

УДК 621.914

©Мельниченко А. О., Скоркін А. О., Кондратюк О. Л.

## **РОЗРАХУНОК ШАРУ, ЩО ЗРІЗУЄТЬСЯ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ СКЛАДНО-ПРОФІЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ**

### **1. Постановка проблеми**

До сьогоднішнього дня в машинобудуванні широко використовуються деталі, що містять складно-профільні поверхні, а саме: формотворні поверхні штампи, прес-форми, копії та ін.

З основних способів одержання деталей з такими поверхнями ставляться: лиття, штампування, різання. Але тільки обробка різанням, зокрема фрезерування, дозволяє одержати параметри поверхні, близькими до заданого та скоротити час наступного доведення. Дуже часто цей метод є можливим єдиним методом, це особливо важливо на даний момент, тому що більшість підприємств машинобудування перейшли на серійне або дрібносерійне виробництво. Одержання деталей фрезеруванням, при такому типі виробництва, найбільше економічно виправдано.

Звичайний технологічний процес обробки складно-профільних поверхонь містить у собі наступні операції: заготівельна, фрезерна, доводочна. Остання виконується вручну, при цьому трудомісткість операції визначається вихідними параметрами поверхні після

фрезерування. Тому, забезпечивши високий клас шорсткості на стадії фрезерування, можна скоротити час на доведення, що є найбільш трудомісткою частиною технологічного процесу.

## **2. Мета дослідження**

Мета дослідження – визначення параметрів при фрезеруванні складно-профільних поверхонь

## **3. Основна частина**

Багатокоординатна обробка кінцевими радіусними фрезами просторово-складних поверхонь, пов'язана з безпервною зміною такого геометричного параметра зони різання, як товщина зрізаємого слою. Зміна даного параметра пов'язана із траєкторією руху інструмента, криволінійністю ріжучої кромки. У свою чергу товщина зрізаємого слою, що, впливає на силу різання і, отже, на продуктивність обробки в умовах заданої точності.

У випадку суцільного рівномірного припуску зрізаєма стружка, знімаємо радіусною частиною криволінійного леза фрези, має серпоподібну форму зі змінною товщиною. Товщина шару, що зрізується при фрезеруванні визначається, як відстань між двома послідовними положеннями леза фрези, вимірювана в перетинах, перпендикулярних до криволінійного профілю інструмента.

Розрахунок товщини шару, що зрізується може проводитися по формулі:

$$a_M = S_z \sin \psi_M \sin \varphi_M, \quad (1)$$

де  $S_z$  — подача на зуб;

$\psi_M$  — значення кута контакту зуба фрези для крапки М;

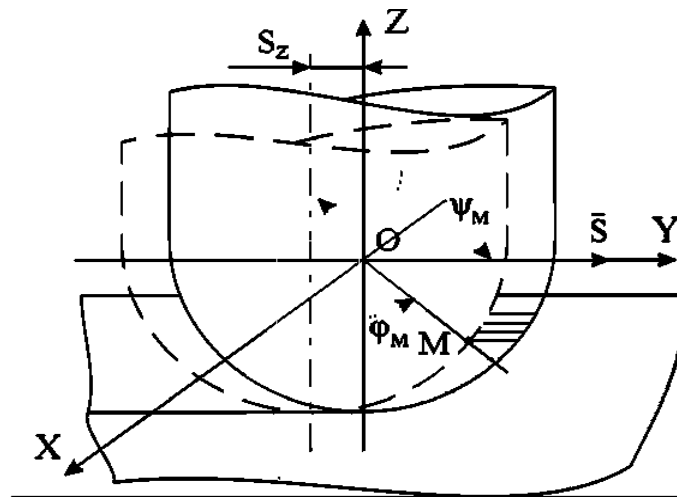
$\varphi_M$  — кут профілю в розглянутій крапці ріжучої кромки.

По формулі (1) можна робити розрахунок товщини шару, що зрізується при обробці просторово-складних поверхонь, але лише для даного випадку – схеми фрезерування, коли ось фрези  $OZ$  перпендикулярна вектору руху подачі  $\bar{S}$  (див. рис. 1). При фрезеруванні поверхні, що перебуває під кутом  $\omega$  до горизонтальної площини, товщина шару, що зрізується не може бути визначена по даній формулі, оскільки не дотримується умова перпендикулярності осі  $OZ$  до вектора руху подачі  $\bar{S}$ . Було проведено дослідження зміни геометрії зони різання та для визначення товщини шару, що зрізується у кожній крапці криволінійної ріжучої кромки при фрезеруванні похилої поверхні запропонована формула:

$$a_i = S_z \sqrt{1 - (\pm \sin \varphi_i \sin \psi_i \sin |\omega| + \cos \varphi_i \cos \omega)^2 - \sin^2 \varphi_i \cos^2 \psi_i}. \quad (2)$$

Формула (2) служить для розрахунку товщини шару, що зрізується при фрезеруванні поверхні з рівномірним припуском. При фрезеруванні поверхні, що має східчастий припуск, сходи впливають на форму шару, що зрізується. Сходи утворюються перетинанням вертикальних  $\Pi_1^n$  і горизонтальних площин, кількість яких змінюється від 1 до  $n$  і залежить від висоти сходів і кута нахилу  $\omega$  оброблюваної поверхні до горизонтальної площини. На (див. рис. 2)

зображена розрахункова схема для визначення товщини шару, що зрізується при фрезеруванні просторово-складних поверхонь. Як видно з рисунка, при фрезеруванні східчастого припуску утвориться нерівномірна, що сильно змінюється уздовж профілю фрези товщина зрізаемого слою, що обмежена в нашому випадку областями **a**, **b** та **c** (кількість областей залежить від кутів нахилу оброблюваної поверхні, діаметра інструмента, подачі на зуб).



**Рис. 1** - Схема фрезерування горизонтальної площини

$$\varphi_{гран1} = \arctg\left(\frac{b_{неп1}}{g_{неп1}}\right); \varphi_{гран2} = \arctg\left(\frac{b_{неп2}}{g_{неп2}}\right)$$

Для визначення товщини шару, що зрізується розглянемо області *a*, *b* та *c* (див. рис. 2). Область *a* утворена двома послідовними положеннями радіусної частини інструмента зі зсувом рівним подачі на зуб  $S_z$ . Область *b* утворена двома послідовними

положеннями радіусної частини інструмента зі зсувом рівним подачі на зуб  $S_z$  та обмежена горизонтальною площиною.

Область  $c$  утворена перетинанням радіусної частини інструмента з вертикальною та горизонтальною площинами. У випадку розгляду областей  $b$  та  $c$  реальна товщина зрізаємого слою, що буде менше товщини зрізаємого слою, що розраховується по формулі (2), що не враховує східчасту конфігурацію припуску. Товщина шару, що зрізується розраховується, як різниця радіуса фрези  $R$  і радіуса-вектора, проведеного із центра фрези  $O_1$  до вертикальної або горизонтальної площини.

Визначення положення розрахункової товщини шару, що зрізується здійснюється шляхом знаходження граничних кутів  $\varphi_{гран1}$  та  $\varphi_{гран2}$ :

При розрахунку товщини шару, що зрізується при фрезеруванні просторово-складної поверхні можна виділити три випадки:

- радіус-вектор  $\rho_i$  (див. рис. 2) з кутом профілю  $\varphi_i$  перетинає горизонтальну площину сходи  $n$ ;
- радіус-вектор  $\rho_l$  (див. рис. 2) з кутом профілю  $\varphi_l$  перетинає вертикальну площину сходи  $n+1$ ;
- радіус-вектор  $\rho_b$  (див. рис. 2) з кутом профілю  $\varphi_b$  не перетинає ні вертикальну, ні горизонтальну площини, що формують сходи.

Для першого випадку товщина шару, що зрізується визначається:

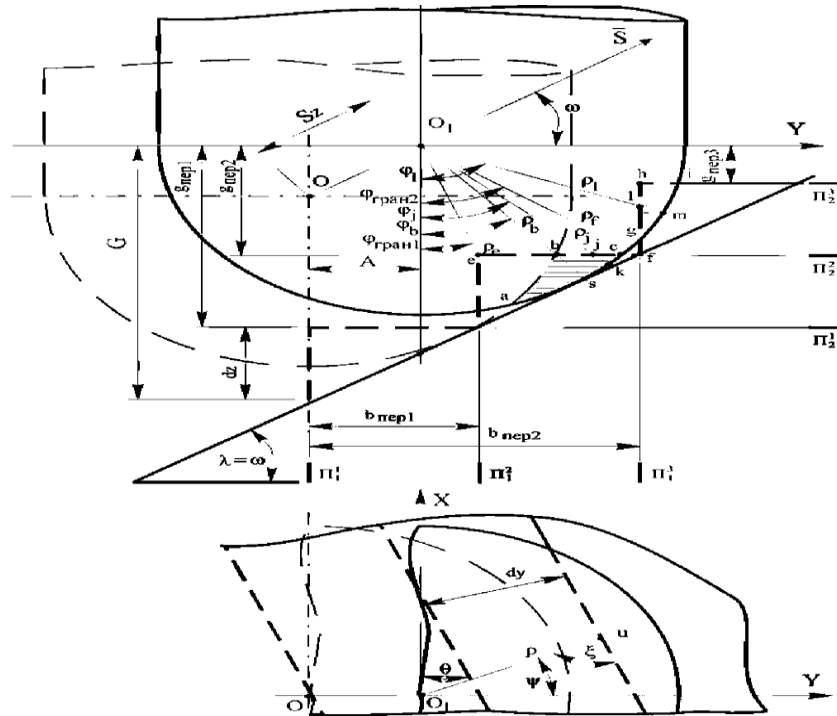
$$a_l = R - \left( (n-2)dy + A \frac{\sin(90-\theta)\sin\varphi_l}{\sin(\psi+\theta)} \right), \quad (3)$$

де  $n$  — порядковий номер площини;

$dy$  — ширина;

$A$  — відстань, пройдена інструментом, із кроком рівним подачі на зуб;

$\theta$  — кут повороту щодо руху подачі.



**Рис. 2** – Розрахункова схема для визначення товщини шару, що зрізується при фрезеруванні просторово-складної поверхні

Для другого випадку товщина шару, що зрізується визначається:

$$a_j = R - \frac{G - \operatorname{tg} \lambda \times A - dz(n-1)}{\cos_j}, \quad (4)$$

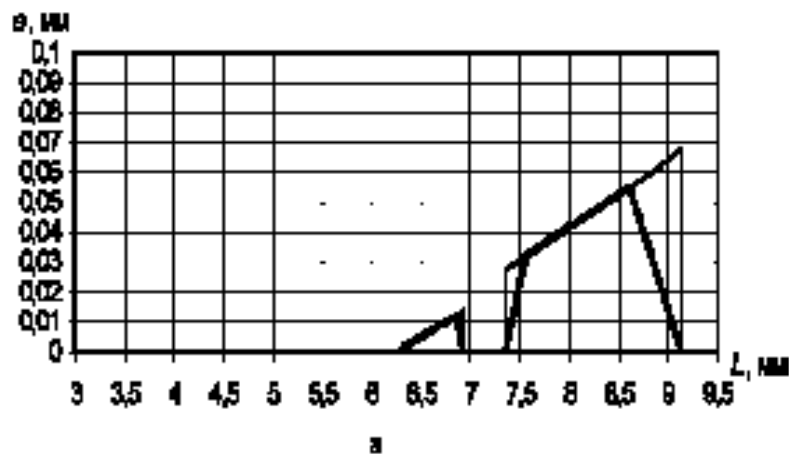
де  $G$  — відстань від початку координати;

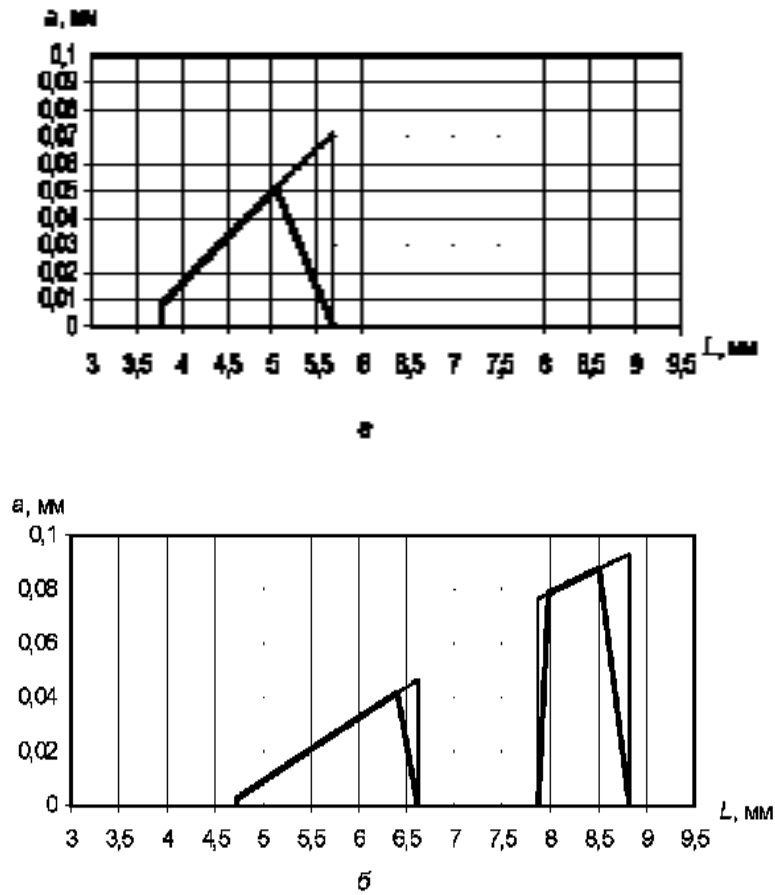
$\lambda$  — кут нахилу, оброблюваної поверхні до горизонтальної площини, розташований під кутом  $\psi$  (при  $\psi = 90^\circ$  кут  $\lambda = \omega$ );

$dz$  — висота.

У третьому випадку товщина зрізаємого слою, що не обмежується площинами та визначається як відстань між двома послідовними положеннями інструмента. Розрахунок у цьому випадку робиться по формулі (2).

Для аналізу обліку впливу на розрахунок товщини шару, що зрізується створена розрахункова програма для ЕОМ. За допомогою даної програми зроблений розрахунок товщини шару, що зрізується. Розрахунок вироблявся для кінцевої радіусної фрези з радіусом  $R = 6$  мм, подачею  $S_z = 0,15$  мм/зуб, висоти сходи 2 мм. Для різних кутів нахилу  $\omega$  побудовані графіки зміни товщини шару, що зрізується "а" уздовж криволінійної ріжучої кромки довжиною  $L$  (рис. 3).





**Рис. 3** – Графік зміни товщини зрізу вздовж ріжучої кромки при:  
 $a$  —  $\omega=60^\circ$ ;  $\psi=90^\circ$ ;  $b$  —  $\omega=45^\circ$ ;  $\psi=90^\circ$ ;  $в$  —  $\omega=30^\circ$ ;  $\psi=90^\circ$

### Висновок

З (див. рис. 2) видно значна зміна фактичної товщини шару, що зрізується на ділянках ріжучої кромки, які сполучаються з горизонтальними площинами. Формули (3) та (4) дозволяють зробити точний розрахунок товщини що зрізується при фрезеруванні просторово-складної поверхні. Аналіз результатів розрахунків по запропонованих формулах показав, що погрішність розрахункової



величини зрізаємого шару по раніше існуючим формулам може перевищувати 50 % на граничних ділянках.

### **Список використаних джерел**

1. Батуєв В.А. Підвищення продуктивності та точності фрезерування просторово-складних поверхонь на верстатах з ЧПУ шляхом стабілізації сил різання : дис. ... канд. техн. наук / В. А. Батуєв ; Челябінськ. політехн ін-т.– Челябінськ, 1986.

*Мельниченко А. О., Скоркин А. О., Кондратюк О. Л.* „Расчёт срезаемого слоя при фрезеровании сложно-профильных поверхностей”.

В статье рассмотрен расчет срезаемого слоя при фрезеровании сложно-профильных поверхностей. Сделаны выводы о целесообразности использования данных расчетов.

**Ключевые слова:** фрезерование, сложно-профильные поверхности, срезаемый слой, толщина слоя.

*Мельниченко А. О., Скоркин А. О., Кондратюк О. Л.* „Розрахунок шару, що зрізується при фрезеруванні складно-профільних поверхонь”.

В статті розглянуто розрахунок зрізаємого шару при фрезеруванні складно-профільних поверхонь. Зроблено висновки про доцільність використання даних розрахунків.

**Ключові слова:** фрезерування, складно-профільні поверхні, шар, що зрізується, товщина шару.

**Melnichenko A. O., Skorkin A. O., Kondratyuk O. L.** "Calculation cut layer under milling in a complicated difficultly-type of the surfaces".

In the article the considered calculation cut away layer at milling of difficultly-type surfaces. Conclusions are done about expedience of the use of these calculations.

**Key words:** milling, complicated difficultly-type of the surfaces, cut away layer, thickness of layer.

Стаття надійшла до редакції 26 лютого 2009 р.