

УДК 621.922:691.116

**ВПЛИВ СТРУКТУРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНСТРУМЕНТА НА
СИЛОВІ ПОКАЗНИКИ АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК ІЗ
ФАНЕРИ**

Магура Б.О., к.т.н.

(Національний лісотехнічний університет України)

В статті наводяться результати визначення складових сили різання процесу калібрування-шліфування заготовок із фанери жорстким абразивним інструментом. Встановлено, що із зростанням твердості абразивного круга складові сили різання зростають, а із зростанням коефіцієнта зернистості – зменшуються.

Вступ. В процесі калібрування-шліфування плитних композиційних матеріалів жорсткими абразивними кругами, на зерна абразивного круга діють сили, які виникають в зоні контакту цього інструменту з оброблюваною деталлю. Визначення складових цих сил – тангенціальної або дотичної (P_z), яка паралельна вектору швидкості різання, і нормальної або радіальної (P_y), спрямованої перпендикулярно до ріжучого інструменту, є важливим етапом при дослідженні процесу калібрування-шліфування плитних матеріалів, зокрема фанери та заготовок із неї. Складові сили різання є показниками, які не тільки характеризують фізичну сторону цього процесу, але й мають суттєвий вплив на величину спрацювання та стійкість абразивного інструменту. Окрім цього, ці складові сили визначають потужність приводів механізмів різання та подачі.

Матеріали і методи. Експериментальні дослідження впливу різних факторів на основні показники процесу калібрування-шліфування заготовок із фанери, зокрема на питомі складові сили різання – проводили на зразках, виготовлених з однієї партії фанери. Для цього використовували нешліфовану фанеру I сорту марки ФК за ГОСТ 3916.1-96 [1] розміром 1525 x 1525 x 10 мм. Зовнішні шари фанери виготовлялись з березового шпону. Вологість фанери з якої виготовлялись зразки для досліджень не перевищувала 8...10 %.

Для проведення стійкісних досліджень виготовляли зразки розміром 760 x 20 x 10 мм, а при проведенні експериментів з визначення залежності питомих складових сили різання від характеристик інструменту та режимних параметрів використовували зразки розміром 80 x 20 x 10 мм (рис. 1). Вибір розмірів зразків обумовлений конструктивними особливостями устаткування для проведення лабораторних досліджень. Одночасно проводили візуальний контроль якості зразків – не допускались зразки, які мали велику кривизну, дефекти машинної обробки і з наявністю різних вад (просочування клею, вм'ятини, нестача шпону та ін.).

Калібрування-шліфування зразків фанери здійснювали вздовж волокон.



Рис. 1. Лабораторні зразки фанерних заготовок для проведення досліджень

У процесі плоского шліфування жорстким абразивним інструментом (кругами і циліндрами) сумарну силу різання P прийнято розкласти на дві

складові: тангенціальну (дотичну) P_z , яка паралельна до вектора швидкості різання, і нормальну (радіальну) P_y , спрямовану перпендикулярно до ріжучого інструменту. Під час проведення силових досліджень вивчали вплив характеристик абразивного круга (твердості H , та коефіцієнта зернистості k_z) та режимних факторів на величину питомих складових сили різання (зведених до одного мм ширини зразка). Для забезпечення постійної товщини зняття матеріалу на всій його довжині досліджувані зразки калібрували по ширині і товщині.

При плануванні експериментів діапазони і рівні варіювання режимних факторів встановлювали максимально близькими до значень, які застосовують на практиці, а саме: швидкість різання – 15...25 м/с; швидкість подачі – 10...20 м/хв; товщина шару, що знімається – 0,1...0,5 мм. Рівні і діапазони варіювання твердості кругів при цьому встановлювали на основі попередніх досліджень.

Оптимальні значення досліджуваних параметрів визначали лише після математичної обробки отриманих результатів. Експериментальні дослідження проводили у відповідності з методами математичного планування [2, 3].

На основі аналізу результатів експериментів науковців-попередників [4, 5, 6], а також аналізу джерел літератури встановлено, що залежність між вибраними в даній роботі керуючими та вихідними параметрами в області варіювання можна з достатньою точністю описати поліномом другого степеня.

При визначенні складових P_y і P_z сили різання реалізовували В-план з ПФП в ортогональній частині типу 2^5 . Силові дослідження проводили кругами 8 структури зернистістю F54, F36, F24. В якості змінних факторів при реалізації В-плану прийняті твердість і зернистість абразивних кругів, а також швидкість різання, швидкість подачі та глибина шліфування.

Інтервали і рівні варіювання факторів показані в табл. 1.

Таблиця 1. Інтервали і рівні варіювання факторів В-плану для математичного опису залежності складових P_y і P_z сили різання від досліджуваних факторів

Фактор			Рівні варіювання факторів			Інтервал варіювання
Назва	Позначення		нижній – 1	основний 0	верхній + 1	
	нормалізовані	натуральні				
Швидкість різання, м/с	X_1	v	15	20	25	5
Швидкість подачі, м/хв	X_2	v_s	10	15	20	5
Глибина різання, мм	X_3	h	0,1	0,3	0,5	0,2
Твердість круга, МПа	X_4	H	120	160	200	40
Коефіцієнт зернистості абразиву	X_5	k_z	0,1	0,3	0,5	0,2

Нормалізовані і натуральні значення факторів пов'язуються за допомогою формул (1...5):

$$X_1 = \frac{v-20}{5}, \quad (1)$$

$$X_2 = \frac{v_s-15}{5} \quad (2)$$

$$X_3 = \frac{h-0,3}{0,2}, \quad (3)$$

$$X_4 = \frac{H-160}{40}, \quad (4)$$

$$X_5 = \frac{k_z-0,3}{0,2} \quad (5)$$

де k_z – коефіцієнт зернистості, введений для зручності проведення розрахунків і який характеризує розмір абразивного зерна.

Коефіцієнт зернистості k_z визначається за формулою:

$$k_z = \lg z - 1,4, \quad (6)$$

де z – розмір абразивного зерна в мкм, зменшений в 10 разів.

Результати. В результаті математичної обробки отриманих значень складових сили різання P_y та P_z за допомогою комп'ютерної програми визначено коефіцієнти рівняння регресії, які відображають залежність між складовими сили різання та досліджуваними факторами. Математичні моделі отримано у вигляді поліному другого порядку.

Порівнюючи розрахункові значення складових P_y та P_z сили різання з даними, отриманими експериментальним шляхом, перевірялась адекватність отриманих математичних моделей результатам дослідів. Гіпотезу про адекватність перевіряли за критерієм Фішера. Оскільки, умова $F_{розр.} < F_{табл.}$ виконувалась, було прийнято гіпотезу про адекватність отриманих математичних моделей результатам експериментів.

Рівняння регресії для математичного опису залежності вихідних величин (складових P_y та P_z сили різання) від досліджуваних факторів у нормалізованих позначеннях мають наступний вигляд:

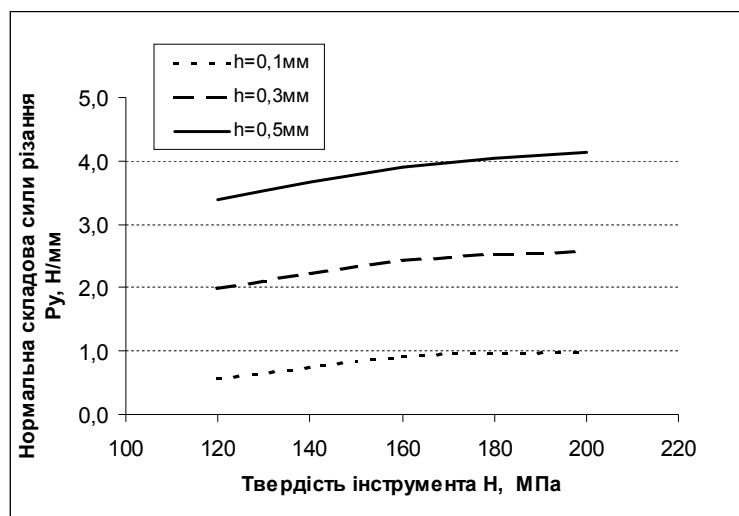
$$\begin{aligned} Y_{P_y} = & 2,422 - 0,576X_1 + 0,767X_2 + 1,492X_3 - 0,872X_4 + 0,296X_5 \\ & - 0,003X_1X_2 - 0,365X_1X_3 + 0,139X_1X_4 - 0,107X_1X_5 + 0,541X_2X_3 - \\ & - 0,145X_2X_4 + 0,1X_2X_5 - 0,453X_3X_4 + 0,078X_3X_5 + 0,057X_4X_5 + \\ & + 0,31X_1^2 + 0,178X_2^2 - 0,008X_3^2 - 0,018X_4^2 - 0,149X_5^2 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} Y_{P_z} = & 1,257 - 0,356X_1 + 0,421X_2 + 1,023X_3 - 0,374X_4 + 0,222X_5 - \\ & - 0,007X_1X_2 - 0,261X_1X_3 + 0,073X_1X_4 - 0,078X_1X_5 + 0,315X_2X_3 - \\ & - 0,056X_2X_4 + 0,042X_2X_5 - 0,222X_3X_4 + 0,109X_3X_5 + 0,024X_4X_5 + \\ & + 0,178X_1^2 + 0,165X_2^2 - 0,106X_3^2 + 0,155X_4^2 - 0,035X_5^2 \end{aligned} \quad (8)$$

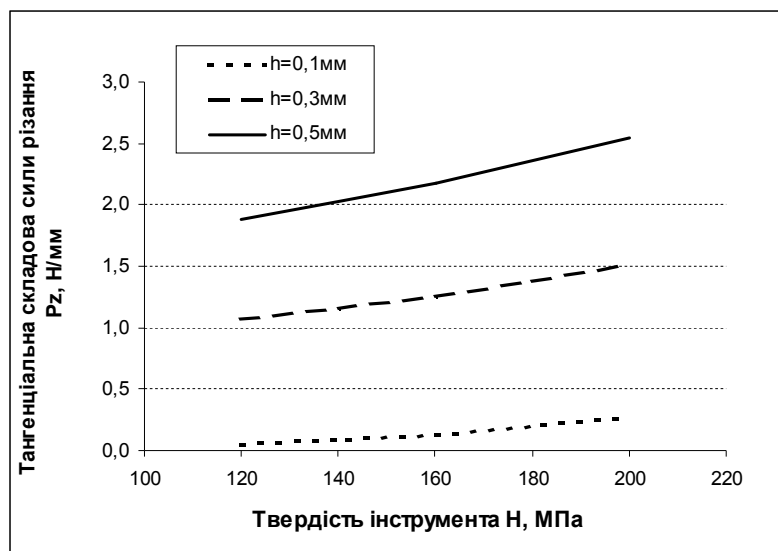
Після заміни в рівняннях (7) та (8) нормалізованих значень натуральними, отримано рівняння регресії в натуральних позначеннях факторів:

$$\begin{aligned}
P_y = & -0,212 - 0,578v - 0,37v_s + 8,167h - 5,21k_z + 0,121H - 9,17 \cdot 10^{-5}vv_s - 0,373vh + \\
& + 0,151vk_z - 0,001vH + 0,535v_s h - 0,137v_s k_z + 0,0005v_s H - 11,104hk_z + 0,009hH + \quad , \quad (9) \\
& + 0,009k_z H + 0,016v^2 + 0,011v_s^2 + 1,133h^2 + 3,068k_z^2 - 0,0004H^2 \\
P_z = & 1,009 - 0,426v - 0,345v_s + 2,985h - 1,398k_z + 0,076H - 0,0005vv_s - 0,248vh + \\
& + 0,067vk_z - 0,0004vH + 0,324v_s h - 0,061v_s k_z + 0,0002v_s H - 5,192hk_z + 0,015hH + \quad , \\
& + 0,002k_z H + 0,012v^2 + 0,011v_s^2 + 2,25h^2 + 0,52k_z^2 - 0,0002H^2
\end{aligned}
\tag{10}$$

На підставі отриманих регресійних моделей (9) та (10) побудовано графічні залежності, які відображають вплив характеристик абразивного круга – твердості (H) (рис. 2) та коефіцієнта зернистості (k_z) (рис.3) на складові сили різання при фіксованих режимних значеннях (швидкості різання та швидкості подачі).



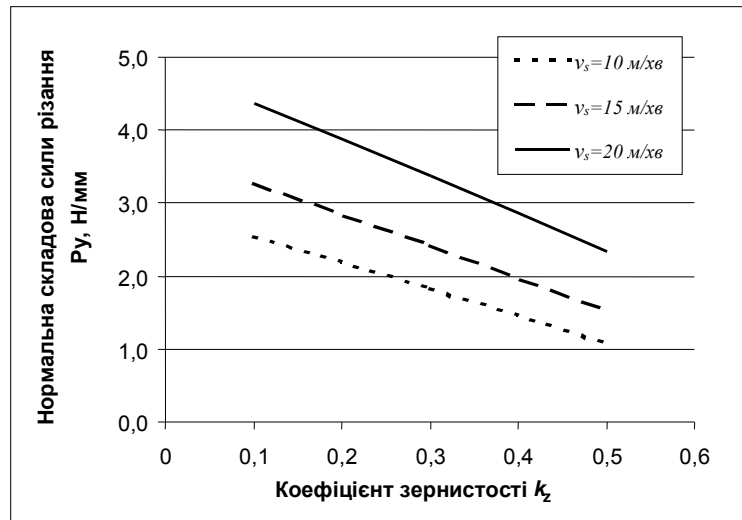
а)



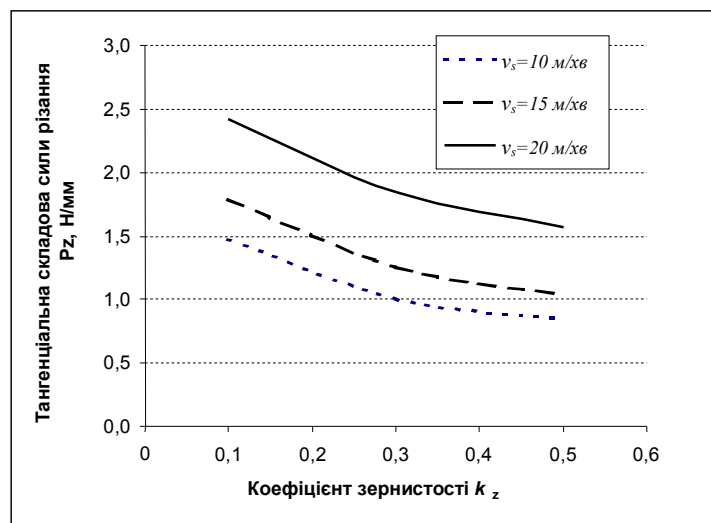
б)

Рис. 2. Залежність нормальної P_y (а) і тангенціальної P_z (б) складових сили різання від твердості абразивних кругів для різних глибин шліфування:
 $v = 20$ м/с ; $v_s = 15$ м/хв ; $k_z = 0,3$

З аналізу графіків, зображених на рис.2, видно, що зі збільшенням твердості абразивних інструментів складові P_y та P_z сили різання зростають. Це зростання можна пояснити збільшенням сил тертя абразивного інструмента з оброблюваною деталлю. Оскільки, зі збільшенням кількості в'язучого матеріалу, зростає товщина містків між абразивними зернами і, відповідно, міцність їх утримання в інструменті, що приводить до збільшення твердості кругів. В цьому випадку зростають сили опору абразивних зерен вириванню їх



а)



б)

Рис. 3. Залежність нормальної P_y (а) і тангенціальної P_z (б) складових сили різання від коефіцієнта зернистості для різних значень швидкості подачі :

$$v = 20 \text{ м/с} ; h = 0,3 \text{ мм} ; H = 160 \text{ МПа}$$

з тіла інструмента і, відповідно, зерна, які затупилися, будуть викришуватись з маси круга при більших зусиллях. При меншій твердості кругів відповідно необхідні менші зусилля для виривання зерен.

З наведених на рис. 3 графіків видно, що зі збільшенням коефіцієнту зернистості абразиву, з якого виготовлені круги, нормальна і тангенціальна складові сили різання зменшуються. Таке зменшення величини сил при більшій

зернистості кругів можна пояснити зменшенням кількості активних зерен на одиницю робочої поверхні інструменту, а також збільшенням об'єму міжзернового простору, що сприяє зменшенню тертя стружки з поверхнею оброблюваної деталі.

Зі збільшенням зернистості, абразивні круги менше засалюються і сили різання зменшуються за рахунок меншої роботи, яка затрачається на подрібнення стружки.

Висновки. Аналіз силових залежностей дав можливість деякою мірою висвітлити особливості процесу калібрування-шліфування заготовок із фанери жорстким абразивним інструментом. За допомогою отриманих рівнянь можна визначити значення складових сили різання в залежності від режимів обробки і характеристик абразивних кругів.

Встановлено, що із збільшенням твердості абразивних кругів складові сили різання (тангенціальна P_z та нормальна P_y) зростають, а при збільшенні коефіцієнта зернистості – спостерігається зменшення силових показників.

Визначені за отриманими рівняннями значення складових сили різання можуть слугувати вихідними даними для проведення розрахунків інструменту на міцність, а також для вибору потужностей двигунів механізмів різання та подачі, при розробленні нового і реконструкції існуючого обладнання, яке застосовується для абразивної обробки заготовок із фанери.

Список літератури

1. ГОСТ 3916.1-96. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона листовых пород. Технические условия. – Взамен ГОСТ 8673-82; Введ.01.01.99. – Минск: Межгосуд. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. – 19с.
2. Пижурин А.А., Розенблит М.М. Исследования процессов деревообработки. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 232 с.
3. Пижурин А.А., Розенблит М.М. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки. - М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 296 с.
4. Хромчак И.И. Абразивная обработка плитных материалов на минеральных вяжущих: Дис... канд. техн. наук: 05.21.05. – Львов, 1990. – 150 с.
5. Бирюченко Н.В. Разработка абразивных кругов и оптимальных режимов калибрования-шлифования деталей музыкальных инструментов из древесины клёна: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.21.05/ ЛЛТИ. – Львов, 1985. – 23 с.
6. Гончар И.Н. Повышение эффективности абразивной обработки материалов скользящей поверхности лыж: Дис... канд. техн. наук: 05.21.05. – Львов, 1988. – 158 с.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНСТРУМЕНТА НА СИЛОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК ИЗ ФАНЕРЫ

Магура Б.О., к.т.н.

В статье приводятся результаты определения составляющих силы резания процесса калибрования-шлифования заготовок из фанеры жестким абразивным инструментом. Установлено, что с ростом твердости абразивного круга составляющие силы резания возрастают, а с ростом коэффициента зернистости - уменьшаются.

Abstract

THE IMPACT OF THE STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE TOOL ON THE POWER INDEXES OF ABRASIVE PROCESSING OF PLYWOOD BLANKS

Mahura Bohdan, Ph.D

The paper presents the results of the cutting force components determination during the process of plywood blanks calibration-grinding by hard abrasive tool. It has been found, that with increasing of the abrasive wheel hardness the cutting force components increase, and with increasing grain ratio – the value of cutting force components reduces.