

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

КІЙКО

Орест Антонович

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ШЛИФУВАННЯ  
ДЕРЕВИНИ БУКА ЖОРСТКО-ПРУЖНИМИ АБРАЗИВНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ

Спеціальність 05.03.01 - процеси механічної обробки, верстати  
та інструменти

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

ЛЬВІВ-1995

26.7  
Робота виконана на кафедрі технології матеріалів і інженерної графіки Українського державного лісотехнічного університету

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



Науковий керівник -

00761568 (X)

кандидат технічних наук  
В. О. Багричук

Науковий консультант - кандидат технічних наук,  
доцент С. І. Грицишин

Офіційні опоненти - доктор технічних наук,  
професор Ю. І. Бабей

кандидат технічних наук,  
доцент В. В. Шостак

Провідна установа - Український проєктно-конструкторський  
технологічний інститут лісової  
промисловості, м. Івано-Франківськ

Захист відбудеться "26" червня 1995 р. в "14"<sup>30</sup>  
годин на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 04.03.01 в  
Українському державному лісотехнічному університеті (290057,  
м. Львів, вул. Пушкіна, 103, зал засідань)

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Українського  
державного лісотехнічного університету

Автореферат розіслано "24" червня 1995 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

М. І. Білюк

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### Актуальність теми

Безперервний ріст вимог до якості продукції меблевих і деревообробних підприємств обумовлює необхідність вдосконалення технологій і способів обробки деревини.

В загальному технологічному процесі виготовлення виробів з деревини шліфування - один з найбільш відповідальних і трудомістких процесів. По даним В. М. Буглая трудомісткість процесу шліфування у меблевому виробництві складає 12...13 % від загальної трудомісткості.

На сучасному етапі найбільш широко для чистового шліфування деревини використовується шліфувальна шкурка, яка не завжди відповідає вимогам виробництва. Істотними недоліками її є відносно низька зносостійкість, порівняно велика собівартість, поступове погіршення ріжучої здатності в процесі роботи, складність, а інколи і неможливість шліфування деталей складного профілю та ліквідації кінематичної хвилястості, яка часто присутня на оброблюваній поверхні.

Перераховані недоліки створюють певні труднощі в справі механізації і автоматизації процесу шліфування деревини.

В останні роки було зроблено багато спроб створення нових видів інструментів для шліфування деревини, які здатні замінити шліфувальну шкурку.

В результаті експериментальних досліджень в Українському державному лісотехнічному університеті створений новий високопродуктивний інструмент для калібрування-шліфування виї зів з деревини та деревинних матеріалів - жорсткий абразивний круг. Сьогодні ці круги впроваджені на багатьох меблевих та деревообробних підприємствах, де показали високу техніко-економічну ефективність в роботі.

Треба відзначити, що можливість використання жорстких абразивних кругів для чистового шліфування виробів з деревини обмежена окремими його недоліками, а саме: виникненням потужного теплового потоку, що призводить до появи припалквань на оброблюваній поверхні, ударним характером роботи зерна, великою імовірністю появи кінематичної хвилі.

Результатом продовження експериментальних досліджень в

Українському державному лісотехнічному університеті стало створення нового жорстко-пружного абразивного круга, в роботі якого усунені недоліки, що гальмували використання абразивних кругів в процесі чистового шліфування виробів з деревини. Основним недоліком роботи цього інструмента є мала продуктивність процесу шліфування.

Отже, враховуючи вище викладене, можна зробити висновок про те, що задача розробки ефективних способів та інструментів для шліфування деревини та деревинних матеріалів має важливе практичне значення і є дуже актуальною.

#### Мета роботи

Розробка жорстко-пружних абразивних інструментів, які забезпечать підвищення продуктивності процесу чистового шліфування деревини, питомої продуктивності круга шляхом використання в інструменті сегментів з різним об'ємним вмістом зерна та в'язучого.

#### Наукова новизна

Створений новий вид абразивного інструмента для чистового шліфування деревини та деревинних матеріалів - комбінований жорстко-пружний круг, який дав змогу підвищити продуктивність процесу шліфування деревини і питому продуктивність самого інструмента за рахунок використання сегментів з різним об'ємним вмістом зерна та в'язучого.

Вперше експериментально досліджено вплив об'єму зерна та в'язучого основної і додаткової фракції сегментів, кількості сегментів даної фракції на продуктивність процесу шліфування, об'єм деревини, що знімається, об'єм шліфувального круга, який зношується в процесі роботи, шорсткість оброблюваної поверхні та силові параметри. Отримано математичні моделі для визначення продуктивності процесу шліфування, об'єму деревини, що знімається, об'єму інструмента, що зношується, одиничних складових сили різання та їх відношення.

Теоретично обґрунтований і експериментально підтверджений вибір режимних параметрів при шліфуванні деревини бука комбінованим інструментом.

#### Практична цінність і реалізація результатів досліджень

На основі результатів заводських випробувань, які проводились в умовах Отинійської меблевої фабрики, розроблено рекомендації оптимальних об'ємів зерна та в'язучого, кількості сегментів даної фракції, що забезпечують збільшення продуктивності процесу

шліфування на 20...40 %.

Розроблений комбінований жорстко-пружний інструмент не допускає засалювання робочого абразивного шару і має високу питому продуктивність.

**Основні положення, які виносяться на захист :**

1. Теоретично обґрунтований і експериментально підтверджений новий підхід для підвищення ефективності обробки деревини бука жорстко-пружними абразивними інструментами на основі використання ділянок з різною ріжучою здатністю.

2. Встановлені залежності, які дають можливість обґрунтувати вибір величин швидкості різання, прижиму інструмента до деталі, швидкості подачі та її напрямку при шліфуванні деревини бука.

3. Отримані залежності і зроблені висновки по впливу на працездатність комбінованих інструментів об'ємного вмісту зерна та в'язучого в сегментах основної і додаткової фракції, кількості сегментів додаткової фракції.

4. Практичні рекомендації по визначенню величини режимних та структурних параметрів при шліфуванні деревини бука комбінованими жорстко-пружними абразивними інструментами.

#### **Апробація роботи**

Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на Республіканській науково-технічній конференції "Научно-технический прогресс в лесной и деревообрабатывающей промышленности" (Київ) 1991 р.; на науково-технічних конференціях і семінарі в Українського державного лісотехнічного університету (Львів) 1988, 1992, 1993, 1994, р.р.

#### **Публікації**

За результатами виконаних досліджень опубліковано сім друкованих праць і отримано авторське свідоцтво.

#### **Структура та обсяг роботи**

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів основного тексту, практичних рекомендацій, основних висновків, переліку використаних джерел і додатків. Основний матеріал викладений на 151 сторінці машинописного тексту, містить 74 рисунка, 6 таблиць і бібліографів в кількості 72 назв.

#### **ЗМІСТ РОБОТИ**

У вступі дається обґрунтування теми дисертаційної роботи, її актуальність, а також коротка анотація проведеної роботи.

В першому розділі виявлено особливості процесу чистового шліфування деревини, проведений аналітичний огляд робіт, присвячених чистовому шліфуванню, в результаті якого вивчено вплив твердості абразивного інструмента на основні показники процесу шліфування та проведений аналіз існуючих методів підвищення продуктивності процесу обробки.

Визначена проблема, що виникає в процесі чистового шліфування деревини, суть якої на думку авторів полягає в найшвидшому отриманні необхідної якості оброблюваної поверхні.

Для досягнення необхідної шорсткості поверхні потрібно зменшувати зернистість інструмента. Виконання цієї умови призводить до підвищення температури в зоні шліфування.

З другої сторони, для підвищення швидкості усунення мікронерівностей на оброблюваній поверхні і зменшення температури в зоні шліфування (що не допустить утворення припалювань) необхідне використання в шліфувальних кругах абразивного матеріалу більшого номера зернистості.

Як правило цю проблему вирішують, використовуючи багаторазове шліфування з поступовим зменшенням зернистості абразивного інструмента. Наприклад для того, щоб з вихідної шорсткості оброблюваної поверхні деревини  $R_{III\max} = 65$  мкм отримати кінцеву  $R_{III\max} = 16$  мкм, необхідне трьохразове шліфування зернистістю № 25, № 12, та № 6. Слід відмітити, що такий спосіб вирішення проблеми, що виникає в процесі чистового шліфування деревини, носить екстенсивний характер, оскільки передбачає збільшення кількості обладнання або часу на обробку.

Проведений аналітичний аналіз дозволяє зробити наступний висновок: створення ділянок з різним об'ємним вмістом зерна та в'язучого в абразивному інструменті (надалі абразивний круг з сегментами, в яких об'ємний вміст зерна та в'язучого є змінний будемо називати комбінованим, причому сегменти з підвищеним об'ємним вмістом зерна та в'язучого будуть утворювати основну фракцію, а з порівняно малим - додаткову) є перспективним напрямком підвищення продуктивності процесу шліфування. Але не дивлячись на актуальність проблеми, це питання не стало предметом широкого та всебічного вивчення. Попередні дослідження показали, що процес чистового шліфування деревини жорстко-пружинними абразивними кругами (жорстко-пружинний інструмент представляє собою кільце, яке складається з певної кількості трапецевидних абразивних сегментів, зв'язаних між собою еластичними прокладками

і з'єднаних з центром обертання за допомогою радіальних елементів) заслуговує уваги і потребує детального дослідження.

Виходячи з аналізу стану питання, для досягнення поставленої мети в роботі вирішували наступні задачі:

- обґрунтувати вибір режимних параметрів в процесі шліфування деревини бука комбінованими абразивними кругами;

- провести дослідження впливу об'ємного вмісту зерна і в'язучого в сегментах жорстко-пружного абразивного інструмента та кількості сегментів додаткової фракції на основні показники, що характеризують процес шліфування деревини комбінованими кругами і дати оцінку впливу структурних параметрів на працездатність шліфувальних інструментів;

- розробити і видати практичні рекомендації по використанню комбінованих жорстко-пружних інструментів, провести їх промислове випробування в умовах експлуатації.

В другому розділі проведені деякі теоретичні дослідження процесу шліфування комбінованими жорстко-пружними кругами.

Процес шліфування жорстко-пружним кругом має ряд кінематичних особливостей, що принципово відрізняє його від процесу шліфування жорстким абразивним інструментом (рис.1).

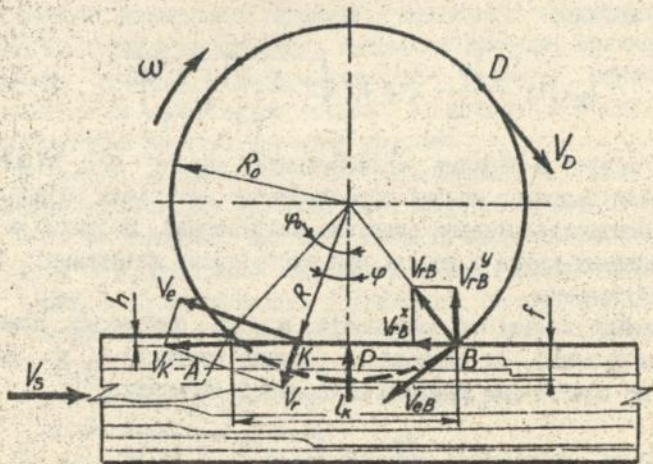


Рис.1. Схема плоского шліфування комбінованим кругом

Швидкість будь-якої точки К на лінії контакту інструмента і деталі складається з відносної  $V_K$  та переносної  $V_e$  швидкостей:

$$\vec{V}_K = \vec{V}_r + \vec{V}_e \quad (1)$$

Поза зоною контакту інструмента і деталі швидкість точки В буде визначатись з виразу:

$$V_B = \omega \cdot R_0 \quad (2)$$

В зоні контакту ця ж точка буде мати швидкість:

$$\vec{V}_B = \vec{V}_{eB} + \vec{V}_{rB} \quad (3)$$

Вектор швидкості різання в точці К направлений по лінії контакту шліфувального інструмента і оброблюваної деталі. При умові, що  $\varphi < \varphi_0$  абсолютну швидкість  $V_K$  знайдемо, як:

$$V_K = V_e \cdot \cos\varphi + V_r \cdot \sin\varphi = \omega \cdot R_0 \cdot \cos\varphi \cdot [1 + \operatorname{tg}^2\varphi] \quad (4)$$

Якщо  $f \ll R_0$ , то  $\cos\varphi \approx 1$  і  $\operatorname{tg}\varphi \approx 0$ . Після деяких перетворень отримуємо:

$$V_K = \omega \cdot R_0 \quad (5)$$

Отже, при умові, що величиною прижиму  $f$  в порівнянні з величиною радіуса інструмента  $R$  можна нехтувати, будемо вважати, що швидкість різання жорстко-пружного абразивного інструмента в процесі шліфування залишається постійною і рівна:

$$V_B = V_K = V = \omega \cdot R_0 \quad (6)$$

Визначена довжина зони контакту абразивного інструмента і шліфованої деталі:

$$l_K = \left[ 1 \pm \frac{V_s}{\omega \cdot R_0} \right] \cdot 2 \cdot R_0 \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{f}{R_0} - \left[ \frac{f}{R_0} \right]^2} \quad (7)$$

Знак "мінус" в першому співмножнику виразу (7) відповідає випадку, коли напрямок подачі оброблюваного матеріалу співпадає з напрямком швидкості різання (попутне шліфування). Як видно з (7), довжина контакту круга і деталі при зустрічному шліфуванні більша ніж при попутньому.

Визначено кількість сегментів  $m$ , що одночасно приймають участь в шліфуванні, як відношення довжини контакту  $l_K$  до довжини хорди  $l_0$ , що стягує два радіуси на границі сегмента:

$$m = \frac{n_c \cdot \left[ 1 \pm \frac{V_s}{\omega \cdot R_0} \right] \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{f}{R_0} - \left[ \frac{f}{R_0} \right]^2}}{\pi} \quad (8)$$

Розраховано максимальну величину прижиму інструмента до деталі, при якій можливе шліфування з ударними навантаженнями, що не призводять до появи дефектів на оброблюваній поверхні в залежності від кількості сегментів  $n_c$ :

$$f = \frac{R_0}{2} \cdot \left[ \frac{\pi}{n_c} \right]^2 \quad (9)$$

та товщини еластичної прокладки  $\delta$  і висоти сегмента  $h_c$ :

$$f = \frac{R_0 \cdot \delta^2}{2 \cdot h_c^2} \quad (10)$$

При  $R_0 = 100$  мм,  $n_c = 24$ ,  $\delta = 4$  мм,  $h_c = 30$  мм  
 $f = 0.845 \dots 0.888$  мм.

В третьому розділі приведено обґрунтування вибору абразивного та в'язучого матеріалів, викладена технологія виготовлення комбінованих інструментів, визначені критерії оцінки якості шліфувальних кругів, приведена методика стійкісних та силових досліджень. Дано опис експериментальної установки для проведення стійкісних досліджень та апаратури і пристосувань для проведення силових досліджень.

В четвертому розділі приведені результати експериментальних досліджень впливу об'ємного вмісту зерна та в'язучого в сегментах основної і додаткової фракції, кількості сегментів додаткової фракції, довжини шліфування, швидкості різання, швидкості подачі, величини прижиму інструмента до деталі, напрямку подачі оброблюваного матеріалу на основні показники процесу шліфування комбінованими жорстко-пружними кругами.

В якості показників, що характеризують процес шліфування деревини абразивними кругами, нами прийняті наступні:

- об'єм деревини, знятий в процесі шліфування  $Q$ ;
- об'єм круга, який зносився в процесі шліфування  $\Delta$ ;
- питома продуктивність абразивного інструмента  $q$ ;
- нормальна і дотична питомі складові сили різання  $P_{\text{пит}y}$  та  $P_{\text{пит}x}$ ;
- відношення питомої нормальної складової сили різання  $P_{\text{пит}y}$  до дотичної -  $P_{\text{пит}x}$ ,  $k$ ;

В результаті експериментальних досліджень впливу режимних факторів на основні показники, що характеризують процес шліфування

деревини бука комбінованими жорстко-пружними інструментами (ці дослідження проводились за класичною методикою, а їх результати підлягали статистичній обробці) встановлено, що:

- при швидкості різання  $V = 9...11$  м/с якість оброблюваної поверхні є найкращою - висота мікронерівностей не перевищує величини 32 мкм. При  $V < 9$  м/с ефективність процесу шліфування обмежена величиною  $R_{\text{ш max}}$ , яка становить 38...54 мкм. При  $V > 11$  м/с відбувається інтенсивне засалювання робочої поверхні абразивних сегментів із-за різкого збільшення динамічної жорсткості інструмента;

- при величині прижиму інструмента до деталі  $f = 0.8...0.9$  мм питома продуктивність комбінованого інструмента є максимальною і складає 400...2650 см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>. При малих значеннях  $f$  об'єм деревини, що знімається в результаті обробки є мінімальним (глибина шліфування при незмінних інших режимних факторах складає 0.001...0.01 мм). При  $f > 0.9$  мм ріжуча поверхня абразивного інструмента зазнає інтенсивного зносу, а величина мікронерівностей на шліфованій поверхні різко збільується із-за значних ударних навантажень;

- величина швидкості подачі оброблюваного матеріалу практично не впливає на шорсткість шліфованої поверхні та питому продуктивність абразивного інструмента;

- величини швидкості різання, прижиму круга до оброблюваної поверхні, швидкості подачі та  $f$  напрямку не впливають на відношення питомих складових сили різання, а тому їх зміна не призведе до істотного покращення ріжучої здатності комбінованих інструментів;

- результати експериментальних досліджень по обґрунтуванню режимних параметрів повністю підтверджують результати, отримані при теоретичних дослідженнях кінематичних особливостей процесу шліфування деревини бука комбінованими жорстко-пружними інструментами.

При дослідженні впливу структурних параметрів на основні показники нами був реалізований В-план з ДФП типу  $2^{5-1}$  в ортогональній частині.

В результаті обробки експериментальних даних для всіх показників процесу шліфування отримані рівняння регресії типу :

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_{1i} \cdot X_i + \sum_{i=1}^k b_{11i} \cdot X_i^2 + \sum_{j=1}^k b_{1j} \cdot X_i \cdot X_j, \quad (11)$$

де  $Y$  - значення вихідного параметра;

$b_0$  - вільний член рівняння регресії;

$b_1, b_{11}, b_{1j}$  - коефіцієнти, які виражають ефекти першого і другого порядку, парні взаємодії;

$X$  - незалежні змінні;

$k$  - число факторів, які включені в дослідження.

Всі коефіцієнти для рівнянь регресій наведені в додатку дисертаційної роботи.

В результаті даних досліджень нами встановлений характер впливу структурних параметрів абразивних сегментів на основні показники, що характеризують процес шліфування деревини бука комбінованими жорстко-пружними абразивними інструментами.

Збільшення об'ємного вмісту в'язучого в сегментах основної фракції від 11 до 13 % призводить до збільшення питомої продуктивності інструмента, зменшення об'єму зішліфованої деревини та об'єму спрацьованої частини абразивного круга. Дальший ріст  $V_{В\text{оф}}$  навпаки спричиняє зменшення  $q$  і збільшення  $Q$  та  $\Delta$ , що пояснюється втратами міцності закріплення абразивних зерен.

Пятама продуктивність абразивного круга росте із збільшенням об'єму в'язучого в сегментах додаткової фракції. Порівняно невеликий вміст в'язучого в сегментах додаткової фракції не дозволяє створити товстих місточків із фенол-формальдегідної смоли, які б призвели до збільшення крихкості системи абразивне зерно - в'язучий матеріал і втрати адгезійних сил взаємозв'язку, як це ми спостерігали у випадку, коли  $V_{В\text{оф}} \geq 14$  %. Цим і пояснюється зменшення об'єму зішліфованої деревини та об'єму зношеної частини інструмента з ростом об'ємного вмісту в'язучого в сегментах додаткової фракції.

Збільшення кількості сегментів додаткової фракції призводить в даному випадку до росту питомої продуктивності круга, зйому деревини та зносу інструмента і до зменшення відношення  $k$ . Це логічно, оскільки збільшення кількості "м'яких" сегментів спричиняє збільшення крихкості абразивного шару, створюючи більш сприятливі умови для шліфування деревини, зменшуючи одночасно зносостійкість кругів.

З ростом вмісту зерна в сегментах основної фракції від 44 до 46 % збільшується і об'єм зішліфованої деревини. Подальший ріст  $V_{\text{зер}\text{оф}}$  призводить до зменшення  $Q$ . Аналогічним є характер залежності питомої продуктивності інструмента від  $V_{\text{зер}\text{оф}}$ .

Збільшення об'ємного вмісту зерна в сегментах комбінованої

круга по різному може впливати на його працездатність.

Зростання  $Q$  з підвищенням  $V_{\text{зер}}^{\text{оф}}$  від 44 до 46 % пояснюється збільшенням кількості одночасно працюючих зерен, а зменшення об'єму частини круга, що зносилась при аналогічних умовах - збільшенням адгезивних сил взаємозв'язку між абразивними зернами.

Зниження  $Q$  з ростом  $V_{\text{зер}}^{\text{оф}}$  від 46 до 48 % можна пояснити тим фактом, що великий об'ємний вміст зерна в сегментах основної фракції зменшує об'єм пор, погіршуючи умови різання. Збільшення  $\Delta$  при цих умовах очевидно пояснюється втратами міцності закріплення зерен через малий відсоток в'язучого матеріалу, що припадає на одиницю робочої поверхні.

Встановлено, що у всіх дослідженнях збільшення кількості сегментів додаткової фракції до 12 спричиняє ріст всіх основних показників процесу шліфування комбінованими жорстко-пружними кругами окрім відношення питомої нормальної складової сили різання до дотичної.

В результаті досліджень встановлено, що при еластичному шліфуванні величина складових сили різання в значній мірі залежить від величини режимних факторів: швидкості різання, швидкості подачі та прижиму інструмента до оброблюваної деталі.

Визначено, що показник процесу шліфування, який представляє собою відношення питомої нормальної складової сили різання до дотичної, звільнений від впливу режимних факторів. Тому цей показник був прийнятий як один з основних показників процесу шліфування деревини комбінованими жорстко-пружними кругами.

В результаті аналізу виділено три найбільш характерних випадки роботи комбінованих інструментів для різних співвідношень об'ємного вмісту зерна та в'язучого в сегментах основної і додаткової фракції.

В першому з них об'ємний вміст зерна та в'язучого зафіксовані на нижній межі інтервалу варіювання.

Величина зносу "м'яких" і "твердих" сегментів із збільшенням довжини шліфування стрімко зростає, що пояснюється малою кількістю в'язучого в робочому шарі.

Встановлено, що комбіновані круги з такими характеристиками абразивних сегментів зішліфують з оброблюваної поверхні шар деревини найбільшої товщини. Глибина шліфування для них становить 0.03...0.05 мм.

З другої сторони, завдяки інтенсивному зносу питома працездатність таких інструментів дуже невелика і становить

400...450  $\text{см}^3/\text{см}^3$ . Шорсткість шліфованої поверхні при цьому зростає із збільшенням довжини шліфування.

Отримані результати дають можливість припустити, що шліфувальні круги, в сегментах яких об'ємний вміст зерна та в'язучого мінімальний, працюють в режимі зносу.

Попередніми дослідженнями встановлено, що звичайний жорстко-пружний круг, в сегментах якого  $V_{\text{зер}} = 48\%$  і  $V_{\text{в}} = 15\%$ , та комбінований, в якому об'ємний вміст Зерна та в'язучого в сегментах основної і додаткової фракцій більший за верхню межу інтервалу варіювання, спричиняють в процесі шліфування припалювання на оброблюваній поверхні, що пояснюється засалюванням ріжучого шару.

Сегменти основної фракції комбінованого круга, в яких  $V_{\text{зер}}^{\text{оф}} = 48\%$  і  $V_{\text{в}}^{\text{оф}} = 15\%$  не засалюються. Цей факт безумовно пояснюється наявністю в інструменті "м'яких" сегментів додаткової фракції. Саме ці сегменти переривають процес засалювання, приймаючи основну частку роботи по зрізання стружки на себе. Сегменти основної фракції в свою чергу не дають стрімко збільшуватись висоті мікронерівностей на шліфованій поверхні. Але в роботі такого інструмента присутні істотні недоліки:

1. В результаті інтенсивного зносу сегментів додаткової фракції питома продуктивність інструментів дуже мала і складає 550...700  $\text{см}^3/\text{см}^3$ .

2. На оброблюваній поверхні при шліфуванні досліджуваним кругом виникає хвилястість. Причиною появи цього дефекту є велика різниця у величині об'ємного вмісту зерна та в'язучого в сегментах основної і додаткової фракцій, внаслідок чого сегменти основної фракції майже не зношуються на відміну від "м'яких" сегментів, знос яких дуже великий. В результаті, значна різновисотність робочого шару спричиняє ударний характер роботи інструмента, що і призводить до появи хвилястості. Постійне вирівнювання абразивної поверхні шляхом правки значно зменшує ресурс роботи таких кругів.

Очевидно, що ці недоліки можна усунути, якщо зменшити різницю у величині об'ємних вмістів зерна та в'язучого в сегментах різних фракцій комбінованого інструмента.

На рис.2 представлені залежності зносу, глибини шліфування та шорсткості оброблюваної поверхні від довжини шліфування при роботі круга, в якому об'ємний вміст зерна та в'язучого в сегментах основної і додаткової фракцій зафіксовані в середині інтервалу варіювання.

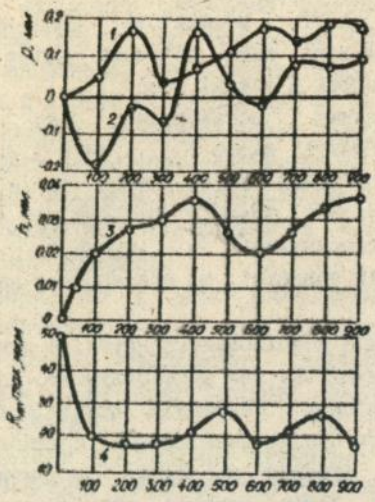


Рис.2. Залежність а) зносу сегментів  $\rho$ , б) глибини шліфування  $h$ , в) шорсткості оброблюваної поверхні  $R_{max}$  від довжини шліфування  $L$ ; 1 - знос сегментів додаткової фракції; 2 - знос сегментів основної фракції;  $V_{з\text{ер} \text{ оф}} = 45 \%$ ;  $V_{\text{Б} \text{ оф}} = 13 \%$ ;  $V_{з\text{ер} \text{ дф}} = 42 \%$ ;  $V_{\text{Б} \text{ дф}} = 9 \%$ ;  $n_{\text{оф}} = 12$ .

В результаті збалансованості між величиною зносу сегментів та глибиною шліфування, питома продуктивність таких кругів максимальна і складає  $2300 \dots 2650 \text{ см}^3/\text{см}^3$ .

В рис.2 видно, що з початку шліфування до точки, в якій  $L = 100 \text{ м}$ , сегменти додаткової фракції починають зношуватись, а на сегменти основної фракції наліпає стружка. По мірі збільшення довжини шліфування до  $L = 200 \text{ м}$ , знос "м'яких" сегментів росте. В цей момент сегменти основної фракції очищуються від стружки, пилу та відходів шліфування. Це явище є головним в процесі шліфування деревини комбінованими жорстко-пружними кругами. Воно стало можливим тільки завдяки присутності сегментів додаткової фракції, які беруть на себе основну роботу по зрізанню стружок. В цей час, розвантажені від роботи, сегменти основної фракції очікують свою роботу поверхню. Однією з ймовірних причин такого очищення є постійні радіальні коливання сегментів. Виявлено, що описаний вище характер роботи є здебільшого постійним і циклічним.

В результаті досліджень встановлено, що шліфувальні

комбіновані жорстко-пружні інструменти, в яких об'ємний вміст зерна та в'язучого в сегментах основної і додаткової фракції зафіксовані приблизно в середині інтервалу варіювання здатні працювати за рахунок циклічного самоочищення без правки, максимально використовуючи весь ресурс роботи.

Отже в залежності від величини змінних факторів  $V_{\text{зер.об}}$ ,  $V_{\text{в.об}}$ ,  $V_{\text{зер.дф}}$ ,  $V_{\text{в.дф}}$  та  $n_{\text{дф}}$  комбіновані шліфувальні інструменти можуть працювати в режимах засалювання, зносу або циклічного самоочищення.

Роботу досліджуваних інструментів можна розділити на два періоди.

В першому періоді знос сегментів комбінованого круга різко зростає. Висота мікронерівностей на оброблюваній поверхні навики стрибкоподібно зменшується. Глибина шліфування поступово збільшується до свого середнього значення. Цей період характеризується активним осипанням зерен, які були викришені в результаті правки з робочої поверхні сегментів, що є причиною їх інтенсивного зносу. На початку шліфування активно зношуються також еластичні прокладки, які виступають над робочою поверхнею шліфувального інструмента після правки внаслідок їх невеликої жорсткості. Тривалість цього періоду дуже мала.

Другий період - період стабілізації роботи круга. Тут глибина шліфування і жорсткість шліфованої поверхні незначно коливаються навколо своїх середніх значень. В залежності від співвідношення об'ємного вмісту зерна та в'язучого в сегментах основної і додаткової фракції комбіновані інструменти, як ми вже визначили раніше, можуть працювати протягом цього періоду в режимі зносу, засалювання або циклічного самоочищення. В останньому випадку кінець другого періоду буде визначатись ресурсом роботи абразивних сегментів (міцність клеєвого з'єднання прокладка - сегмент та висотой робочого шару абразивних сегментів). У всіх інших випадках тривалість цього періоду, аналогічно з роботом жорстких кругів, буде обмежена довжиною шліфування  $L = 800 \dots 5200$  п.м.

#### ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. На основі виконаних досліджень впливу режимних та структурних параметрів на показники, що характеризують процес шліфування деревини бука комбінованими жорстко-пружними кругами вирішена важлива науково-технічна задача - підвищено ефективність

абразивної обробки шляхом використання сегментів з різним об'ємним вмістом зерна та в'язучого.

В якості абразиву для створеного круга застосовано карбід кремнію чорний марок 54 С 1 55 С зернистістю № 25, в якості зв'язки - фенолформальдегідна смола БЖ-2 та порошкоподібне фенольне в'язуче СФП.

2. Аналітично знайдено величину довжини контакту інструмента і деталі, яка становить  $l_k = 3.58$  мм при використанні зустрічної схеми шліфування та  $l_k = 3.57$  мм при попутній схемі обробки для постійних швидкості різання, швидкості подачі, величини прижиму та радіуса досліджуваного круга.

Отримано вирази для визначення максимальної величини прижиму круга до оброблюваної деревини, при якій можливе шліфування з ударними навантаженнями, що не призводять до появи дефектів на шліфованій поверхні. При незмінних розмірах абразивних сегментів і еластичних прокладок  $f = 0.845 \dots 0.888$  мм.

Виявлено, що швидкість будь-якої точки на лінії контакту інструмента і деталі складається з суми відносної і переносної швидкостей. Встановлено, що миттєва зміна швидкості абразивних сегментів при вході до зони контакту призводить до появи ударної сили, а при виході із цієї зони - вислизке подальші коливання ріжучих елементів.

3. В результаті експериментальних досліджень впливу режимних факторів на основні показники, що характеризують процес шліфування деревини бука комбінованими жорстко-пружинними інструментами встановлено, що:

- при швидкості різання  $V = 9 \dots 11$  м/с якість оброблюваної поверхні в найкращому - висота мікронерівностей не перевищує величини 32 мкм. При  $V < 9$  м/с ефективність процесу шліфування обмежена величиною  $R_{max}$ , яка становить 38...54 мкм. При  $V > 11$  м/с відбувається інтенсивне засалювання робочої поверхні абразивних сегментів із-за різкого збільшення динамічної жорсткості інструмента;

- при величині прижиму інструмента до деталі  $f = 0.8 \dots 0.9$  мм питома продуктивність комбінованого інструмента є максимальною і складає  $400 \dots 2650$  см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>. При малих значеннях  $f$  об'єм деревини, що знімається в результаті обробки є мінімальним (глибина шліфування при незмінних інших режимних факторах обмежує  $0.001 \dots 0.01$  мм). При  $f > 0.9$  мм ріжуча поверхня абразивного інструмента зазнає інтенсивного зносу, а величина мікронерівностей

на шліфованій поверхні різко збільшується із-за значних ударних навантажень;

- величини швидкості різання, прижиму круга до оброблюваної поверхні, швидкості подачі та її напрямку не впливають на відношення питомих складових сили різання, а тому їх зміна не призведе до істотного покращення ріжучої здатності комбінованих інструментів.

Результати експериментальних досліджень по обґрунтуванню режимних параметрів повністю підтверджують результати, отримані при теоретичних дослідженнях кінематичних особливостей процесу шліфування деревини бука комбінованими жорстко-пружними інструментами.

4. В результаті експериментальних досліджень впливу структурних факторів на основні показники, що характеризують процес шліфування деревини бука комбінованими жорстко-пружними інструментами встановлено, що:

- об'ємний вміст зерна та в'язучого в сегментах основної фракції впливають на основні показники процесу шліфування. Із їх збільшенням питома продуктивність інструмента спочатку росте, а починаючи з середини інтервалу варіювання - зменшується. Ріст величини об'ємного вмісту зерна та в'язучого в сегментах основної фракції призводить до збільшення відношення питомої нормальної складової сили різання до дотичної, що в результаті погіршує ріжучу здатність комбінованих шліфувальних кругів;

- об'ємний вміст зерна та в'язучого в сегментах додаткової фракції впливають на основні показники процесу шліфування. Збільшення об'ємного вмісту в'язучого в сегментах додаткової фракції призводить до росту питомої продуктивності інструмента. При цьому зростає зносостійкість шліфувального круга та незначно зменшується об'єм зішліфованої деревини. Збільшення об'ємного вмісту зерна в сегментах додаткової фракції дещо зменшує питому продуктивність інструмента, спричиняє ріст глибини шліфування та об'єму зношеної частини круга;

- збільшення кількості сегментів додаткової фракції збільшує питому продуктивність, об'єм зішліфованої деревини та зносостійкість комбінованих інструментів.

5. Встановлено, що в залежності від величини об'ємного вмісту зерна та в'язучого в сегментах основної і додаткової фракцій комбінований жорстко-пружний абразивний інструмент може працювати в режимах зносу, засалювання і циклічного самоочищення.

Виявлено, що в режимі зносу працюють ті комбіновані інструменти, об'ємний вміст зерна та в'язучого в яких можливо мінімальний. Глибина шліфування в даному випадку найбільша і становить  $400...450 \text{ см}^3/\text{см}^3$ .

Встановлено, що в режимі засалювання працюють комбіновані інструменти з можливо максимальним об'ємним вмістом зерна та в'язучого в сегментах основної і додаткової фракції. Усунути припалювання на оброблюваній деревині, які виникають внаслідок затуплення ріжучої поверхні інструмента, можна шляхом використання дуже "м'яких" сегментів додаткової фракції, що в свою чергу призведе до появи істотних недоліків при роботі:

- в результаті інтенсивного зносу сегментів додаткової фракції питома продуктивність таких кругів невелика і складає  $q = 550...700 \text{ см}^3/\text{см}^3$ ;

- на оброблюваній поверхні при шліфуванні виникає хвилястість, причиною чого є значна різниця у величині об'ємного вмісту зерна та в'язучого в сегментах основної і додаткової фракції. В результаті, значна різновисотність робочого шару спричиняє ударний характер росоти інструмента, що і призводить до появи хвилястості. Постійне вирівнювання робочої поверхні шляхом правки зменшує ресурс роботи таких інструментів.

В режимі циклічного самоочищення робота досліджуваного круга не призводить до появи дефектів на оброблюваній поверхні, а його сегменти не зазнають інтенсивного спрацювання. При умові самоочищення, комбіновані жорстко-пружні круги здатні працювати без правки, повністю використовувачи весь ресурс роботи, який в даному випадку буде визначатись висотою абразивних сегментів. Питома продуктивність таких інструментів максимальна і складає  $2300...2650 \text{ см}^3/\text{см}^3$ .

6. Встановлено оптимальні значення об'ємного вмісту зерна та в'язучого в сегментах основної і додаткової фракцій, при яких будуть створені найбільш сприятливі умови для самоочищення робочої поверхні інструмента і питома продуктивність останнього є максимальною. При шліфуванні деревини бука ці значення лежать в наступних інтервалах:  $V_{\text{в оф}} = 12...14 \%$ ;  $V_{\text{зер оф}} = 45...47 \%$ ;  $V_{\text{в дф}} = 10...11 \%$ ;  $V_{\text{зер дф}} = 42...43 \%$ ;  $n_{\text{дф}} = 10...12$ .

7. Аналіз ефективності шліфування комбінованими жорстко-пружними абразивними інструментами (на прикладі Стинійської меблевої фабрики) показав, що впровадження досліджуваних кругів дало змогу підвищити продуктивність роботи на  $20...40 \%$ .

Публікації здобувача по темі дисертації

1. Петришак Н.В., Кійко О.А., Береза Н.С., Багрийчук В.А. Механическое шлифование профильных деталей // Научно-технический прогресс в лесной и деревообрабатывающей промышленности : Тезисы докладов XVIII научно технической конференции. - Киев. - 1991. - с.10...17.

2. Кійко О.А. Новий інструмент для чистового шліфування деревини. Науковий вісник. Вип.1. - Львів: УкрДЛТУ, 1994. - с.91...94.

3. Кійко О.А., Голубець В.М., Грицишин С.І. Вплив швидкості різання, швидкості подачі та величини прижиму на силові показники процесу шліфування комбінованими жорстко-пружними абразивними кругами. Науковий вісник. Вип.3. - Львів: УкрДЛТУ, 1995. - с.143...145.

4. Кійко О.А., Голубець В.М., Грицишин С.І. Вплив сегментів додаткової фракції на працездатність комбінованого жорстко-пружного абразивного інструмента. Науковий вісник. Вип.3. - Львів: УкрДЛТУ, 1995. - с.138...141.

5. Кійко О.А., Голубець В.М., Багрийчук В.О. Вплив напрямку подачі на силові показники при чистовому шліфуванні комбінованими жорстко-пружними абразивними інструментами. Науковий вісник. Вип.3. - Львів: УкрДЛТУ, 1995. - с.145...146.

6. Кійко О.А., Губер В.М. Силові показники при чистовому шліфуванні деревини жорстко-пружними кругами // Нове в технології лісової та деревообробної промисловості: Наукові праці, т.6. - Львів-Харків: Інститут технологічної кібернетики лісопромислового комплексу, 1993. - с.99...100.

7. Багрийчук В.А., Петришак Н.В., Кійко О.А. Шлифовальный инструмент. Авторское свидетельство СССР № 1583275, кл. В 24 D 5/06, 1988.

8. Багрийчук В.О., Петришак І.В., Кійко О.А. Створення інструменту для профільного шліфування пагонажних деталей. Заключний звіт / шифр 52-33-87, № ДР 01870048928, інв. № 02900009867/. - Львів: ЛЛТІ, 1988.

Відгуки та автореферат в двох екземплярах з завіреними підписами просимо надсилати за адресов:

290057, м.Львів, вул.Пушкіна, 103, Спеціалізована вчена рада.

Kyiko O.A. Increase of the beech timber grinding efficiency with rigid-elastic abrasive tools.

Thesis for a candidate of technical sciences degree, speciality 05.03.01 - processes of machine-tools and tools. Ukrainian State University of Forestry and Wood Technology, Lvov, 1995.

Manuscript.

#### Resume

The paper deals with the ways of increase of abrasive tools productivity during timber grinding. As a result of the carried out researches the efficiency of the abrasive processing of beech timber by means of the use of segments with different volumetric grain content and binder has been increased, the choice of the performance parameters in the process of grinding has been theoretically substantiated and experimentally proved, practical recommendation for the use of combined rigid-elastic tools have been worked out. Factory tests of the abrasive wheels have been carried out, data concerning grinding process productivity increase has been given.

Кийко О.А. Повышение эффективности шлифования древесины бука жестко-упругими абразивными инструментами.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.01 - процессы механической обработки, станки и инструменты, Украинский государственный лесотехнический университет, Львов, 1995.

Рукопись.

#### Резюме

В работе рассматриваются пути повышения производительности абразивного инструмента для шлифования древесины. В результате проведенных исследований повышена эффективность абразивной обработки древесины бука путем использования сегментов с различным объемным содержанием зерна и связующего, теоретически обоснован и экспериментально подтвержден выбор режимных параметров в процессе шлифования, разработаны практические рекомендации по использованию комбинированных жестко-упругих инструментов. Проведены заводские испытания исследуемых абразивных кругов, приводятся данные о повышении производительности процесса шлифования.

Ключові слова:

шлифування, інструмент, абразивний сегмент.

Ротапонт ЛѢЦНТЕІ Замовлення 380 Тираж 100





AB 33.584