  на вісь фрези проектується на пряму  $OO$ , положення якої характеризується заднім кутомт.

Введена також система площин проєкцій  $H/W$ . Площина  $W$  проведена перпендикулярно осі фрези. Тому окружність  $AB$  обертання вершинної точки ріжучої кромки навколо осі фрези на площину  $W$  проектується в дійсну величину. На площину  $H$  окружність обертання вершинної точки ріжучої кромки навколо осі фрези проектується на пряму  $A_1B_1$ .

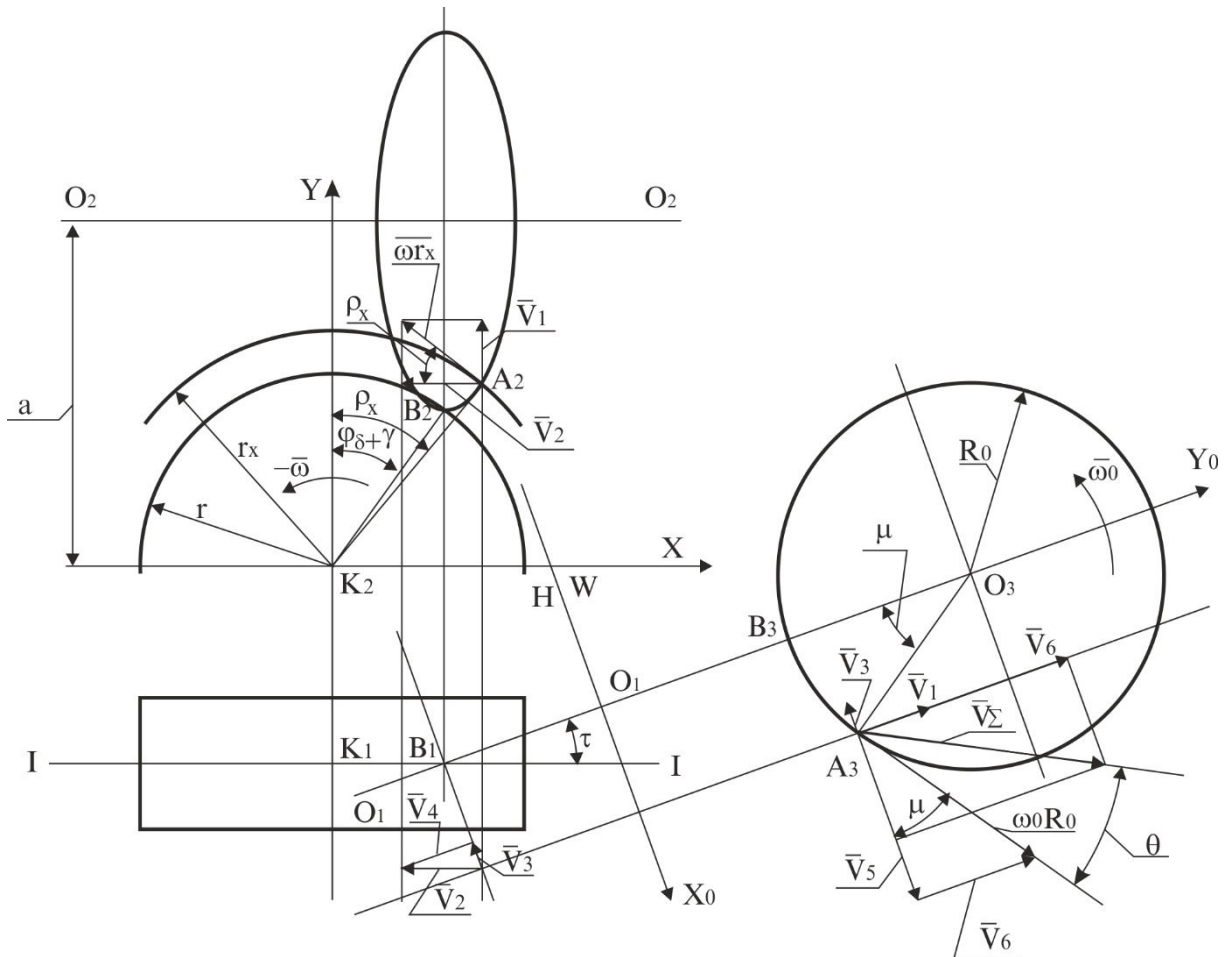


Рис. 1. Визначення статичних передніх і задніх кутів

Розглянемо довільне положення вершинної точки  $A$  ріжучої кромки фрези, яке характеризується кутом  $\mu$  повороту фрези навколо її осі. Кут повороту  $\mu$  в справжню величину проектується на площину  $W$ . Вибравши положення точки  $A$  в системі  $H/W$  (її проєкції  $A_3$  і  $A_1$ ), за правилом зміни площин проєкцій, знаходиться проєкція  $A_2$  точки  $A$  на площину  $V$ .

Вектор швидкості обертання точки  $A$  навколо осі фрези, рівний  $\bar{\omega}_0 \bar{R}_0$ , проектується в справжню величину на площину  $W$ . Він йде перпендикулярно радіусу  $O_3A_3$ .

Визначимо швидкість точки  $A$  ріжучої кромки фрези. Вважається, що в процесі обробки всі рухи робить фреза. Для цього всю систему змусимо обертатися навколо осі деталі з кутовою швидкістю  $-\bar{\omega}$  рівної кутової швидкості обертання деталі, але спрямованої в протилежну сторону. Швидкість точки  $A$  ріжучої кромки з урахуванням двох розглянутих обертань буде швидкістю руху точки  $A$  відносно заготовки.

Вектор швидкості обертання точки  $A$  навколо осі деталі з кутовою швидкістю  $-\bar{\omega}$  буде дорівнювати  $\bar{\omega} \bar{R}_x$ . Він у справжню величину проектується на площину  $V$ . Вектор  $\bar{\omega} \bar{r}_x$  розкладемо на два вектори:

$$\bar{\omega} \bar{r}_x = \bar{V}_1 + \bar{V}_2 \quad (1)$$

Вектор  $\bar{V}_1$  йде вертикально, за правилом зміни площин проєкцій, переноситься на площину W. Вектор  $\bar{V}_2$  розташовується горизонтально і в дійсну величину проєктується на площину V, так і на площину H. У горизонтальній площині H вектор  $\bar{V}_2$  розкладаємо на два вектори:

$$\bar{V}_2 = \bar{V}_3 + \bar{V}_4 \quad (2)$$

Вектор  $\bar{V}_4$  йде по дотичній до ріжучої кромки. Розглянутий рух в точці A ріжучої кромки не впливає на форму різання, яка описується ріжучої кромки фрези, при її русі відносно заготовки. Тому цей рух зі швидкістю  $\bar{V}_4$  не враховується при аналізі геометричних параметрів ріжучої частини. Вектор  $\bar{V}_3$  не враховується при аналізі геометричних параметрів ріжучої частини. Вектор  $\bar{\omega}_0 \bar{R}_0$  швидкості обертання вершинної точки ріжучої кромки навколо фрези розкладаємо також на два напрямки:

$$\bar{\omega}_0 \bar{R}_0 = \bar{V}_5 + \bar{V}_6 \quad (3)$$

Таким чином на площину W в лінійну величину проєктуються вектори:  $\bar{V}_1, \bar{V}_3, \bar{V}_5$  та  $\bar{V}_6$ .

Довжина сумарного горизонтального вектора буде дорівнювати:  $(\bar{V}_5 - \bar{V}_3)$ .

Довжина сумарного вертикального вектора буде дорівнювати:  $(\bar{V}_1 + \bar{V}_6)$ .

З побудови маємо:

$$\bar{V}_\Sigma = (\bar{V}_5 - \bar{V}_3) + (\bar{V}_1 + \bar{V}_6) \quad (4)$$

Сумарний вектор  $\bar{V}_\Sigma$  статичної поверхні різання, яка створюється в результаті двох обертань навколо осей які перехрещуються при обробці.

Вектори  $\bar{V}_4$  і  $\bar{V}_\Sigma$  визначають положення статичної площини різання. Вектори  $\bar{V}_\Sigma$  і  $\bar{\omega}_0 \bar{R}_0$  визначають положення інструментальної площини різання. Тому статичний задній кут  $\alpha_c$  фрези, при його вимірюванні в перерізі перпендикулярному осі фрези, буде дорівнювати:

$$\alpha_c = \alpha_i + \theta \quad (5)$$

де  $\alpha_i$  - інструментальний задній кут;  $\theta$  - кут, укладений між векторами  $\bar{V}_\Sigma$  і  $\bar{\omega}_0 \bar{R}_0$ .

Радіус  $r_x$  буде дорівнювати:

$$r_x = \frac{a - R_0 \cdot \cos(\mu)}{\cos(\rho_x)} \quad (6)$$

Довжина вектора  $\bar{\omega} r_x$  буде рівна:

$$\bar{\omega} r_x = \frac{a - R_0 \cdot \cos(\mu)}{\cos(\rho_x)} \cdot \omega \quad (7)$$

Довжини векторів  $\bar{V}_1$  і  $\bar{V}_2$  дорівнює:

$$|\bar{V}_1| = \omega r_x \cdot \sin(\rho_x) \quad (8)$$

$$|\bar{V}_2| = \omega r_x \cdot \cos(\rho_x) \quad (9)$$

Розглядаючи трикутник, складений з векторів  $\bar{V}_2, \bar{V}_3, \bar{V}_4$ , маємо:

$$V_3 = V_2 \cdot \sin(\tau) = \omega r_x \cdot \cos(\rho_x) \cdot \sin(\tau) \quad (10)$$

$$V_4 = V_2 \cdot \cos(\tau) = \omega r_x \cdot \cos(\rho_x) \cdot \cos(\tau) \quad (11)$$

З трикутника, складеного з векторів  $\bar{V}_5, \bar{V}_6$  і  $\bar{\omega}_0 \bar{R}_0$ , будемо мати:

$$\bar{V}_5 = \omega_0 \cdot R_0 \cdot \cos(\mu) \quad (12)$$

$$\bar{V}_6 = \omega_0 \cdot R_0 \cdot \sin(\mu) \quad (13)$$

В системі  $X_0 Y_0$  проєкція сумарного вектора на вісь  $X_0$  буде:

$$\bar{V}_x = \bar{V}_5 - \bar{V}_3 = \omega_0 \cdot R_0 \cdot \cos(\mu) - \omega \cdot r_x \cdot \cos(\rho_x) \cdot \sin(\tau) \quad (14)$$

Статичний передній кут  $\gamma_c$  фрези, при його вимірюванні вершинної точки в перерізі

перпендикулярному осі фрези, буде дорівнювати:

$$\gamma_c = \gamma_i - \theta \quad (15)$$

де  $\gamma_i$  - інструментальний передній кут фрези.

У відповідності з графічним рішенням, координати точки  $A_3$  в системі  $X_0Y_0$  будуть:

$$X_0 = R_0 \cdot \sin(\mu) \quad (16)$$

$$Y_0 = a - R_0 \cos(\mu) \quad (17)$$

В системі  $XU$  координати точки  $A_2$  будуть:

$$X_A = r \cdot \sin(\varphi_\delta + \gamma) + R_0 \cdot \sin(\mu) \cdot \sin(\tau) \quad (18)$$

$$Y_A = a - R_0 \cos(\mu) \quad (19)$$

Кут  $\rho_x$  підраховується за формулою:

$$\operatorname{tg}(\rho_x) = \frac{X_A}{Y_A} = \frac{r \cdot \sin(\varphi_\delta + \gamma) + R_0 \cdot \sin(\mu) \cdot \sin(\tau)}{a - R_0 \cos(\mu)} \quad (20)$$

В системі  $X_0Y_0$  проекція суми секторів на вісь  $Y_0$ , буде:

$$\bar{V}_y = \bar{V}_1 + \bar{V}_6 = \omega \cdot r_x \cdot \sin(\rho_x) + \omega_0 \cdot R_0 \cdot \sin(\mu) \quad (21)$$

З побудови маємо:

$$\operatorname{tg}(\mu + \theta) = \frac{|\bar{V}_1| + |\bar{V}_6|}{V_5 - V_3} \quad (22)$$

Підставляючи в цю формулу довжини векторів  $\bar{V}_1, \bar{V}_3, \bar{V}_5$  та  $\bar{V}_6$  отримаємо:

$$\operatorname{tg}(\mu + \theta) = \frac{\omega \cdot r_x \cdot \sin(\rho_x) + \omega_0 \cdot R_0 \cdot \sin(\mu)}{\omega_0 \cdot R_0 \cdot \cos(\mu) - \omega \cdot r_x \cdot \cos(\rho_x) \cdot \sin(\tau)} \quad (23)$$

або

$$\operatorname{tg}(\mu + \theta) = \frac{r_x \cdot \sin(\rho_x) + \frac{\omega_0}{\omega} \cdot R_0 \cdot \sin(\mu)}{\frac{\omega_0}{\omega} \cdot R_0 \cdot \cos(\mu) - r_x \cdot \cos(\rho_x) \cdot \sin(\tau)} \quad (24)$$

Звідси визначається кут  $\theta$ , знаючи кут  $\mu$ , який характеризує положення вершинної точки ріжучої кромки в досліджуваній момент часу. Статичні передній і задній кути розраховуються за формулами:

$$\gamma_c = \gamma_i - \theta \quad (25)$$

$$\alpha_c = \alpha_i + \theta \quad (26)$$

Кути  $\gamma_i$  і  $\alpha_i$  вимірюються в торцевому перерізі фрези.

У статті проаналізовані геометричні параметри ріжучої частини обкатних дискових фрез і визначені статичні геометричні параметри ріжучої частини в вершинній точці зуба фрези при відомих інструментальних геометричних параметрах. Використовуючи кінематичний спосіб визначення геометричних параметрів ріжучої частини інструмента, показано, що в порівнянні з інструментальними статичні передні кути зменшуються, а статичні задні кути збільшуються.

#### Інформаційні джерела

1. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. К.: Вища школа. Головное изд-во, 1986. 455 с.
2. Режущий инструмент: [учебник для вузов] / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, В.И. Кокарев, А.Г. Схиртладзе. – М.: Машиностроение, 2007. – 528 с. ISBN 978-5-217-03373-7.
3. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов. - К.: Вища школа, 1990. – 424 с.

**Равская Н.С., д.т.н. Парненко В. С.**

НТУУ «Киевский политехнический институт»

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ПЕРЕДНИХ И ЗАДНИХ УГЛОВ ФАСОННОЙ ОБКАТОЧНОЙ ФРЕЗЫ В ВЕРШИННОЙ ТОЧКЕ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ

*Рассмотрена задача определения статических передних и задних углов фасонной*

*обкаточной фрезы в верхней вершинной точки ее режущей кромки.*

*Отличие величин статических геометрических параметров режущей части от инструментальных геометрических параметров вызывается тем, что вектор скорости главного движения резания не совпадает с вектором скорости резания в инструментальной системе координат в исследуемой точке режущей кромки. Поэтому, статическая плоскость резания не совпадает с инструментальной плоскостью резания.*

*Несмотря на то, что от геометрических параметров в большой степени определяют работу технологической системы резания, важно знать геометрические параметры в процессе работы инструмента в различных точках режущей кромки в любой момент резания.*

*Используя кинематический способ определения геометрических параметров режущей части инструмента, показано, что по сравнению с инструментальными статические передние углы уменьшаются, а статические задние углы увеличиваются.*

*Ключевые слова: статические передние углы, статические задние углы, геометрические параметры, фасонная обкаточная фреза.*

**N. Ravska, V. Parnenko**

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

**THE DEFINITION OF THE STATIC FRONT ANGLES AND STATIC REAR ANGLES FOR SHAPED MILLING CUTTER IN THE VERTEX POINT OF THE CUTTING EDGE**

*The determining of the problem of static front angles and static rear angles for shaped milling cutter in the upper vertex point of the cutting edge.*

*The difference between the static values of the geometric parameters of shaped milling cutter from the instrumental geometry parameters, the fact that the velocity vector of the main cutting motion vector does not match the cutting speed in instrumental coordinate system in the study point cutting edge. Therefore, static cutting plane is different from instrumental cutting plane.*

*Given the fact that the geometrical parameters to a large extent, determine job technological cutting system, it is important to know the geometrical parameters in their work in different parts of the cutting edge at any point of cutting.*

*By using the kinematic method of determining, the geometric parameters of the cutting tool shown that compared with instrumental geometry parameters, static front angles are reduced and static rear angles increases.*

**Keywords:** *static front angles, the static rear angles, geometric parameters, for shaped milling cutter.*