

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТВЕРДОСТІ АБРАЗИВНИХ КРУГІВ НА ДОВЖИНУ ШЛІФУВАННЯ

Магура Б.О., к.т.н., Гончар І.М., к.т.н.

(Національний лісотехнічний університет України)

*В статті проаналізовано взаємозв'язок між твердістю абразивного інструмента та твердістю оброблюваного матеріалу, а також наведено результати дослідження впливу твердості абразивних кругів на довжину шліфування фанери виготовленої з березового шпону.*

**Вступ.** Ефективність роботи шліфувального інструмента значною мірою залежить від фізико-механічних показників матеріалів, з яких його виготовлено, а також від властивостей оброблюваного матеріалу.

В металообробці використовують шліфувальні круги з абразивів електрокорунду, монокорунду, карбїду бору і кремнію, нітриду бору, синтетичних алмазів та інших матеріалів на різних в'язучих [1, 2].

Круги для абразивного оброблення деревини і деревинних матеріалів можуть бути виготовлені зі скла, кременю, карбїду кремнію на бакелітовому та епоксидному в'язучому [3, 4, 5, 6]. При виготовленні шліфувальних стрічок для обробки деревини і деревинних матеріалів використовують різні абразиви: природні – гранат, кремїнь, корунд, і штучні – електрокорунд, карбїд кремнію, карбїд бору та ін.

Однією з найважливіших характеристик, які впливають на роботу інструмента є його твердість. Твердість – це здатність тіла чинити опір проникненню в нього іншого, більш твердого тіла. Вона визначає придатність абразивного круга для обробки того чи іншого матеріалу і характеризує сили взаємозв'язку між зернами і в'язучим матеріалом. Зі збільшенням твердості

кругів зростають сили, які утримують зерна в масі інструменту і відповідно зерно може витримувати більші навантаження не викришуючись із в'язучого.

Твердість абразивних інструментів визначається співвідношенням компонентів в крузі та їх структурою. Твердість абразивних інструментів для металообробки є однаковою при одному й тому ж вмісті в них твердого матеріалу, тобто зерна та в'язучого матеріалу. Для шліфування деревини та деревинних матеріалів використовуються круги з нормованою структурою, для яких рівнозначність впливу об'ємів зерна та в'язучого матеріалу не підтвердилась. Твердість таких інструментів залежить від кількості зв'язки та пористості і є функцією від номера структури.

**Результати досліджень.** Твердість круга суттєво впливає на характер його роботи. Круги різної твердості залежно від швидкості різання при постійній швидкості подачі можуть працювати в режимах спрацювання, самозаточування і засалювання. Тому в своїх роботах [3, 7] основну увагу приділяли визначенню критичного коефіцієнту режиму шліфування – коефіцієнту, що являє собою відношення швидкості різання до швидкості подачі, при яких відбувається перехід режиму роботи кругів від самозаточування до засалювання.

Величину твердості для якої, за визначених умов, отримують найбільшу довжину шліфування, прийнято вважати оптимальною.

Якщо ці визначені умови (коефіцієнт шліфування, зернистість, глибину обробки) вважати постійними, то можна зауважити, що величина оптимальної твердості залежить від виду та характеристик оброблюваного матеріалу [3, 8].

Для виконання порівняльної характеристики побудуємо таблицю 1, що містить основні фізико-механічні показники оброблюваних матеріалів та величину оптимальної твердості (колонка б) абразивних кругів (абразив – скло) за приблизно однакових умов обробки (режимів обробки та зернистості).

Таблиця 1 – Фізико-механічні показники оброблюваних матеріалів

Вид оброблюваного матеріалу		Щільність $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Дотичні напруження при сколюванні $\tau_{ск}$ , МПа	Твердість матеріалу Н, МПа	Модуль пружності E, МПа	Твердість круга Н <sub>к</sub> , МПа
1		2	3	4	5	6
Термо-реактивні пластмаси	Текстоліт	1,35	27...30	340...360	$(5...10) \cdot 10^3$	118
	Гетинакс	1,40	17...18	290...310	$(5...20) \cdot 10^3$	88
	ДСП-В	1,33	14,5...15,5	250...270	$(10...30) \cdot 10^3$	78
Деревина та деревні матеріали	ДСП	0,55...0,75	2...6	20...40	$(1...2) \cdot 10^3$	200...250
	Бук	0,67	11...14	43,5	$12,4 \cdot 10^3$	57...68
	Сосна	0,50	7,3...7,5	24	$12,2 \cdot 10^3$	110...120
	Береза	0,63	9...11	37	$15,1 \cdot 10^3$	70...80
	Граб	0,80	15...19	77	$(15...17) \cdot 10^3$	50

Як бачимо, чим вищі показники міцності, твердості оброблюваного матеріалу, тим менша величина оптимальної твердості, тобто спостерігається оберненопропорційний зв'язок між величиною оптимальної твердості кругів та твердістю оброблюваного матеріалу.

Величина оптимальної твердості визначається також складом кругів, зокрема видом абразивного матеріалу, оскільки одне значення буде оптимальним при використанні скла, інше – карбіду кремнію. Як показали

результати досліджень при шліфуванні берези кругами із скла (оптимальна твердість кругів  $H_k = 77 \text{ МПа}$ ) [3], отримана максимальна довжина шліфування становить 15 тис.м.п., а при використанні як абразиву карбиду кремнію (оптимальна твердість кругів  $H_k = 130 - 150 \text{ МПа}$ ) [4] – 34 тис.м.п.

Якщо взяти до уваги фанеру, виготовлену із березового шпону, то оскільки під час її виготовлення поверхневі шари дещо спресовуються, то допустимі напруження на сколювання зростають порівняно більше ніж величина твердості. А отже, показник шліфування  $A$ , який визначається відношенням твердості деревини до допустимих напружень сколювання

$$A = \frac{H_o}{\tau_{ск}},$$

може бути дещо нижчим ніж при обробці деревини берези, відповідно

діапазон дослідження твердості кругів приймаємо в межах  $H_k = 120 \dots 200 \text{ Па}$ .

Слід зазначити, що безпосередній та непрямий (через спрацювання) вплив твердості кругів на шорсткість є суперечливим. Чим більша твердість, тим більшим є число зерен на одиницю площі круга, отже зменшується товщина стружки, і, відповідно, шорсткість. В той же час, із збільшенням твердості, зростають площини спрацювання (оскільки зерна краще утримуються в зв'язці), що зумовлює зростання шорсткості. Тому, існує певна оптимальна твердість круга для забезпечення мінімальної шорсткості.

Регресійну модель для опису залежності довжини калібрування-шліфування заготовок із фанери від досліджуваних факторів отримано у вигляді поліному другого порядку. У натуральних позначеннях факторів вона має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} L = & -49910,37 - 130,29v + 460,14h + 592,13H + 1,88v_s + 8,52vh + 21,9vH - \\ & - 33,11vv_s - 72,82hH - 113,82hv_s - 12,75Hv_s - 149,04v^2 + 147,6h^2 - 0,49H^2 + \\ & + 117,74v_s^2 - 1,27v^2h + 7,94v^2H - 74,66v^2v_s + 94,38h^2v + 73,78h^2H + \\ & + 10,87h^2v_s - 1,06H^2v - 0,12H^2h + 1,32H^2v_s + 109,17v_s^2v + 7,95v_s^2h - 14,69v_s^2H \end{aligned} \quad (1)$$

де  $L$  – довжина шліфування, м;  $v$  – швидкість різання, м/с;  $h$  – глибина шліфування, мм;  $H$  – твердість абразивного круга;  $v_s$  – швидкість подачі, м/хв.

Вплив твердості абразивного круга на довжину шліфування для різних

значень глибини шліфування при постійних швидкості різання і подачі показано на рис. 1.

Як видно з рис. 1 зі збільшенням твердості інструмента довжина шліфування зростає до певного максимального значення, потім поступово спадає. Це можна пояснити зміною характеру роботи абразивних зерен і інструменту в цілому. Як відомо, в процесі шліфування абразивний круг може працювати в режимі спрацювання (зношування), самозаточування та засалювання. Під час роботи абразивний інструмент зношується за рахунок стирання ріжучих граней зерен, відколювання від зерен окремих шматочків і викришування цілих зерен із в'язучого. У процесі шліфування активні зерна, заглиблюючись в деревину, зустрічають на своєму шляху опір оброблюваного матеріалу. Цей опір, як вважає А.І. Яцюк [3] в основному зводиться до опору, викликаного пружними і пластичними деформаціями в зрізуваній стружці і оброблюваному матеріалі, опором, викликаним відділенням стружки і утворенням нової поверхні та опором, викликаним зовнішнім тертям.

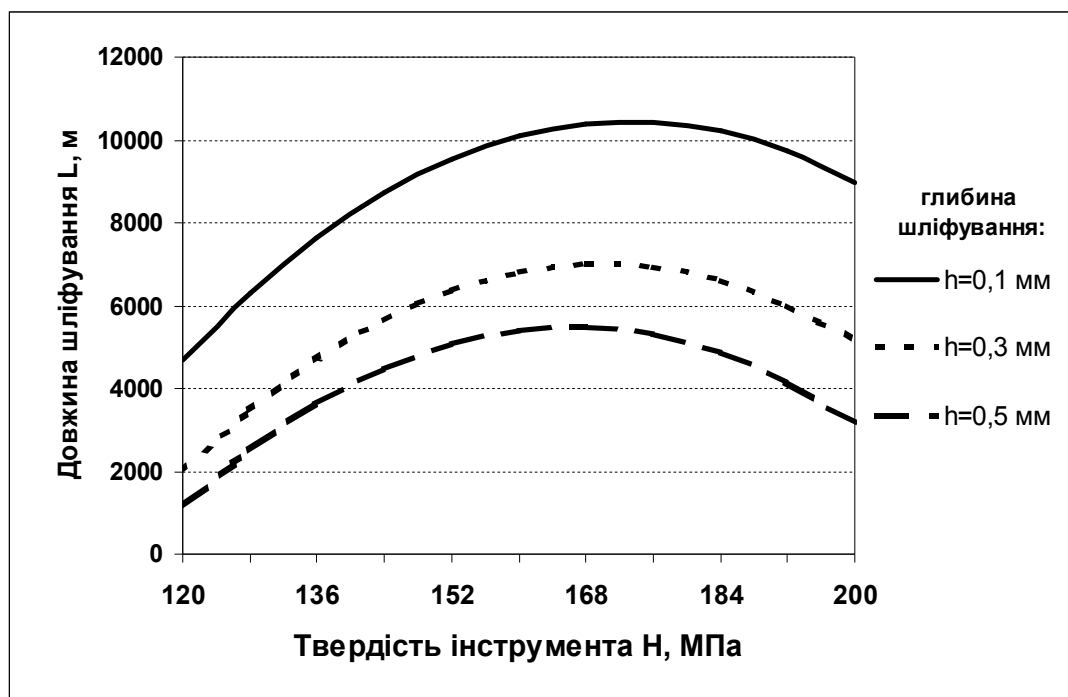


Рисунок 1 – Залежність довжини шліфування від твердості абразивного круга: швидкість різання  $v=20$  м/с, швидкість подачі  $v_s=15$  м/хв

Якщо сума цих опорів рівна, або дещо вища від міцності закріплення на крузі абразивних зерен, то останні в процесі шліфування швидко викришуються із в'язучого і виносяться із зони контакту круга з оброблюваним матеріалом разом зі стружкою. Цей процес характерний для кругів твердістю 120 МПа, тобто вони працюють в режимі спрацювання.

Зерна, які більш міцно закріплені на робочій поверхні круга, можуть брати участь в роботі тривалий час, і при збільшенні періоду шліфування вони поступово затуплюються, викликаючи тим самим збільшення сил опору різанню. У свою чергу сили опору різанню можуть досягнути такої величини, при якій міцність зерен, а також міцність їх закріплення в крузі буде менша, тоді зерна можуть руйнуватись за рахунок відколювання від них окремих шматочків, або повністю викришуватись із в'язучого. Таке спрацювання характерне для кругів твердістю 160...180 МПа при їх роботі в режимі самозаточування.

У випадку, коли сили опору різанню недостатні для руйнування зерен і викришування їх із в'язучого, відбувається затуплення ріжучих граней зерен і забивання міжзернових впадин стружкою. У цьому випадку круги працюють в режимі засалювання ( $H = 200$  МПа).

**Висновки.** З аналізу отриманих експериментальних даних можна зробити висновок, що твердість кругів суттєво впливає на їхню стійкість.

Так, під час калібрування-шліфування фанери, виготовленої з березового шпону, з підвищенням твердості від 120 МПа до 170 МПа при швидкості різання 20 м/с, швидкості подачі 15 м/хв, глибині шліфування 0,3 мм довжина шліфування зростає з 2000 м до 7000 м. Подальше збільшення твердості призводить до зниження стійкості.

Результати досліджень показали, що круги твердістю 160...180 МПа забезпечують найбільшу довжину шліфування за період стійкості при заданій швидкості різання, подачі і глибині шліфування.

## Список літератури:

1. Кащук В.А., Верещагин А.Б. Справочник шлифовщика. – М.: Машиностроение, 1988. – 480 с.
2. Резников А.Н. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник. – М.: Машиностроение, 1977. – 391 с.
3. Яцюк А.И. Новый способ механической обработки древесины. - Львов: Вища школа, 1975. – 256с.
4. Бугаенко Я.П. Разработка рецептуры абразивного инструмента и оптимизация режимов шлифования паркетных изделий из древесины. Автореф.дис... канд. техн.наук: /ЛЛТИ. - Львов, 1984.- 20с.
5. Магура Б.О. Розроблення абразивного круга та раціональних режимів калібрування-шліфування заготовок із фанери: Дис... канд. техн. наук: 05.05.07. – Львів, 2006. – 171 с.
6. Гончар И.Н. Повышение эффективности абразивной обработки материалов скользящей поверхности лыж: Дис... канд. техн. наук: 05.21.05. – Львов, 1988. – 158 с.
7. Заяць І.М. Обробка деревини і деревинних матеріалів абразивами.— Львів: Атлас, 2001. — 219с.
8. Любимов А.В. Шлифование пластмасс новым абразивным инструментом. – Львов: Вища школа, 1979. - 156с.

## Аннотация

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТВЕРДОСТИ АБРАЗИВНЫХ КРУГОВ НА ДЛИНУ ШЛИФОВАНИЯ**

Магура Б.А., Гончар И.Н.

*В статье проанализировано взаимосвязь между твердостью абразивного инструмента и твердостью обрабатываемого материала, а также приведены результаты исследования влияния твердости абразивных*

*кругов на длину шлифования фанеры изготовленной из березового шпона.*

**Abstract**

**STUDY OF THE ABRASIVE WHEELS HARDNESS INFLUENCE ON THE  
GRINDING LENGTH**

Mahura B.O, Honchar I.M.

*Analysis of correlation between abrasive tool hardness and grinded material hardness, as well as study results of the abrasive circles hardness influence on the grinding length of birch veneer plywood is given in the article.*