

УДК 686.12.056

О. Б. Книш, І. М. Кравчук

Українська академія друкарства

**ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ ОБРОБКИ
КОРІНЦІВ КНИЖКОВИХ БЛОКІВ ДИСКОВИМИ НОЖАМИ
ІЗ ПЛАНЕТАРНИМ ПРИВОДОМ**

Виводяться залежності для визначення швидкості різання та досліджується вплив кінематичних параметрів технологічного процесу і геометричних параметрів пристрою на зміну кутів різання. Встановлюється, що незначні значення кутів різання спричинені наявністю ковзаючого різання.

Кут різання, дисковий ніж, швидкість різання, передатне відношення, планетарна передача, корінець, книжковий блок

Обробка корінця книжкового блока дисковими ножами із планетарним приводом передбачає нанесення дугових канавок. Як і у разі жорстко закріплених до планшайби дискових різців [1], так і у нашому випадку відбуватиметься зміна кутів різання, що спричиняється зміною напрямку та модуля швидкості різання. Тому важливо кількісно та якісно оцінити вплив кінематичних параметрів обробки корінця та геометричних параметрів пристрою на характер зміни кутів різання.

Дослідження кутів різання проводили багато фахівців, однак у кожному випадку є своя специфіка щодо відповідного аналізу. Так у праці [5] розглядається вплив технологічних параметрів на зміну кутів різання для нерухомого ножа із заокругленою крайкою. Автори [4] досліджують кути різання для випадку обробки корінця плоским ножом. У праці [3] наведено методику та результати досліджень трансформації кута загострення дискового ножа, що жорстко закріплений до планшайби. Автор [1] наводить математичні залежності для розрахунку швидкості різання та кутів різання дисковими ножами із планетарним приводом, що здійснюють обрізування книжкових блоків із трьох сторін, однак не наводить результатів досліджень.

Аналіз праць про дослідження кутів різання дає підстави сформулювати такий висновок: дослідження кутів різання для різних випадків обробки корінців книжкових блоків та їх обрізування із трьох сторін не можуть засто-

совуватися для обробки корінця дисковими ножами із планетарним приводом, що пояснюється особливостями технологічного процесу та конструкції пристрою.

Отже, мета статті полягає у дослідженні впливу технологічних параметрів процесу та геометричних параметрів пристрою на зміну кутів різання при обробці корінців книжкових блоків дисковими ножами із планетарним приводом.

Для досліджень кінематичних параметрів процесу нанесення на корінець дугових канавок скористаємося розрахунковою схемою (рис. 1). Тут прийнято такі позначення: 1 — водило, 2 — нерухоме зубчасте колесо, 3 — сателітне зубчасте колесо, 4 — дисковий ніж, *КБ* — книжковий блок. Обробка відбувається внаслідок кількакратного врізання дискового ножа на глибину h у корінець книжкового блока, що переміщується з постійною швидкістю V_B .

Абсолютну швидкість V_H т. *A* леза дискового ножа відносно осі O_1 обертання водила обчислюємо з рівняння:

$$\vec{V}_H = \vec{V}_{O_1} + \vec{V}_{O_2}, \quad (1)$$

де V_{O_1} — лінійна швидкість центра O_2 обертання ножа відносно осі O_1 обертання водила, V_{O_2} — лінійна швидкість т. *A* леза ножа відносно осі O_2 обертання ножа.

Відповідно лінійні швидкості V_{O_1} та V_{O_2} визначаємо як [2]:

$$V_{O_1} = R_B \cdot \omega_B, \quad V_{O_2} = r' \cdot \omega_C = r' \cdot \omega_B (1 + u), \quad (2)$$

де R_B — радіус водила; $r' = r \cdot \sin \gamma$ — проекція радіуса r дискового ножа на площину корінця; γ — кут нахилу дискового ножа відносно корінця; ω_B і ω_C — кутові швидкості водила та сателіта відповідно; $u = R_K / R_C$ — передатне число планетарної передачі (тут R_K — радіус нерухомого зубчастого колеса, R_C — радіус сателітного колеса).

Тоді після підстановки (2) в (1) та перетворень отримаємо кінцеву формулу для визначення абсолютної швидкості дискового ножа:

$$V_H = \omega_B (R_B + r \cdot \sin \gamma \cdot (1 + u)). \quad (3)$$

Швидкість різання визначаємо за формулою [3]:

$$V_P = \sqrt{V_{Pn}^2 + V_{Pt}^2}. \quad (4)$$

Нормальна складова швидкості різання дорівнюватиме (рис. 1):

$$V_{Pn} = \pm V'_{Bn} = \pm V_B \cdot \cos \gamma \cdot \cos \varphi \quad (5)$$

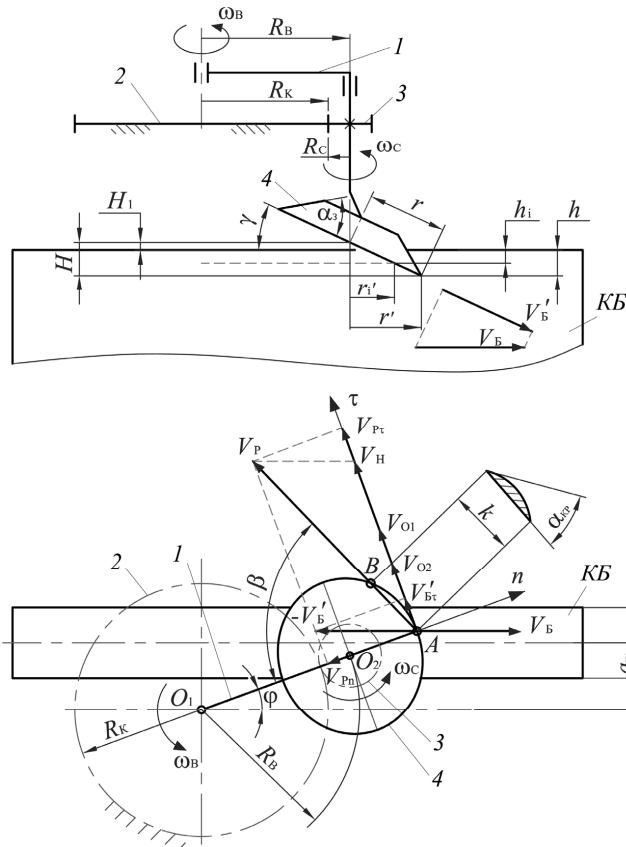


Рис.1. Розрахункова схема до визначення швидкості різання дисковими ножами із планетарним приводом

Дотична складова швидкості різання:

$$V_{Pt} = V_H \pm V'_{Bt} = \omega_B (R_B + r \cdot \sin \gamma \cdot (1 + u)) \pm V_B \cdot \cos \gamma \cdot \sin \varphi, \quad (6)$$

тут знак «+» враховує зустрічний рух ножа (ЗРН) відносно напрямку руху книжкового блока; знак «-» — попутний рух ножа (ПРН).

Після підстановки (5) і (6) у (4) отримуємо кінцеву формулу для визначення швидкості різання:

$$V_P = \sqrt{V_B^2 \cdot \cos^2 \gamma \cdot \cos^2 \varphi + (\omega_B (R_B + r \cdot \sin \gamma \cdot (1 + u)) \pm V_B \cdot \cos \gamma \cdot \sin \varphi)^2}. \quad (7)$$

Кут різання α_{KP} можна визначити за формулою [3]:

$$\alpha_{KP} = \arctg \left(\operatorname{tg} \alpha_3 \cdot \cos \left(\arctg \frac{V_{Pt}}{V_{Pn}} \right) \right). \quad (8)$$

Після підстановки (5) і (6) у (8) отримуємо кінцеву залежність для визначення кута різання при обробці корінця книжкового блока дисковими ножами із планетарним приводом:

$$\alpha_{\text{кр}} = \arctg \left(\operatorname{tg} \alpha_3 \cdot \cos \left(\arctg \frac{\omega_B (R_B + r \cdot \sin \gamma \cdot (1 + u)) \pm V_B \cdot \cos \gamma \cdot \sin \varphi}{\pm V_B \cdot \cos \gamma \cdot \cos \varphi} \right) \right). \quad (9)$$

Слід проаналізувати вплив кінематичних параметрів процесу (кутової швидкості водила та швидкості переміщення книжкового блока) і геометричних параметрів пристрою (передатного відношення, кута нахилу ножа) на зміну кута різання. Для цього прийемо такі часткові параметри: $n=600$ об/хв; $V_B=1$ м/с; $R_B=100$ мм; $u=R_k/R_c=80/20=4$; $r=15$ мм; $\gamma=30^\circ$.

Вплив геометричних параметрів пристрою (передатного відношення планетарної передачі і кута нахилу ножа) на зміну кутів різання зображено на рис. 2. Аналіз отриманих залежностей показує, що зі збільшенням передатного відношення та кута нахилу ножа відносно корінця спостерігається зменшення кутів різання, як для попутного, так і зустрічного рухів ножа. Також слід зазначити, що відповідно до конструктивних міркувань та задачі мінімізації габаритів пристрою передатне відношення доцільно обмежити величиною $u \approx 5 \div 6$.

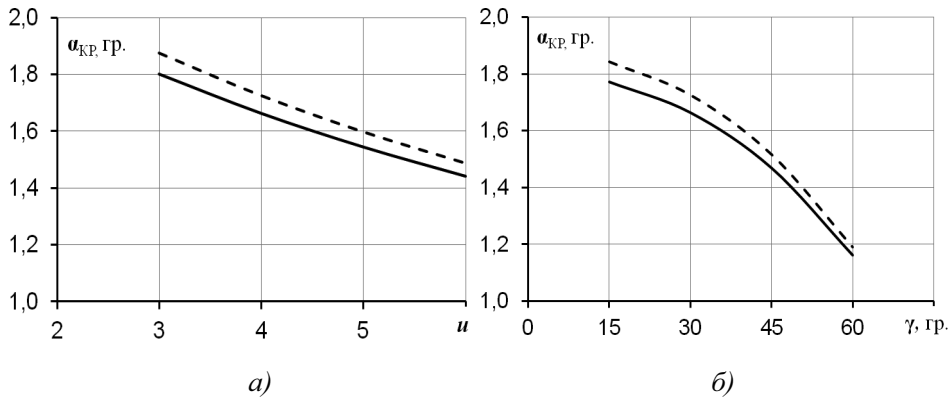


Рис. 2. Залежність кута різання від передатного відношення планетарної передачі (а) та кута нахилу дискового ножа (б) для: ЗРН — суцільна лінія, ПРН — штрихова лінія

На рис. 3 зображено вплив частоти обертання водила і швидкості переміщення блока на зміну кутів різання. Із графіків видно, що збільшення частоти обертання водила спричиняє зменшення кутів різання, причому на відрізку $n \leq 500$ об/хв ця тенденція є стрімкою, що дає підстави рекомендувати значення $n \approx 500 \div 700$ об/хв. Також спостерігаємо (рис. 3, б), що при збільшен-

ні швидкості переміщення блока у чотири рази (з 0,5 до 2,0 м/с) кути різання зростають у 3,5, що пояснюється зростанням нормальної складової швидкості різання.

Важливим показником в оцінюванні зміни кутів різання є коефіцієнт ковзання, який дорівнює $\varepsilon = \frac{V_{Pr}}{V_{Pn}}$ [3].

Зміна коефіцієнта ковзання протягом кінематичного циклу обробки корінця зображена на рис. 4. З аналізу графіка випливає, що значення коефіцієнта ковзання перебуває у межах $\varepsilon \approx 12 \div 17$, як для зустрічного, так і для попутного рухів ножа, що пояснюється домінуючим значенням дотичної над нормальною складовою швидкості різання. Саме цей факт пояснює мінімальні значення кутів різання при обробці корінців книжкових блоків дисковими ножами із планетарним приводом і засвідчує наявність ковзаючого різання.

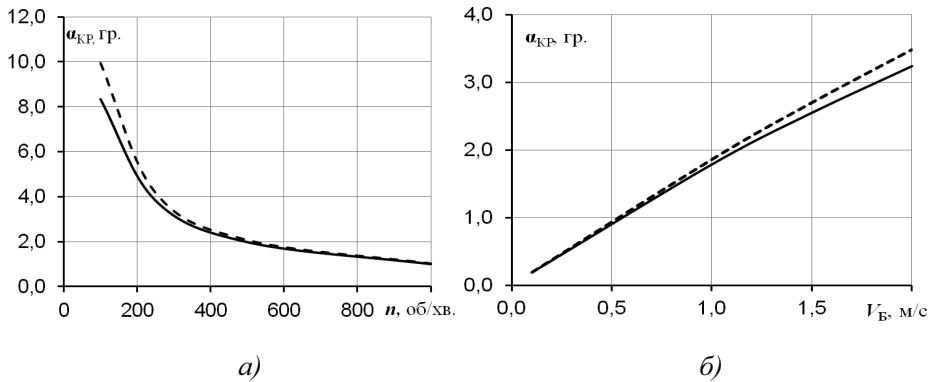


Рис. 3. Залежність кута різання від частоти обертання водила (а) та швидкості переміщення блока (б) для ЗРН (суцільна лінія), ПРН (штрихова лінія)

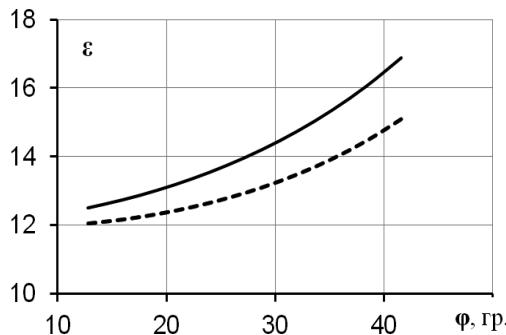


Рис. 4. Зміна коефіцієнта ковзання протягом періоду обробки корінця: ЗРН — суцільна лінія, ПРН — штрихова лінія

Згідно з аналізом кінематичних параметрів обробки корінця дисковими ножами із планетарним приводом можна дійти таких висновків: кількісна та якісна оцінка зміни кутів різання показала, що як для зустрічного, так і попутного рухів ножа значення кутів різання становлять $\alpha_{кр} \approx 2 \div 3^\circ$, а різниця між його максимальним та мінімальним значеннями протягом циклу обробки корінця є несуттєвою ($0,2-0,5^\circ$); мінімальне значення кутів різання (порівняно з кутом загострення) пояснюється наявністю ковзаючого різання, для якого характерне домінуюче значення дотичної складової швидкості різання над нормальною, при цьому відповідний коефіцієнт ковзання становить $\epsilon \approx 12 \div 17$; найбільший вплив із досліджуваних параметрів на зміну кутів різання становить частота обертання водила, яка, з огляду на мінімізацію кутів різання та зменшення шуму при роботі планетарної передачі, має становити $n \approx 600 \div 700$ об/хв.

1. Іванко А. І. Механіка процесу обрізування книжково-журнальних блоків дисковими ножами із планетарним приводом : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.05.01 / А. І. Іванко. — К., 2007. — 20 с. 2. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин: підруч. / Я. Т. Кіницький. — К.: Наук. думка, 2002. — 659 с. 3. Книш О. Б. Дослідження трансформації кута загострення дискового ножа при обробці корінця книжкового блока перехресним способом / О. Б. Книш // Технол. комплекси. — Луцьк: ЛНТУ, 2014. — №1 (9). — С. 154–159. 4. Топольницький П. В. Нові технології та пристрої для різання поліграфічних матеріалів та книжково-журнальних блоків: навч. посіб. / П. В. Топольницький, О. Б. Книш. — Львів: Афіша, 2003. — 83 с. 5. Топольницький П. В. Обрізування книжкових блоків під час транспортування. Різальний інструмент : моногр. / П. В. Топольницький — Львів : Укр. акад. друкарства, 2009. — 190 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ОБРАБОТКИ КОРЕШКОВ КНИЖНЫХ БЛОКОВ ДИСКОВЫМИ НОЖАМИ С ПЛАНЕТАРНЫМ ПРИВОДОМ

Выведены зависимости для определения скорости резания и исследовано влияние кинематических параметров технологического процесса и геометрических параметров устройства на изменение углов резания. Установлено, что незначительные значения углов резания вызваны наличием скользящего резания.

RESEARCH OF KINEMATICS WHILE BOOK BLOCK SPINE'S TREATMENT BY PLANETARY DRIVEN DISK KNIVES.

Dependences were derived to determine the cutting speed. An influence was investigated for kinematic parameters of the technological process and geometrical parameters of the device on a cutting angles change. There were established that small values of the cutting angles had been caused by the presence a sliding cutting.

Стаття надійшла 23.10.2014