

Список литературы: 1. Полунин В. Т., Гуленко Г. Н. Эксплуатация мощных конвейеров. – М.: Недра.- 1986. – 343 с. 2. Шпакунов И.А. Исследование основных составляющих коэффициента сопротивления движению ленты на длинных горизонтальных ленточных конвейерах: Автореферат кандидатской дисс.: – М., 1968. – 217 с 3. Монастырский В.Ф. Разработка методов и средств управления надежностью горных машин. //Наука и образование.- №3.- Якутск: из-во СО РАН.- 2001.- С 144-151. 4. Монастырский В.Ф., Монастырский С.В. Научное обоснование исходных данных для определения потребительского качества предприятий АК «АЛРОСА» //Сб. трудов Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы комплексного освоения месторождений полезных ископаемых криолитозоны».- Якутск: из-во СОРАН.- т.3.- 2004 г.-С.175-184.

Сдано в редакцию 07.05.07

ГРАФІЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИЧНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ВІДРІЗНИХ ФРЕЗ З РІЗНОНАПРАВЛЕНИМИ ЗУБЦЯМИ І СТРУЖКОВИМИ КАНАВКАМИ ЗМІННОЇ ВИСОТИ

Панчук В.Г., Майданюк С.В. (НТУУ “КПІ”, м. Київ, Україна)

In the article by the use of graphic method there are determined the static geometrics of the cutting part of cutting-off mills with the multi-directional cogs and the filing ditches of variable depth

Вступ. Геометричні параметри різальної частини в досліджуваній точці різальної кромки інструменту характеризуються величинами переднього і заднього кутів, кутом в плані і кутом нахилу різальної кромки. В теоретичних розрахунках процесу різання відрізними фрезами використовуються статичні геометричні параметри у відповідності до визначень ДСТУ 2249-93 [1].

З метою одержання більш раціональної схеми зрізання припуску розроблені конструкції відрізнних фрез з підрізаючими кромками і різнонаправленими зубцями [2, 3].

Теорія розрахунків, з метою оцінки працездатності і оптимізації конструкції, відрізнних фрез з різнонаправленими зубцями і стружковими канавками на даний час відсутня.

Для розробки рекомендацій з вибору конструктивних і геометричних параметрів, а також для визначення раціональної області використання відрізнних фрез заданої конструкції необхідно знати залежності статичних геометричних параметрів різальних зубців від їх конструктивних параметрів.

В даній статті графічним методом розв’язується задача визначення статичних геометричних параметрів відрізнних фрез з різнонаправленими зубцями і стружковими канавками змінної висоти. Графічний метод порівняно з аналітичним [4] дозволяє отримати розрахункові залежності простішої структури і більш наглядного вигляду.

Конструкція відрізної фрези. Схема різальної частини дискової відрізної фрези зображена на рис. 1. На кожному зубці фрези задана інструментальна система координат XYZ . За початок координат інструментальної системи координат приймається точка різальної кромки зуба в середньому січенні дискової фрези. Вісь Z лежить на лінії перетину площин P_{vi} і P_{ni} і іде паралельно до осі дискової фрези. Вісь Y розміщена на лінії перетину площин P_{vi} і P_{ti} і направлена перпендикулярно до осі фрези. Вісь X розміщена на лінії перетину площин P_{ni} і P_{ti} і є дотичною до кола, яке

описує вершини зубців фрези в середньому січенні. Положення площини передньої поверхні зуба фрези характеризується інструментальним переднім кутом γ_i . Положення площини задньої поверхні характеризується заднім інструментальним кутом α_i та положенням твірної фасонної циліндричної поверхні стружкової канавки сусіднього зубця. Кути α_i і γ_i вимірюються в інструментальній головній січній площині, яка перпендикулярна до осі фрези.

Розглянемо конструкцію відрізної фрези з різнонаправленими зубцями і канавками перемінної глибини, в якій стружкові канавки являють собою фасонну циліндричну поверхню заданого профілю. На першому зубі в системі координат $X_1Y_1Z_1$ положення твірної фасонної циліндричної поверхні стружкової канавки задається величинами кутів η_1 і τ_1 (див. рис. 1). Кут η_1 характеризує перемінну глибину стружкової канавки, а кут τ_1 задає нахил зуба. На другому зубці в системі координат $X_2Y_2Z_2$ положення твірної фасонної циліндричної поверхні стружкової канавки задаються величинами кутів η_2 і τ_2 . Системи координат $X_1Y_1Z_1$ і $X_2Y_2Z_2$ орієнтовані відносно передніх поверхонь відповідних зубців. Осі Y_1 і Y_2 лежать в середньому січенні і паралельні до відповідної передньої поверхні, осі Z_1 і Z_2 співпадають з віссю Z інструментальної системи.

Для того, щоб отримати раціональну схему зрізання припуску, величини кутів η_1 і η_2 вибираються так, щоб глибина канавки, при переміщенні вздовж осей Z у вибраному напрямі, на одному зубці збільшувалась, а на іншому зубці зменшувалась. Кути τ_1 і τ_2 вибирають так, щоб одержати різнонаправлені стружкові канавки на сусідніх зубцях.

Визначення кута в плані в площині передньої поверхні зубця. Введемо системи площин проєкцій Π_1/Π_2 , Π_2/Π_3 і Π_3/Π_4 (див. рис. 1). Площина проєкцій Π_1 паралельна до площини P_{τ_1} , площина проєкцій Π_2 паралельна до лінії перетину площини P_{τ_1} і площини передньої поверхні A_γ , площина проєкцій Π_3 перпендикулярна до площини A_γ , площина проєкцій Π_4 паралельна до A_γ . На площину проєкцій Π_4 передня поверхня зубця $ABCD$ проєктується в натуральну величину.

Тоді відповідно до побудов на рис. 1 кут в плані ϕ_γ визначається із відношення

$$\operatorname{tg} \phi_\gamma = \frac{B}{\cos \tau_1 \cdot B_4 L_4} \quad (1)$$

Для визначення довжини відрізка $B_4 L_4 = B_2 L_2$ необхідно знати координати точок A і B різальної кромки. Різальна кромка утворюється на перетині передньої поверхні $ABCD$ і задньої поверхні $ABMN$ зубця. Точка A може бути визначена як точка перетину прямих AN і AD . Запишемо рівняння прямої AN за двома точками. Для цього через середню точку різальної кромки AB проведемо уявну твірну фасонної циліндричної поверхні стружкової канавки. В системі координат $X_2Y_2Z_2$ твірна перетне передній торець циліндричної фрези в точці A' з координатами $(-0,5B \operatorname{tg} \tau_2; -0,5B \operatorname{tg} \eta_2; 0,5B)$. Система координат $X_1Y_1Z_1$ повернута відносно системи координат $X_2Y_2Z_2$ на кут ε відносно осі Z . За формулами перетворення координат [5]

в системі координат $X_1Y_1Z_1$ точка A' має координати $(-0,5B(\operatorname{tg} \tau_2 \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \eta_2 \sin \varepsilon); -0,5B(\operatorname{tg} \eta_2 \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \tau_2 \sin \varepsilon); 0,5B)$.

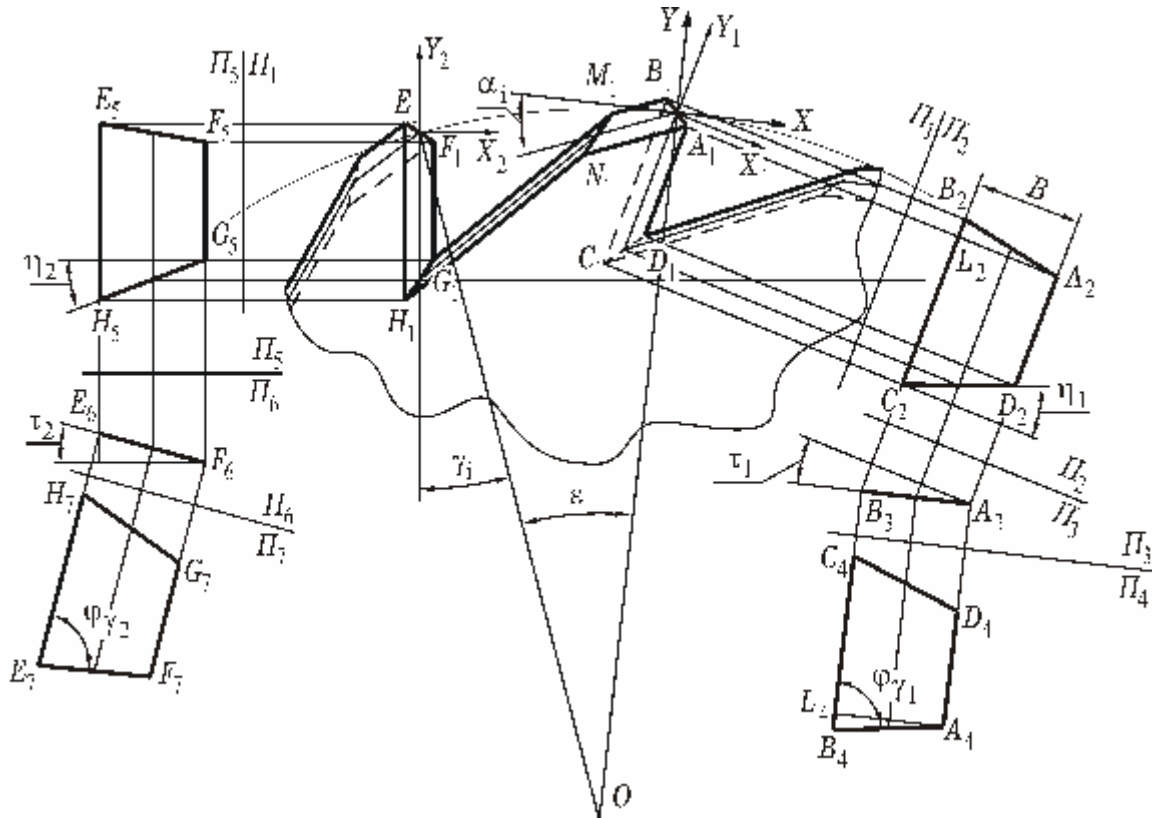


Рис. 1. Схема різальної частини фрези з різноправленими зубцями і стружковими канавками перемінної висоти

Для знаходження другої точки перемістимо твірну вздовж задньої поверхні на деяку довільну відстань. В результаті одержимо точку N' з координатами $(-0,5B(\operatorname{tg} \tau_2 \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \eta_2 \sin \varepsilon) + \cos(\alpha_i + \gamma_i); -0,5B(\operatorname{tg} \eta_2 \cos \varepsilon - \operatorname{tg} \tau_2 \sin \varepsilon) + \sin(\alpha_i + \gamma_i); 0,5B)$.

Тоді рівняння прямої $A'N'$, яка проходить через дві задані точки [5], в торцевій площині дискової фрези після відповідних перетворень

$$y = \frac{x \sin(\alpha_i + \gamma_i) + 0,5B(\operatorname{tg} \tau_2 \sin(\alpha_i + \gamma_i - \varepsilon) - \operatorname{tg} \eta_2 \cos(\alpha_i + \gamma_i - \varepsilon))}{\cos(\alpha_i + \gamma_i)}. \quad (2)$$

Очевидно, що рівняння прямої AD в системі координат $X_1Y_1Z_1$ має вигляд

$$x = 0,5B \operatorname{tg} \tau_1. \quad (3)$$

Розв'язком системи двох рівнянь (2) і (3) будуть координати x_A і y_A точки A різальної кромки зуба (при $z_A = 0,5B$)

$$x_A = 0,5B \operatorname{tg} \tau_1, \quad (4)$$

$$y_A = \frac{B}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \tau_1 \sin(\alpha_i + \gamma_i) + \operatorname{tg} \tau_2 \sin(\alpha_i + \gamma_i - \varepsilon) - \operatorname{tg} \eta_2 \cos(\alpha_i + \gamma_i - \varepsilon)}{\cos(\alpha_i + \gamma_i)}, \quad (5)$$

Точка B визначається як точка перетину прямих BM і BC . В системі координат $X_2Y_2Z_2$ уявна твірна фасонної циліндричної поверхні стружкової канавки, проведена через середню точку різальної кромки AB , перетне задній торець циліндричної фрези в точці B' з координатами $(0,5B \operatorname{tg} \tau_2; 0,5B \operatorname{tg} \eta_2; -0,5B)$. Подальші розрахунки виконуються аналогічно до розрахунків координат точки A .

Остаточно координати точки B різальної кромки зуба рівні (при $z_B = -0,5B$)

$$x_B = -0,5B \operatorname{tg} \tau_1,$$

$$y_B = -\frac{B}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \tau_1 \sin(\alpha_i + \gamma_i) + \operatorname{tg} \tau_2 \sin(\alpha_i + \gamma_i - \varepsilon) - \operatorname{tg} \eta_2 \cos(\alpha_i + \gamma_i - \varepsilon)}{\cos(\alpha_i + \gamma_i)},$$

Тоді довжина відрізка B_4L_4 визначається за формулою

$$B_4L_4 = |y_A - y_B| =$$

$$= B \frac{\operatorname{tg} \tau_1 \sin(\alpha_i + \gamma_i) + \operatorname{tg} \tau_2 \sin(\alpha_i + \gamma_i - \varepsilon) - \operatorname{tg} \eta_2 \cos(\alpha_i + \gamma_i - \varepsilon)}{\cos(\alpha_i + \gamma_i)}. \quad (7)$$

Звідси підстановкою в формулу (1) отримуємо

$$\operatorname{ctg} \varphi_\gamma = \frac{\cos \tau_1 (\operatorname{tg} \tau_1 \sin(\alpha_i + \gamma_i) + \operatorname{tg} \tau_2 \sin(\alpha_i + \gamma_i - \varepsilon) - \operatorname{tg} \eta_2 \cos(\alpha_i + \gamma_i - \varepsilon))}{\cos(\alpha_i + \gamma_i)}. \quad (8)$$

Аналіз отриманої залежності показує, що тільки кут η_1 не впливає на значення кута в плані φ_γ .

Визначення статичних геометричних параметрів різальної частини слід проводити з вибору системи координат. Різальна кромка конструкції фрези, яка розглядається в даній задачі являє собою пряму лінію. Але оскільки напрям швидкості головного руху вздовж різальної кромки змінюється, то, відповідно, орієнтація статичної системи координат буде залежати від вибору досліджуваної точки різальної кромки. У відповідності до положень ДСТУ 2249-93 [1] основна статична площина проходить через досліджувану точку і перпендикулярна до вектору швидкості головного руху. Так як ми визначали інструментальні геометричні параметри в середній точці різальної кромки, то визначення статичних геометричних параметрів слід починати також із середньої точки різальної кромки.

Статичний кут в плані Головним рухом при відрізанні фрезами є обертальний рух фрези. Тому вектор швидкості головного руху направлений по дотичній до кола, яке описує точка різальної кромки при обертанні навколо осі фрези. В середній точці різальної кромки статична основна площина P_{vc} співпадає із інструментальною основною площиною P_{vi} .

У відповідності до стандарту [1] статичний кут в плані φ_c визначається в статичній основній площині P_{vc} між статичною площиною різання P_{nc} і робочою площиною P_s . На рис. 2 зображено лезо зуба фрези. Різальною кромкою є відрізок AB .

Точки A і B розміщені на різних торцях фрези, ширина якої рівна B . Статична основна площина P_{vc_A} в точці A різальної кромки проходить через вісь фрези і є перпендикулярна до вектора окружної швидкості $\bar{v}_A$ обертання точки A навколо осі фрези.

Введемо систему площин проекцій Π_1/Π_7 . Площина проекцій Π_1 перпендикулярна до осі фрези і статичної основної площини P_{vc_A} , площину проекцій Π_7 проведемо паралельно площині P_{vc_A} . Тому в проекції на площину Π_7 статичний кут в плані φ_{c_A} в точці A різальної кромки буде мати натуральну величину.

Відповідно до геометричних побудов (рис. 2) кут φ_{c_A} визначається із співвідношення

$$\operatorname{ctg} \varphi_{c_A} = \frac{B_7 S_7}{B}, \quad (9)$$

де $B_7 S_7 = B_1 S_1 \cdot \cos(\gamma_i - \delta_A)$, $B_1 S_1 = B_1 L_1 + A_1 L_1 \cdot \operatorname{tg}(\gamma_i - \delta_A)$, $A_1 L_1 = B \operatorname{tg} \tau_1$.

За формулами (7) і (8)

$$B_4 L_4 = \frac{B \operatorname{ctg} \varphi_\gamma}{\cos \tau_1}. \quad (10)$$

Тоді, враховуючи, що $B_1 L_1 = B_4 L_4$

$$B_7 S_7 = \frac{B(\operatorname{ctg} \varphi_\gamma \cos(\gamma_i - \delta_A) + \sin \tau_1 \sin(\gamma_i - \delta_A))}{\cos \tau_1}.$$

Після підстановки в формулу (9) будемо мати

$$\operatorname{ctg} \varphi_{c_A} = \frac{\operatorname{ctg} \varphi_\gamma \cos(\gamma_i - \delta_A) + \sin \tau_1 \sin(\gamma_i - \delta_A)}{\cos \tau_1}. \quad (11)$$

Розрахунок статичного кута в плані φ_{c_B} в точці B різальної кромки виконуємо аналогічно до розрахунку кута φ_{c_A} . Для цього вводимо систему площин проекцій Π_1/Π_8 . Площина проекцій Π_8 паралельна площині P_{vc_B} . Тому в проекції на площину Π_8 статичний кут в плані φ_{c_B} в точці B різальної кромки буде мати натуральну величину.

Відповідно до геометричних побудов (рис. 2) кут φ_{c_B} визначається із співвідношення

$$\operatorname{ctg} \varphi_{c_B} = \frac{B_8 T_8}{B}, \quad (12)$$

де $B_8 T_8 = B_1 T_1 \cdot \cos(\gamma_i + \delta_B)$, $B_1 T_1 = B_1 L_1 + A_1 L_1 \cdot \operatorname{tg}(\gamma_i + \delta_B)$, $A_1 L_1 = B \operatorname{tg} \tau_1$.

Враховуючи формулу (10)

$$B_8 T_8 = \frac{B(\operatorname{ctg} \varphi_\gamma \cos(\gamma_i + \delta_B) + \sin \tau_1 \sin(\gamma_i + \delta_B))}{\cos \tau_1}$$

Після підстановки в формулу (12) остаточно отримаємо

$$\operatorname{ctg} \varphi_{c_B} = \frac{\operatorname{ctg} \varphi_\gamma \cos(\gamma_i + \delta_B) + \sin \tau_1 \sin(\gamma_i + \delta_B)}{\cos \tau_1}. \quad (13)$$

Кут δ , який входить в формули для визначення кутів φ_{c_A} і φ_{c_B} вказує величину кутового зміщення крайніх точок різальної кромки відносно положення середньої точки.

Оскільки нам відомі координати точки A в координатній системі $X_1 Y_1 Z_1$ то ми можемо визначити їх також в системі координат XYZ (див. рис. 1). Тоді кут δ за схемою на рис. 2 можна визначити за співвідношенням

$$\operatorname{tg} \delta_A = \frac{x'_A}{R - y'_A}, \quad (14)$$

де x'_A і y'_A — координати точки A в координатній системі XYZ ; R — радіус фрези в середньому січенні.

Координатна система XYZ повернута на кут $-\gamma_i$ навколо осі Z відносно координатної системи $X_1 Y_1 Z_1$. Виконаємо перетворення координат за формулами

$$x'_A = x_A \cos \gamma_i + y_A \sin \gamma_i, \quad y'_A = y_A \cos \gamma_i - x_A \sin \gamma_i, \quad z'_A = z_A.$$

За формулами (4)–(6) і (8) координати точки A різальної кромки зуба в системі координат $X_1 Y_1 Z_1$

$$x_A = 0,5B \operatorname{tg} \tau_1, \quad y_A = 0,5B \frac{\operatorname{ctg} \varphi_\gamma}{\cos \tau_1}, \quad z_A = 0,5B.$$

Тоді в системі координат XYZ точка A має наступні координати

$$x'_A = \frac{0,5B}{\cos \tau_1} (\sin \tau_1 \cos \gamma_i + \operatorname{ctg} \varphi_\gamma \sin \gamma_i), \quad y'_A = \frac{0,5B}{\cos \tau_1} (\operatorname{ctg} \varphi_\gamma \cos \gamma_i - \sin \tau_1 \sin \gamma_i),$$

$$z'_A = 0,5B.$$

Підстановкою в формулу (14) одержимо вираз для розрахунку кута δ

$$\operatorname{tg} \delta_A = \frac{0,5B (\sin \tau_1 \cos \gamma_i + \operatorname{ctg} \varphi_\gamma \sin \gamma_i)}{R \cos \tau_1 - 0,5B (\operatorname{ctg} \varphi_\gamma \cos \gamma_i - \sin \tau_1 \sin \gamma_i)}. \quad (15)$$

На підставі аналізу залежності (15) можна записати вираз для розрахунку кутового зміщення δ_K для довільної точки K різальної кромки

$$\operatorname{tg} \delta_K = \frac{z_K (\sin \tau_1 \cos \gamma_i + \operatorname{ctg} \varphi_\gamma \sin \gamma_i)}{R \cos \tau_1 - z_K (\operatorname{ctg} \varphi_\gamma \cos \gamma_i - \sin \tau_1 \sin \gamma_i)}, \quad -\frac{B}{2} \leq z_K \leq \frac{B}{2},$$

де z_K — лінійне зміщення вздовж осі фрези в напрямку координатної осі Z довільної досліджуваної точки K різальної кромки відносно середнього січення фрези.

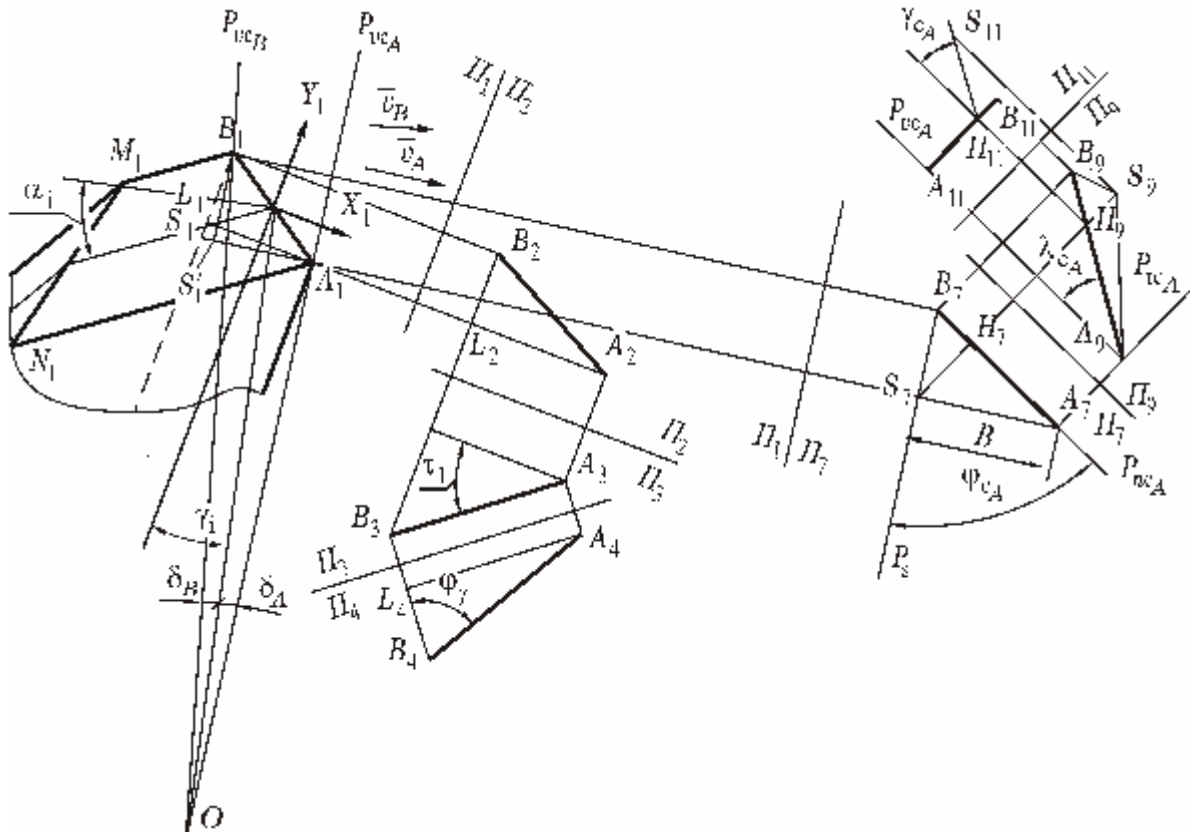


Рис. 2. Визначення статичних геометричних параметрів

Враховуючи сказане вище можемо записати формулу для визначення кута в плані φ_{cK} для довільної точки різальної кромки

$$\operatorname{ctg} \varphi_{cK} = \frac{\operatorname{ctg} \varphi_{\gamma} \cos(\gamma_i - \delta_K) + \sin \tau_1 \sin(\gamma_i - \delta_K)}{\cos \tau_1}.$$

Статичний кут нахилу різальної кромки, це кут в статичній площині різання λ_c між різальною кромкою і статичною основною площиною P_{vc} .

Для визначення статичного кута нахилу різальної кромки λ_{cA} в точці A введемо систему площин проєкцій Π_7/Π_9 . В системі площин проєкцій Π_1/Π_7 статична площина різання P_{ncA} проходить через проєкцію різальної кромки A_7B_7 перпендикулярно до площини Π_7 (див. рис. 2). Площина проєкцій Π_9 паралельна до статичної площини різання P_{ncA} , тому в проєкції на площину Π_9 статичний кут нахилу різальної кромки λ_{cA} в точці A буде зображений в натуральну величину. За правилом переміни площин проєкцій знаходимо проєкцію A_9B_9 різальної кромки на площину Π_9 . За визначенням кут між прямою A_9B_9 і слідом площини P_{vcA} буде статичним кутом нахилу різальної кромки λ_{cA} в точці A .

Відповідно до рис. 2 виконується співвідношення

$$\operatorname{tg} \lambda_{c_A} = \frac{A_1 S'_1 \cdot \sin \varphi_{c_A}}{B},$$

де $A_1 S'_1$ — відстань точки B від площини P_{vc_A} . На рис. 2 це відстань точки B_1 від сліду площини P_{vc_A} в площині проєкцій Π_1 .

Відповідно до рисунку

$$\begin{aligned} A_1 S'_1 &= A_1 S_1 - B_1 S_1 \cdot \sin(\gamma_i - \delta_A) = \\ &= \frac{B}{\cos \tau_1} (\sin \tau_1 \cos(\gamma_i - \delta_A) - \operatorname{ctg} \varphi_\gamma \sin(\gamma_i - \delta_A)) \end{aligned}$$

Тоді після підстановки маємо

$$\operatorname{tg} \lambda_{c_A} = \frac{(\sin \tau_1 \cos(\gamma_i - \delta_A) - \operatorname{ctg} \varphi_\gamma \sin(\gamma_i - \delta_A)) \sin \varphi_{c_A}}{\cos \tau_1},$$

або з врахуванням формули (11)

$$\operatorname{tg} \lambda_{c_A} = \frac{\operatorname{tg} \tau_1 \sin \varphi_{c_A}}{\cos(\gamma_i - \delta_A)} - \operatorname{tg}(\gamma_i - \delta_A) \cos \varphi_{c_A}. \quad (16)$$

На підставі залежності (16) запишемо формулу для визначення кута нахилу різальної кромки λ_{c_B} в довільній точці K різальної кромки

$$\operatorname{tg} \lambda_{c_K} = \frac{\operatorname{tg} \tau_1 \sin \varphi_{c_K}}{\cos(\gamma_i - \delta_K)} - \operatorname{tg}(\gamma_i - \delta_K) \cos \varphi_{c_K}.$$

Статичний передній кут. Відповідно до визначення, кут в статичній головній січній площині P_{tc} між передньою поверхнею леза і статичною основною площиною P_{vc} називається статичним переднім кутом γ_c .

Для визначення статичного переднього кута γ_{c_A} в точці A виділимо на передній поверхні леза деяку площину ABS і побудуємо її проєкції $A_1 B_1 S_1$, $A_7 B_7 S_7$ і $A_9 B_9 S_9$ в системі площин Π_1/Π_7 і Π_7/Π_9 (див. рис. 2). Статична головна січна площина P_{tc_A} в точці A проходить перпендикулярно до площин Π_7 і Π_9 . Введемо нову систему площин проєкцій Π_9/Π_{11} , в якій площина Π_{11} паралельна до площини P_{tc_A} . Для визначення кута нахилу γ_{c_A} передньої поверхні в площині P_{tc_A} потрібно знайти лінію перетину поверхні ABS леза з деякою січною площиною паралельною до P_{tc_A} і спроекувати її на площину Π_{11} .

Проведемо деяку січну площину через точку S і одержимо лінію SH . Побудуємо проєкції цієї лінії $H_7 S_7$ і $H_9 S_9$ в системі координатних площин Π_7/Π_9 . За правилом переміни площин проєкцій знаходимо проєкцію $H_{11} S_{11}$ лінії HS на площину

Π_{11} . За визначенням кут між прямою $H_{11}S_{11}$ і слідом статичної основної площини P_{vc_A} буде статичним переднім кутом γ_{c_A} в точці A .

Відповідно до графічного розв'язку (див. рис. 2)

$$\operatorname{tg} \gamma_{c_A} = \frac{H_9 S_9}{H_7 S_7}, \quad (17)$$

де

$$H_7 S_7 = B_7 S_7 \cdot \sin \varphi_{c_A},$$

$$H_9 S_9 = S_1 S'_1 + B_7 S_7 \cdot \cos \varphi_{c_A} \operatorname{tg} \lambda_{c_A}, \quad S_1 S'_1 = B_7 S_7 \cdot \operatorname{tg}(\gamma_i - \delta_A).$$

Після підстановки за формулою (17) одержимо залежність

$$\operatorname{tg} \gamma_{c_A} = \frac{\operatorname{tg}(\gamma_i - \delta_A)}{\sin \varphi_{c_A}} + \cos \varphi_{c_A} \operatorname{tg} \lambda_{c_A}.$$

Використавши залежність (16) остаточно отримуємо

$$\operatorname{tg} \gamma_{c_A} = \operatorname{tg}(\gamma_i - \delta_A) \sin \varphi_{c_A} + \frac{\cos \varphi_{c_A} \operatorname{tg} \tau_1}{\cos(\gamma_i - \delta_A)}. \quad (18)$$

Аналізуючи формулу (18) запишемо вираз для визначення значення статичного переднього кута γ_{c_K} в довільній точці K різальної кромки.

$$\operatorname{tg} \gamma_{c_K} = \operatorname{tg}(\gamma_i - \delta_K) \sin \varphi_{c_K} + \frac{\cos \varphi_{c_K} \operatorname{tg} \tau_1}{\cos(\gamma_i - \delta_K)}.$$

Статичний задній кут α_c вимірюється в статичній головній січній площині P_{tc} між задньою поверхнею і статичною площиною різання P_{nc} .

Для визначення статичного заднього кута α_{c_A} в точці A виділимо на задній поверхні лека деяку площину ABF і побудуємо її проекції $A_1 B_1 F_1$, $A_7 B_7 F_7$, $A_9 B_9 F_9$, $A_{11} B_{11} F_{11}$ в системі площин Π_1/Π_7 , Π_7/Π_9 і Π_9/Π_{11} (див. рис. 3). Площина P_{tc_A} в точці A проходить перпендикулярно до площин Π_7 і Π_9 .

Щоб визначити кут нахилу задньої поверхні α_{c_A} в площині P_{tc_A} потрібно знайти лінію перетину поверхні ABF лека з деякою січною площиною паралельною до P_{tc_A} і спроектувати її на площину P_{tc_A} .

Проведемо деяку січну площину через точку F і одержимо лінію FH . Побудуємо проекції цієї лінії $F_7 H_7$, $F_9 H_9$ і $F_{11} H_{11}$ в системі координатних площин Π_7/Π_9 і Π_9/Π_{11} . За визначенням кут між прямою $F_{11} H_{11}$ і слідом статичної площини різання P_{nc_A} буде статичним заднім кутом α_{c_A} в точці A .

Відповідно до графічного розв'язку (див. рис. 3)

$$\operatorname{tg} \alpha_{c_A} = \frac{B_7 F_7 \cdot \sin \varphi_{c_A}}{F_9 H_9},$$

де $F_9 H_9 = F_1 S'_1 + B_7 F_7 \cdot \cos \varphi_{c_A} \operatorname{tg} \lambda_{c_A}$ і $F_1 S'_1 = \frac{B_1 S'_1}{\operatorname{tg}(\alpha_i + \delta_A)} = \frac{B_7 S_7}{\operatorname{tg}(\alpha_i + \delta_A)}$.

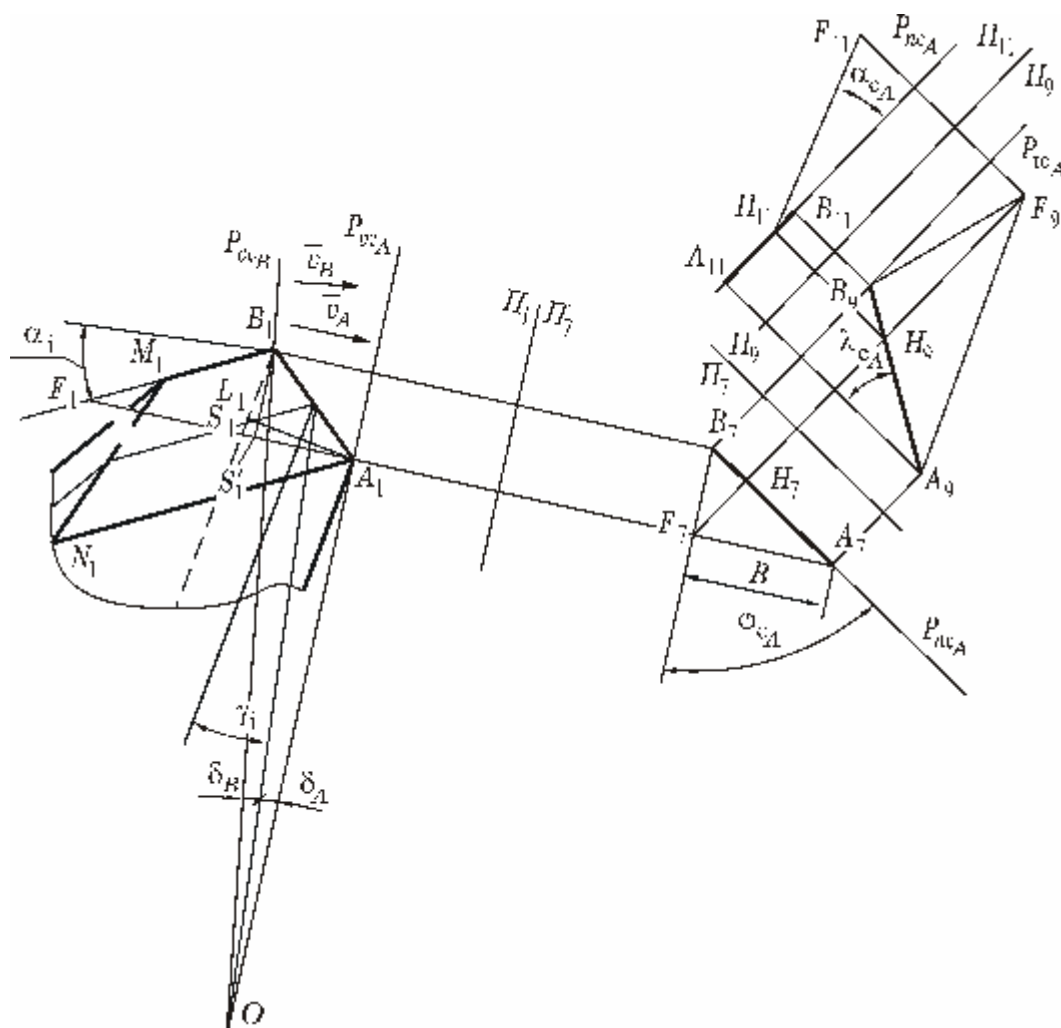


Рис. 3. Визначення заднього кута α_c

Після відповідних підстановок і скорочень одержуємо

$$\operatorname{tg} \alpha_{c_A} = \frac{\sin \varphi_{c_A}}{\operatorname{ctg}(\alpha_i + \delta_A) + \cos \varphi_{c_A} \operatorname{tg} \lambda_{c_A}}. \quad (19)$$

На підставі формули (19) запишемо вираз для обчислення статичного заднього кута α_{c_K} в довільній точці K різальної кромки.

$$\operatorname{tg} \alpha_{c_K} = \frac{\sin \varphi_{c_K}}{\operatorname{ctg}(\alpha_i + \delta_K) + \cos \varphi_{c_K} \operatorname{tg} \lambda_{c_K}}.$$

Висновок. Визначені залежності статичних геометричних параметрів відрізних фрез з різнонаправленими зубцями і стружковими канавками змінної висоти від інструментальних параметрів в довільній точці різальної кромки.

Список літератури: 1. ДСТУ 2249-93. Оброблення різанням. Терміни, визначення і позначення. — Введ. 01.01.95. — К.: Держстандарт України, 1994. 2. Фреза відрізна: Пат. 55717 А, Україна, МКИ В23С5/08. / Н.С. Равська, Р.П. Родін, Б.В. Лупкін, В.Ю. Петренко — № 2002054191; Заявлено 22.05.2002; Опубл. 15.04.2003, Бюл. № 4. — 2 с. 3. Фреза відрізна: Пат. 62099 А, Україна, МКИ В23С5/08. / Б.В. Лупкін, О.В. Мамлюк, Н.С. Равська, Р.П. Родін — № 2002118707; Заявлено 01.11.2002; Опубл. 15.12.2003, Бюл. № 12. — 2 с. 4. Равская Н.С., Панчук В.Г., Майданюк С.В. Геометрические параметры режущей части дисковых отрезных фрез // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Зб. наук. праць. — Краматорськ: ДДМА, 2005. — Вип. №18. — С. 73–82. 5. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. — М.: Наука, 1970. — 720 с.

Сдано в редакцию 24.05.07

МАГНІТНЕ КЕРУВАННЯ В ПРОЦЕСАХ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН І КОНСТРУКЦІЙ

Пашенко В.М., Кузнецов В.Д. (НТУУ „КПІ”, м. Київ, Україна)

The results of electromagnetic actions in surface engineering by weld surfacing and thermal spraying are represented. Their high efficiency is shown.

До робочих поверхонь деталей машин і конструкцій, залежно від умов експлуатації, висуваються певні вимоги щодо функціональних властивостей (зносоустійкості, жаростійкості, корозійної стійкості та ін.). Саме властивості поверхонь і визначають експлуатаційну надійність деталей машин і конструкцій.

Зазвичай, механічна міцність деталей і конструкцій забезпечується застосуванням базового, більш доступного і дешевого матеріалу, а спеціальні властивості – за рахунок іншого, тобто за рахунок матеріалу покриття або нового структурного чи хімічного стану приповерхневих шарів матеріалу деталі. Такі задачі вирішуються *методами інженерії поверхні*. Важливим моментом є також можливість використання покриттів для відновлення зношених деталей, що також обумовило швидкий розвиток методів та їх застосування у багатьох галузях виробництва.

Поширеними методами нанесення захисних покриттів є наплавлення та газотермічне напилення. Існують певні вимоги щодо ефективного застосування кожного з них. Наприклад, при дугових способах наплавлення основною вимогою є мінімізація частки основного металу в наплавленому, що дає можливість отримувати задану композицію металу і, відповідно, потрібні властивості поверхні вже у перших наплавлених шарах. При газотермічному, зокрема плазмовому напиленні, ефективність процесу визначається багатьма факторами і, в першу чергу, умовами роботи дугових пристроїв – плазмотронів та ступенем використання у покритті вихідного матеріалу порошку.

Вирішення задач підвищення ефективності процесів наплавлення та напилення в інженерії поверхні відомими технологічними прийомами практично вичерпані і саме це обумовлює необхідність і доцільність застосування фізичних методів керування умовами наплавлення та напилення, зокрема, за допомогою електромагнітних дій.

Аналіз робіт з даного напрямку [1] дозволяє виділити головні ознаки, за якими якісно відрізняються електромагнітні дії. Основною є напрямок вектора керуючого магнітного поля (КМП) по відношенню до об'єкту дії. За цією ознакою КМП поділяють на аксіальні (повздовжні) і радіальні (поперечні). У перших вектор індукції