

Література

1. Пат.81420 UA, МПК А23N 12/02. Пристрій для миття коренеплодів/ Крисак Ф.М.; Власник Луцький національний технічний університет. – № у 2013 01340; заявка 04.02.2013; опубл. 25.06.2013, Бюл № 12.
2. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підручник / [Миرونчук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін.]. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
3. Хоменко.М.Д. Сучасні схеми і обладнання для переробки цукрових буряків. Транспортування, очищення, отримання стружки і дифузійного соку / Хоменко.М.Д – К.:ІПДО НУХТ, 2006.– 240 с.

*Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух.*

УДК 621.922:691.116

© Б.О. Магура, к.т.н., І.М. Гончар, к.т.н., В.В. Кий, к.т.н.  
Національний лісотехнічний університет України

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ СИЛОВИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ КАЛІБРУВАННЯ-ШЛІФУВАННЯ  
ЗРАЗКІВ ФАНЕРИ ВІД ГЛИБИНИ ШЛІФУВАННЯ**

*В статті наводяться результати визначення складових сили різання процесу калібрування-шліфування заготовок із фанери жорстким абразивним інструментом в залежності від режимних параметрів, зокрема від глибини шліфування. Встановлено, що із зростанням глибини шліфування та твердості абразивного круга складові сили різання зростають.*

**АБРАЗИВНА ОБРОБКА, СИЛИ РІЗАННЯ, ФАНЕРА,  
КАЛІБРУВАННЯ-ШЛІФУВАННЯ, ГЛИБИНА ШЛІФУВАННЯ**

**Постановка проблеми.** Під час абразивного оброблення плитних композиційних матеріалів жорсткими абразивними кругами на зерна ріжучого інструменту діють сили, які виникають в зоні контакту цього інструменту з оброблюваною деталлю – дотична  $P_z$ , яка паралельна до вектора швидкості різання і нормальна  $P_y$ , спрямована перпендикулярно до ріжучого інструменту. Визначення складових цих сил – дотичної або тангенціальної ( $P_z$ ), і нормальної або радіальної ( $P_y$ ), є

важливим етапом при дослідженні процесу калібрування-шліфування плитних матеріалів, зокрема фанери та заготовок із неї. Ці складові сили різання є показниками, які не тільки суттєво впливають на величину спрацювання та стійкість абразивного інструменту, а й характеризують фізичну сторону цього процесу та визначають потужність приводів механізмів різання та подачі.

**Аналіз останніх досліджень.** Проблемам дослідження абразивної обробки деревини різних порід та деревинних композитних матеріалів присвячено ряд робіт [1-8]. В роботах М.В. Бірюченка [1], Я.П. Бугаєнка [2], І.М. Гончара [3], І.М. Зайця [5] досліджено процеси калібрування-шліфування деревини клена, берези, пластин з клееної деревини ясени та деяких хвойних порід. В працях С.І. Грицишина [4], А.В. Якубовського [8], І.Й. Хромчака [7] ґрунтовно висвітлено процес абразивної обробки ДСП, азбестоцементних плит (АЦП), цементностружкових плит (ЦСП), деревинноволокнистих плит середньої щільності (MDF). Ці дослідження показують, що режими обробки та характеристики жорсткого абразивного інструмента в кожному окремому випадку мають свої оптимальні значення. Відповідно і сили різання, які виникають при обробці різних матеріалів суттєво відрізняються. Однак, проблеми абразивної обробки фанери та заготовок з неї залишились малодослідженими. В порівнянні з натуральною деревиною берези, листи фанери виготовленої з березового шпону мають меншу пружну і міцнісну анізотропію, високу питому міцність, підвищену жорсткість. Фанера складається з кількох шарів тонкого шпону, який в процесі її виготовлення спресовується, ущільнюється на 10-15% при дії високих температур ( $t=125...145$  °C), що призводить до зміни його внутрішньої структури. Значний вплив на зміну властивостей березового шпону здійснює і наявність полімеризованого клею, який просочується між листами в процесі пресування. Всі ці чинники призводять до зміни властивостей березового шпону (зростає твердість, модуль пружності) в порівнянні з деревиною берези, тому процес абразивної обробки фанери та заготовок з неї носитиме інший характер ніж процес обробки масивної деревини берези.

**Мета дослідження.** Метою даного дослідження є встановлення впливу режимних факторів на силові показники процесу абразивної обробки заготовок із фанери.

**Результати дослідження.** 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. Зовнішні шари фанери виготовлялись з березового шпону.

Вологість фанери з якої виготовлялись зразки для досліджень не перевищувала 8...10 %. Для проведення досліджень з визначення залежності питомих складових сили різання від характеристик інструменту та режимних параметрів використовували зразки розміром 80x20x10 мм. 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.).

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 режимних факторів (швидкість різання, швидкість подачі, глибина обробки) 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.

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 таблиці

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

Назва	Фактор		Рівні варіювання факторів			Інтервал варіювання
	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

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  $F_{розра} < F_{табл.}$  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 натуральних позначеннях мають наступний вигляд:

$$P_y = -0,212 - 0,578v - 0,37v_s + 8,167h - 5,21k_z - 0,121H - 9,1710 v_s^2 - 0,373vh + 0,151vk_z - 0,001vH + 0,535v_s h - 0,137v_s k_z - 0,0005v_s H - 11,104hk_z - 0,009hH + 0,009k_z H + 0,016v^2 + 0,011v_s^2 + 1,133h^2 + 3,068k_z^2 + 0,0004H^2;$$

$$P_z = 1,009 - 0,426v - 0,345v_s + 2,985h - 1,398k_z + 0,076H - 0,0005v_s^2 - 0,248vh + 0,067vk_z - 0,0004vH + 0,324v_s h - 0,061v_s k_z + 0,0002v_s H - 5,192hk_z + 0,015hH + 0,002k_z H + 0,012v^2 + 0,011v_s^2 + 2,25h^2 + 0,52k_z^2 - 0,0002H^2.$$

На підставі отриманих регресійних моделей побудовані графічні залежності, які представлені на рис.

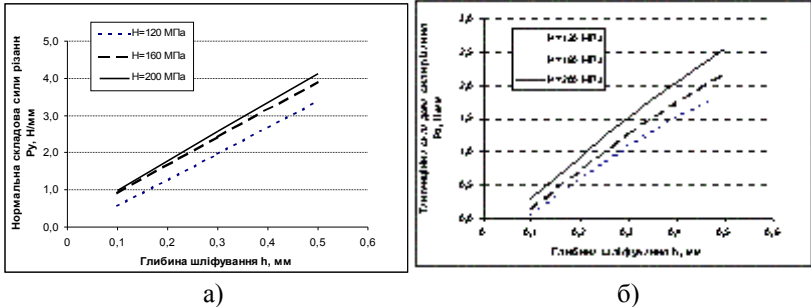


Рис. - Залежність нормальної  $P_y$  (а) і тангенційної  $P_z$  (б) складових сили різання від глибини шліфування для абразивних кругів різної твердості ;  $V = 20$  м/с ;  $V_s = 15$  м/хв ;  $k_z = 0,3$

З аналізу графічних залежностей, показаних на рис. 1 можна зробити висновок, що із збільшенням глибини шліфування, складові сили різання зростають.

Так, при швидкості різання 20 м/с, швидкості подачі 15 м/хв та твердості круга 160 МПа із збільшенням глибини шліфування від 0,1 мм до 0,5 мм складові сили різання  $P_y$  та  $P_z$  зростають з 0,9 Н/мм до 3,9 Н/мм і з 0,2 Н/мм до 2,2 Н/мм відповідно.

Це явище пояснюється збільшенням товщини стружки, яка зрізається абразивними зернами, а також збільшенням площі контакту круга і оброблюваної поверхні, що призводить до зростання сили тертя. З аналізу цих графіків також видно, що із 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. Адже із збільшенням кількості в'язучого матеріалу, що приводить до збільшення твердості кругів, зростає товщина містків між абразивними зернами і, відповідно, міцність їх утримання в інструменті. В цьому випадку зростають сили опору абразивних зерен вириванню їх з тіла інструмента і, відповідно, зерна, які затупилися, будуть викришуватись з маси круга при більших зусиллях. У разі зменшення твердості кругів відповідно необхідні менші зусилля для виривання зерен.

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

#### Література

1. 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.
2. Бугаенко Я.П. Разработка рецептуры абразивного инструмента и оптимальных режимов шлифования паркетных изделий из древесины: Дис... канд. техн. наук: 05.06.02. – Львов, 1984. – 156 с.
3. Гончар И.Н. Повышение эффективности абразивной обработки материалов скользящей поверхности лыж: Дис... канд. техн. наук: 05.21.05. – Львов, 1988. – 158 с.
4. Грицишин С.И. Разработка абразивного инструмента на эпоксидной связке и исследования процесса калибрования плитных древесных и других материалов: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.06.02 / ЛЛТИ. – Львов, 1982. – 22 с.
5. Заяць І.М. Обробка деревини і деревинних матеріалів абразивами. – Львів: Атлас, 2001. – 219 с.
6. Пристая А.Д. Разработка абразивных инструментов оборудования и оптимальных режимов калибрования-шлифования армирующих элементов деревопластиковых лыж: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.21.05 / ЛЛТИ. – Львов, 1988. – 18 с.
7. Хромчак И.И. Абразивная обработка плитных материалов на минеральных вяжущих: Дис... канд. техн. наук: 05.21.05. – Львов, 1990. – 150 с.
8. Jakubowski A. Analiza procesy szlifowania wybranych materiałów drewnopochodnych nowo opracowaną ściernicą. – Warszawa: SGGW, 1999. – 87 s.

*Рецензент д.т.н., проф. В.М. Голубець.*