

УДК 621.9

Красновид Д.О., Трухан О.О.
НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна
itm@kpi.ua

ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗРІЗУ ПРИ РІЗЬБОНАРИЗАННІ МІТЧИКАМИ

Вступ

Однією з основних характеристик завантаження різальних кромek є товщина зрізуваного шару. Найчастіше у різального інструмента спостерігається нерівномірне завантаження різальної частини, що у свою чергу, призводить до нерівномірного зношування

Разом з швидкістю, схемою зрізання припуску і іншими складовими процесу різання, рівномірність завантаження різальних кромek більшою мірою залежить і від товщини зрізуваного шару. Тому, для вирішення задач по вдосконаленню конструкцій інструментів необхідно знати завантаження різних ділянок різальних кромek, зокрема - товщину зрізуваного шару.

При проектуванні інструментів визначення товщини зрізу розглядається різними авторами, найчастіше, стосовно різних видів інструменту і виведені ними формули несуть в собі інформацію про конструкцію кожного з інструментів [1,2,3,4].

Аналіз останніх досліджень

У теорії різання матеріалів багато дослідників [1,2,3,4] вважають, що товщину шару, що зрізається, необхідно вимірювати в основній площині у напрямі сходу стружки. В цьому випадку, отримані залежності несуть в собі, додатково до конструктивних особливостей інструменту, ще і інформацію про явища, супроводжуючі процес стружкоутворення.

У той же час, стандартом ДСТУ 2249-93 (ISO 2002, ГОСТ 35762-83) «Оброблення різанням. Терміни, визначення та позначення» однозначно регламентується товщина зрізуваного шару, а саме «довжина нормалі поверхні різання, проведеної через дану точку різальної кромки, обмежена перерізом зрізуваного шару».

Таким чином, стандартне визначення товщини зрізу не прив'язане як ні до видів інструменту, так і не залежить від явищ, супроводжуваних процесом різання, що дозволяє визначити цей параметр в будь-якій точці різальної кромки незалежно від вигляду і конструкції інструменту. На базі цих міркувань виникає необхідність визначення кількості одночасно працюючих лез мітчика та геометричні параметри шару що зрізається ними..

Метою роботи є визначення кількості одночасно працюючих лез мітчика, що здійснюють процес різьбонарізання, довжина одночасно працюючих лез мітчика, та площа зрізу, що дозволяє прогнозувати перерозподілення припуску на оброблення на етапі проектування інструменту.

Основна частина

Визначення числа працюючих лез мітчика.

При різьбонарізанні число одночасно працюючих лез мітчика спочатку збільшується а потім, досягши деякого числа m , якийсь час залишається постійним після чого знову зменшується, що викликано виходом різальної частини мітчика з матеріалу заготовки. Максимальне число m одночасно працюючих лез залежить від довжини різьбового отвору деталі l_0 , кроку різьби p , висоти профілю різьби h_0 і кута різального конуса φ .

Кожне лезо мітчика при нарізуванні різьби довжиною $l_{\text{д}}$ одержує обертання на кут Θ_0 :

$$\Theta_0 = \frac{l_{\text{д}}}{p} \cdot 2\pi, \quad (1)$$

де зміна кутової координати Θ у межах різальної частини мітчика складає Θ_1 :

$$\Theta_m = \frac{h_0 \cdot \operatorname{ctg} \varphi}{p} \cdot 2\pi, \quad (2)$$

де φ – кут в плані, кут різального конуса; h_0 – висота профіля різьби; p – кількість стружкових канавок.

Можливі два випадки. Перший, коли довжина різьбового отвору більше різальної частини мітчика, тобто коли $\Theta_o \geq \Theta_m$. Це характерно для машинних мітчиків. В цьому випадку число лез визначається за залежністю:

$$m = \frac{\Theta_m}{2\pi} \cdot Z. \quad (3)$$

Другий випадок - при $\Theta_o \leq \Theta_m$ характерний для обробки наскрізних отворів. При цьому найбільше число одночасне працюючих лез визначиться по формулі:

$$m = \frac{\Theta_o}{2\pi} \cdot Z. \quad (4)$$

Таким чином, в залежності від типу оброблюваного отвору та геометричних параметрів мітчика може бути визначена кількість його лез, що здійснюють оброблення отвору заготовки, що обумовлює геометричні характеристики зрізаного ними шару.

Визначення геометричних параметрів зрізаного шару.

Схема видалення припуску лезами мітчика представлена на рис.1. Різним лезам мітчика відповідає постійна товщина зрізаного шару (крім першого та останнього лез) і ширина головної та допоміжних різальних кромки.

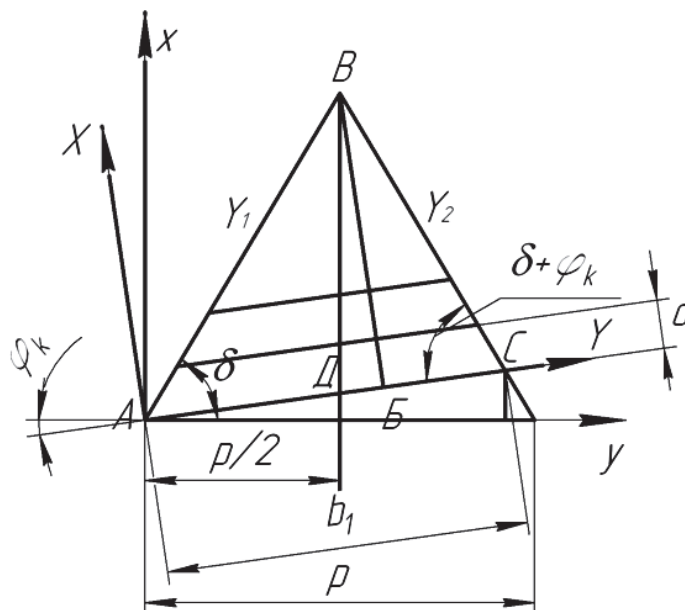


Рисунок 1 – Схема видалення припуску мітчиком.

Довжина $b_1=AC$ головної різальної кромки першого леза відповідно до схеми може бути обчислена як сума відрізків АД, ДЕ та ЕС:

$$b_1 = \frac{p}{2 \cos \varphi_k} + a \cdot (m-1) \cdot \operatorname{tg} \varphi_k + a \cdot (m-1) \cdot \operatorname{ctg}(\varphi_k + \delta), \quad (5)$$

де p - крок різьби;

a – товщина зрізу, що визначається як: $a = \frac{p}{Z} \cdot \sin \varphi$;

φ_k – кінематичний кут в плані, кут різального конуса, може бути визначений (рис.2):
 $\sin \gamma_{ia} = \frac{l}{R_a}$, де $l = R \cdot \sin \gamma_i$; R – зовнішній радіус мітчика; γ_i – передній кут мітчика в інструментальній системі координат; R_a – радіус досліджуваної точки різальної кромки мітчика.

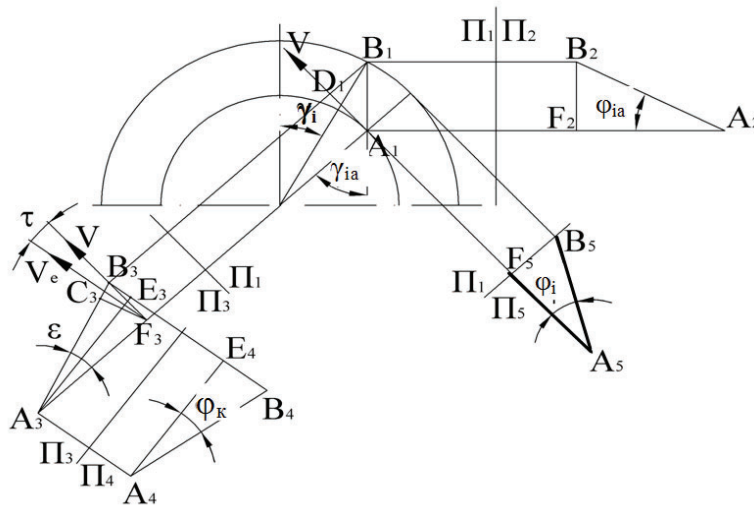


Рисунок 2 – Визначення кінематичного кута в плані φ_k .

Аналіз залежності показує, що передній кут γ_a є змінним вздовж різального конуса мітчика і залежить від радіуса розташування досліджуваної точки різальної кромки.

Положення вектора швидкості $\vec{V}_e$ результуючого руху різання визначається переднім кутом γ_{ia} та кутом τ – кутом між кінематичною та статичною основними площинами. Проте, для мітчиків статична основна площина співпадає з інструментальною, оскільки інструментальні геометричні параметри задаються в вершинних точках головної різальної кромки в осьовому перерізі. Таким чином кут τ в точці А різальної частини мітчика становить:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{p}{2\pi \cdot R_a}, \quad (6)$$

де p – крок різби; R_a – радіус досліджуваної точки різальної частини мітчика.

Кут τ проектується в натуральну величину на площину Π_3 , яка проходить паралельно площині дотичній круглого циліндра R_a в точці А.

Перпендикулярно швидкості $\vec{V}_e$, проводиться площина Π_4 .

Площина Π_4 паралельна основній площині P_{vk} , в якій визначається кінематичний кут в плані. За правилом заміни площин проєкцій визначається проєкція A_4B_4 різальної кромки на площину Π_4 .

Кінематичний кут в плані φ_k розташований між кінематичною площиною різання P_{nk} та робочою площиною. Кінематична площина різання проходить через проєкцію A_4B_4 різальної кромки, перпендикулярно площині Π_4 . робоча площина – це площина котра містить вектор $\vec{V}_e$ та вектор швидкості подачі, котрий проходить паралельно вісі мітчика.

Кут в плані в досліджуваній точці А різальної частини визначається за співвідношеннями:

Позначимо розмір A_2F_2 через l :

$$\operatorname{tg} \varphi_{ia} = \frac{B_2 F_2}{l} = \frac{A_1 B_1}{l}, \quad (7)$$

$$A_1 B_1 = R \cos \gamma_i - R_a \cos \gamma_{ia}, \quad (8)$$

$$F_5 B_5 = l \cdot \operatorname{tg} \varphi_i = R - R_a = A_1 B_1, \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{ia} = \frac{\operatorname{tg} \varphi_i \cdot (R \cos \gamma_i - R_a \cos \gamma_{ia})}{(R - R_a)}. \quad (10)$$

Робоча площина P_s проходить паралельно площині Π_3 та перпендикулярно площині Π_4 . Вона проектується на площину Π_4 в лінію $A_4 E_4$. Кут між прямими $A_4 B_4$ та $A_4 E_4$ буде кінематичним кутом в плані φ_k .

Досліджуючи графічні побудови, отримуємо залежності визначення кінематичного кута в плані:

$$A_2 F_2 = l, \quad (11)$$

$$A_1 B_1 = l \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ia}, \quad (12)$$

$$B_1 D_1 = A_1 B_1 \cdot \cos \gamma_{ia} = l \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ia} \cdot \cos \gamma_{ia}, \quad (13)$$

$$B_1 D_1 = B_4 F_4, \quad (14)$$

$$A_1 D_1 = A_1 B_1 \cdot \sin \gamma_{ia}, \quad (15)$$

$$A_3 B_3 = \sqrt{A_3 F_3^2 + F_3 B_3^2} = l \cdot \sqrt{1 + (\operatorname{tg} \varphi_{ia} \cdot \sin \gamma_{ia})^2}, \quad (16)$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{A_1 D_1}{A_3 F_3} = \operatorname{tg} \varphi_{ia} \cdot \sin \gamma_{ia}, \quad (17)$$

$$A_3 E_3 = A_3 B_3 \cdot \cos(\varepsilon - \tau) = l \cdot \cos(\varepsilon - \tau) \cdot \sqrt{1 + (\operatorname{tg} \varphi_{ia} \cdot \sin \gamma_{ia})^2}, \quad (18)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_k = \frac{B_1 D_1}{A_3 E_3} = \frac{l \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ia} \cdot \cos \gamma_i}{l \cdot \cos(\varepsilon - \tau) \cdot \sqrt{1 + (\operatorname{tg} \varphi_{ia} \cdot \sin \gamma_{ia})^2}}. \quad (19)$$

Тоді кінематичний кут в плані φ_k в досліджуваній точці різальної кромки дорівнює:

$$\operatorname{tg} \varphi_k = \frac{\operatorname{tg} \varphi_{ia} \cdot \cos \gamma_i}{\cos(\varepsilon - \tau) \cdot \sqrt{1 + (\operatorname{tg} \varphi_{ia} \cdot \sin \gamma_{ia})^2}}. \quad (20)$$

Площа перетину, що зрізується першим лезом, може бути визначена через довжину головної різальної кромки b_1 :

$$S_1 = \frac{1}{2} \cdot p \cdot b_1 \cdot \sin \varphi_k. \quad (21)$$

Довжина b_i головної кромки будь-якого наступного леза ($i = 2..m$) відповідно буде:

$$b_i = b_1 - a \cdot (i - 1) \cdot (\operatorname{ctg}(\delta + \varphi_k) + \operatorname{ctg}(\delta - \varphi_k)) \quad (22)$$

Для будь-якого значення X відстань між двома сторонами профілю різьби в напрямку осі Y записується у вигляді (рис.1.): $b(X) = Y_2 - Y_1 = b_1 - X(\operatorname{ctg}(\delta + \varphi_k) + \operatorname{ctg}(\delta - \varphi_k))$.

Таким чином, сумарна площа перерізу зрізуваного шару m лезами становить:

$$\sum_{i=1}^m S_i = S_1 + \int_0^{a(m-1)} b(X) dX = \frac{1}{2} \cdot p \cdot b_1 \cdot \sin \varphi_k + b_1 \cdot a \cdot (m-1) - \frac{a^2}{2} \cdot (m-1)^2 \cdot (\operatorname{ctg}(\delta + \varphi_k) + \operatorname{ctg}(\delta - \varphi_k)) \quad (23)$$

При визначенні сумарної довжини різальних кромки, необхідно враховувати не тільки головні, але і допоміжні різальні кромки мітчика, що співпадають з профілем різьби. Кожне наступне лезо мітчика одержує збільшення довжини двох допоміжних різальних кромки, розташованих до осі Y під кутами $(\delta + \varphi_k)$ і $(\delta - \varphi_k)$, причому інша частина профілю різьби леза, відповідна раніше вилученому припуску, також бере участь у терті з обробленими поверхнями. Тому довжина допоміжних кромки кожного наступного зуба буде збільшуватися як сума арифметичної прогресії.

Загальна довжина B_i різальних кромок i -го леза буде:

$$\sum_{i=1}^m B_i = b_1 - a \cdot (i-1) \cdot \left[\operatorname{ctg}(\delta + \varphi_k) + \operatorname{ctg}(\delta - \varphi_k) + a \cdot \left(\frac{1}{\sin(\delta + \varphi_k)} + \frac{1}{\sin(\delta - \varphi_k)} \right) \right] \quad (24)$$

Таким чином, при розрахунку крутного моменту при нарізуванні різьби мітчиком слід визначити за якою схемою працює мітчик - за схемою машинного чи гайкового мітчика, визначити число лез, що беруть участь у роботі, сумарну довжину різальних кромок на всіх лезах, що беруть участь у роботі, і сумарний переріз зрізуваного шару $\sum_{i=1}^m B_i$ та $\sum_{i=1}^m S_i$. При цьому схему нарізування різьби в наскрізних отворах досить розглядати тільки при врізанні лез на частину довжини різальної частини мітчика, рівну довжині деталі l_0 остільки надалі при виході перших лез з різання крутий момент буде зменшуватися.

Висновки

В статті визначені залежності для розрахунку геометрії зрізуваного шару мітчиками. Отримано залежності для розрахунку геометричних параметрів зрізу при різьбонарізанні машинними та гайковими мітчиками, сумарна довжина різальних кромок машинних та гайкових мітчиків, площі зрізу що ними знімаються.

Перелік джерел літератури: 1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров - М.: Машиностроение, 1975. - 344 с. 2. Грановский Г.И. Металлорежущие инструменты / Г.И. Грановский - М.: Машгиз, 1954. - 278 с. 3. Панов А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, Н.Г. Аникин - М.: Машиностроение. 1988. - 726 с. 4. Равская Н.С. Общий метод определения геометрических параметров инструментов / Н.С. Равская, Т.П. Николаенко, Л.С. Мельничук // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Зб. наук. праць. - 2003. - Вип. №14. - С. 3-11. 5. Равская Н.С. Определение толщины срезаемого слоя режущим инструментом / Н.С. Равская, В.В. Вовк, Л.И. Ковалева // Резание и инструмент в технологических системах. - 2008. - Вып. 75. - С. 333-338.

Рецензент: **Мироненко Е.В.**, д.т.н., проф. ДДМА

ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗРІЗУ ПРИ РІЗЬБОНАРІЗАННІ МІТЧИКАМИ

Красновид Д.О., Трухан О.О.

В статті визначені залежності для розрахунку геометрії зрізуваного шару мітчиками. Отримано залежності для розрахунку геометричних параметрів зрізу при різьбонарізанні машинними та гайковими мітчиками, сумарна довжина різальних кромок машинних та гайкових мітчиків, площі зрізу що ними знімаються.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СРЕЗА ПРИ РЕЗЬБОНАРЕЗАНИИ МЕТЧИКАМИ

Красновид Д.А., Трухан А.А.

В статье определены зависимости для расчета геометрии срезаемого слоя метчиками. Получены зависимости для расчета геометрических параметров среза при резьбонарезании машинными и гаечными метчиками, суммарная длина режущих кромок машинных и гаечных метчиков, площади среза которыми снимаются.

DEFINITION OF GEOMETRICAL PARAMETERS THE CUT AT THREADING BY THE TAPS

Krasnovyd D.O., Truhan A.A.

In the article the dependence for calculating the geometry of layer taps was determined. The dependences for calculating the geometric parameters of a cut at threading by machine and nut taps, the total length of the cutting edge machine and turnscrew taps, square cut that removed them.

Ключові слова: різьба, мітчик, товщина зрізу, процес різьбонарізання

Ключевые слова: резьба, метчик, толщина среза, процесс резьбонарезания

Key words: thread, tap, slice thickness, threading process

Дата подання статті до редакції: 16 травня 2016 р.