

дини, была очень высокой ( $7.4 \text{ g L}^{-1}$ ), также высоким был уровень молочной кислоты ( $3.0 \text{ g L}^{-1}$ ). Самыми темными были фрукты камчатской ягоды ( $L^* 22.38$ ), как и мягкая масса из них ( $L^* 22.55$ ), а самой светлой была мягкая масса из плодов красной смородины ( $L^* 34.56$ ). На протяжении процесса вымачивания мягкая масса из плодов каждого вида ягодных растений потемнела ( $L^*$  параметр) и из шкурки выщелочились цветные пигменты (параметры  $a^*$  и  $b^*$ ). Увеличение длительности вымачивания усиливало этот процесс. Также вина в процессе созревания темнели. Все полученные вина содержали значительно меньше полифенолов, чем фрукты. Длительность процесса вымачивания имела незначительное влияние на количество этих связей в винах.

**Ключевые слова:** кислотность, цвет, фрукты, полифенолы, молодое вино, вино.

УДК 621.[787+91] *Аспір. Ю.Р. Капраль; проф. М.Д. Кірик, д-р техн. наук; проф. В.М. Голубець, д-р техн. наук – НЛТУ України, м. Львів*

### ЗАЛЕЖНІСТЬ МІКРОТВЕРДОСТІ ЗМІЦНЕНОГО ВИСОКОШВИДКІСНИМ ТЕРТЯМ ШАРУ СТАЛІ 45 ВІД РЕЖИМНИХ ФАКТОРІВ

Досліджено, з використанням планування експерименту за В-планом, вплив швидкості обертання зміцнювального інструмента-диска, швидкості подачі зразка та нормальної сили притискання інструмента-диска до поверхні зразка на мікротвердість зміцненого шару. Встановлено граничні значення мікротвердості зміцненого шару, яка достатня для виготовлення ножів зі сталі 45 для різання деревини.

**Постановка проблеми.** Працездатність ножів для різання деревини залежить від фізико-механічних властивостей їх лез, що безпосередньо беруть участь у різанні. Лезо ножа повинне мати високу протизношувальну тривкість, бути витривалим під дією корозії, мати високу твердість та достатню пластичність. У роботі [1] встановлено значення коефіцієнта питомої контактної твердості ( $H_c/E^*$ ) та відносного позаконтактного напруження ( $\sigma_{cs}$ ) зміцненого високошвидкісним тертям шару сталі 45. Установлено, що відношення  $H_c/E^*$  найбільш повно показує сукупний вплив пружності, міцності та пластичності, як опір матеріалу механічній дії. Важливо знати залежність мікротвердості зміцненого високошвидкісним тертям шару від режимних факторів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У роботі [2] проводили дослідження мікротвердості деталей помп зі сталі 40Х, зміцнених високошвидкісним тертям на токарному верстаті 1К62 сталевим диском діаметром 250 мм, який обертася з частотою  $7000 \text{ хв}^{-1}$ . Досліджували вплив питомого тиску та подачі на врізання диска на мікротвердість зміцненого шару. Максимальне значення мікротвердості становило 7 ГПа. Величину і розподіл мікротвердості сталі 45 після високошвидкісного зміцнення інструментом-диском з різних матеріалів встановлено в [3]. Найбільша товщина та мікротвердість (10 ГПа) була під час зміцнення диском з титанового сплаву ВТ6. У роботі [4] встановлено вплив сили притискання інструмента-диска з титанового сплаву на мікротвердість та товщину зміцненого шару. Максимальне значення мікротвердості було 10,87 ГПа, а товщина – 1,3 мм. Комплексне дослідження впливу режимних факторів на мікротвердість зміцненого шару сталі 45 не проводили.

**Метою роботи** є встановлення впливу режимних факторів високошвидкісного тертя на мікротвердість зміцненого шару на зразках зі сталі 45.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження впливу режимів зміцнення високошвидкісним тертям новим способом [5] проводили на експериментальній установці [6]. Змінні фактори та області їх інтересу наведено в табл. 1.

**Табл. 1. Змінні фактори та області їх інтересу**

Назва фактора	Кодове позначення	Натуральне позначення	Значення мінімальне	Значення максимальне	Одиниця виміру
Швидкість обертання зміцнювального інструмента-диска	$X_1$	$v$	40	75	м/с
Швидкість подачі зразка, що зміцнюється	$X_2$	$v_s$	0,25	0,75	м/хв
Величина сили притискання зміцнювального інструмента-диска до оброблюваної поверхні	$X_3$	$P$	600	1000	Н

Під час проведення досліджень застосовували планування експерименту за В-планом. Матрицю В-плану експерименту наведено в табл. 2.

**Табл. 2. Матриця В-плану експерименту**

№ досліджу	Кодові значення			Натуральні значення		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$V, \text{ м/с}$	$V_s, \text{ м/хв}$	$P, \text{ Н}$
1	-1	-1	-1	40	0,25	600
2	1	-1	-1	75	0,25	600
3	-1	1	-1	40	0,75	600
4	1	1	-1	75	0,75	600
5	-1	-1	1	40	0,25	1000
6	1	-1	1	75	0,25	1000
7	-1	1	1	40	0,75	1000
8	1	1	1	75	0,75	1000
9	-1	0	0	40	0,5	800
10	1	0	0	75	0,5	800
11	0	-1	0	57,5	0,25	800
12	0	1	0	57,5	0,75	800
13	0	0	-1	57,5	0,5	600
14	0	0	1	57,5	0,5	1000
15	0	0	0	57,5	0,5	800

Після проведення експериментів досліджували мікротвердість на шліфах, які виготовляли за відомою методикою [7]. Мікротвердість вимірювали на мікротвердомірі ПМТ-3 з навантаженням на індентор 2 Н. У кожній точці проводили по три заміри. У табл. 3 наведено результати експерименту залежності мікротвердості зразків зі сталі 45 на глибині 550 мкм від поверхні зразка.

**Табл. 3. Результати експерименту**

№ досліджу	К1	К2	К3
1	11,0	10,1	9,6
2	9,6	10,3	11,7
3	10,4	11,3	11,7
4	11,7	10,4	10,7
5	6,8	7,4	8,2

6	7,6	8,3	9,3
7	11,7	12,4	11,0
8	11,0	12,0	11,7
9	11,3	10,9	11,5
10	10,8	11,7	11,3
11	10,2	9,8	10,0
12	11,7	12	11,3
13	10,8	10,3	11,3
14	9,2	9,8	10,3
15	11,7	11,3	11,1

Після оброблення результатів досліджень отримали рівняння регресії залежності мікротвердості від режимних факторів у кодових значеннях:

$$Y = 10.0787 + 8.0667 \cdot X_1 - 0.21333 \cdot X_2 + 0.80768 \cdot X_1^2 + 0.7625 \cdot X_2^2. \quad (1)$$

У натуральних значеннях факторів рівняння регресії має вигляд

$$H_{\mu} = 19.2826 - 0.34434 \cdot v - 10.8748 \cdot v_s + 0.02303 \cdot P + 0.00264 \cdot v^2 + 0.17429 \cdot v_s^2. \quad (2)$$

Графічну залежність мікротвердості від швидкості подачі та сили притискання диска для середнього значення швидкості диска наведено на рис. 1.

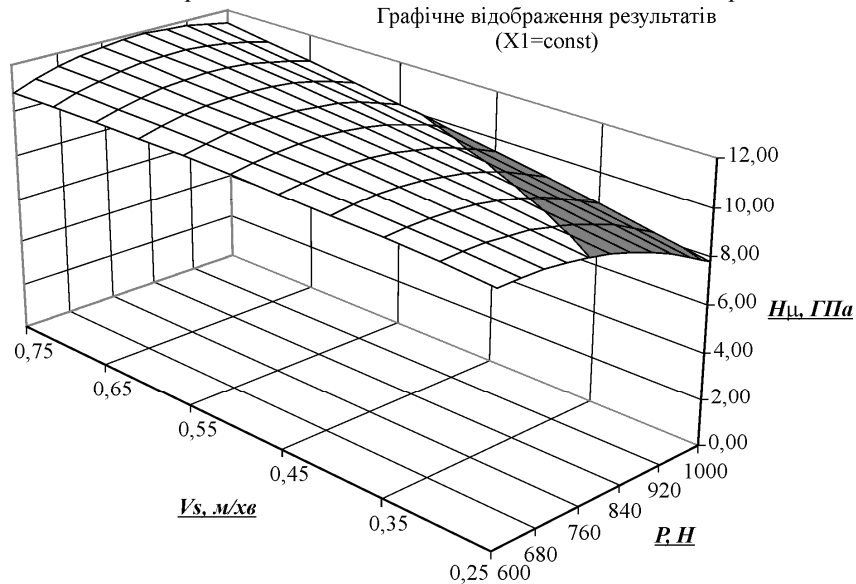


Рис. 1. Залежність мікротвердості від швидкості подачі та сили притискання диска

Як видно з рис. 1, чітко простежуємо екстремум значення мікротвердості під час зміцнювання зі силою притискання 800 Н на всіх швидкостях подачі. Зі збільшенням швидкості подачі мікротвердість дещо зменшується. Це можна пояснити зменшенням часу контакту диска з поверхнею зміцнення. Зменшення часу контакту призводить до зміни структури шару в бік зменшення її мікротвердості. З метою отримання шару високої (більше 10 ГПа) мікротвердості потрібно

проводити зміцнювання зі швидкістю подачі від 0,25 до 0,55 м/хв та силою притискання інструмента-диска від 680 Н до 920 Н.

На рис. 2 наведено графічне відображення результатів залежності мікротвердості від швидкості обертання інструмента-диска та сили притискання диска на швидкості подачі 0,5 м/хв.

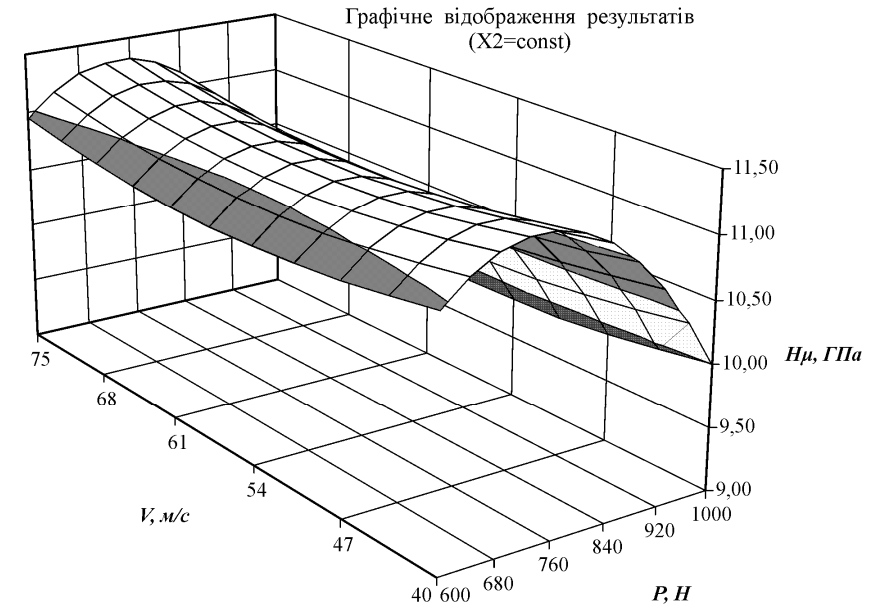


Рис. 2. Залежність мікротвердості від швидкості обертання інструмента-диска та сили його притискання

Найбільше (11,71 ГПа) значення мікротвердості отримуємо під час зміцнювання зі силою притискання інструмента-диска 760 Н та зі швидкістю обертання диска 75 м/с. Значення мікротвердості більше 10 ГПа можна отримати, проводячи зміцнювання зі швидкістю інструмента-диска більше від його середнього значення (57,5 м/с) із силою притискання від 760 Н до 840 Н. Починаючи зі швидкості обертання диска 68 м/с, зміцнений шар мікротвердістю більше 10 ГПа можна отримати під час зміцнювання зі силою притискання диска від 600 Н до 1000 Н. Підвищення мікротвердості зі збільшенням швидкості обертання диска можна пояснити зростанням тепловиділення в зоні тертя, що сприяє швидким фазовим перетворенням у поверхневому шарі та утворенню твердої деформованої мартенситно-аустенітної структури.

Сумісний вплив швидкості обертання інструмента-диска та швидкості подачі за сили притискання диска 800 Н на мікротвердість зміцненого шару зображено на рис. 3. Зміцнений шар мікротвердістю більше 10 ГПа можна отримати, проводячи зміцнювання з малою швидкістю подачі та малими (до 50,5 м/с) швидкостями обертання інструмента-диска. Починаючи зі швидкості обертання інструмента-диска 57,5 м/с, зміцнений шар мікротвердістю більше 10 ГПа можна отримати на всіх швидкостях подачі.

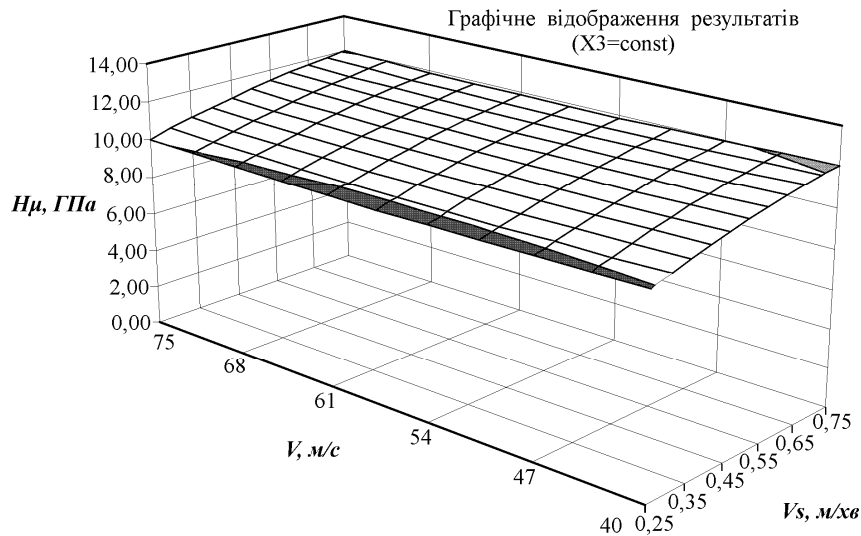


Рис. 3. Залежність мікротвердості від швидкості подачі та швидкості обертання інструмента-диска

З метою отримання зміцненого шару високої мікротвердості необхідно проводити зміцнювання зі швидкістю обертання інструмента-диска більше 57,5 м/с та швидкістю подачі до 0,55 м/хв. Ця швидкість є оптимальною для зміцнювання зі силою притискання, що не перевищує 800 Н.

#### Висновки:

1. Отримано рівняння регресії, яке адекватно описує вплив режимних факторів процесу зміцнювання високошвидкісним тертям зразків зі сталі 45 на мікротвердість зміцнюваного високошвидкісним тертям шару.
2. З метою отримання зміцненого шару високої (більше 10 ГПа) мікротвердості зміцнювання потрібно проводити зі швидкістю подачі до 0,55 м/хв, зі силою притискання диска від 760 до 840 Н та швидкістю обертання інструмента-диска більше 57,5 м/с.

#### Література

1. Голубець В.М. Фізико-механічні характеристики зміцненого високошвидкісним тертям наноструктурного шару на сталі 45 / В.М. Голубець, М.Д. Кірик, Ю.Р. Капраль, А.С. Рудь // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.13. – С. 114-117.
2. Кирилів В.І. Зміцнення деталей pomp методами інтенсивної пластичної деформації / В.І. Кирилів, Я.Б. Кирилів, П.Я. Сидор // Наукові нотатки : зб. наук. праць. – Луцьк : Вид-во Луцького НТУ. – 2009. – Вип. 25, том 2. – С. 109-113.
3. Никофирчин Г.М. Наноструктурне поверхнєве зміцнення конструкційних сталей високошвидкісним тертям / Г.М. Никофирчин, В.І. Кирилів, Н.В. Крет, В.А. Волошин // Наукові нотатки : Міжвуз. зб. (за напрямом "Інженерна механіка"). – 2007. – Вип. 20 (травень 2007). – С. 325-329.
4. Рудь А.С. Поліпшення експлуатаційних характеристик відцентрових стружкових верстатів зміцненням їх бил високошвидкісним тертям : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.04 "Машини для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт" / А.С. Рудь. – Львів, 2010. – 17 с.

5. Декл. пат. на кор. модель 45685 Україна, МПК В23В 17/00 В24В 39/00. Спосіб фрикційного зміцнення / М.Д. Кірик, А.С. Рудь; заявник та власник патенту НЛТУ України, № 20040403029; заяв. 05.05.2009; опубл. 25.11.2009. Бюл. № 22.

6. Кірик М.Д. Установка для поверхневого зміцнення сталевих деталей шляхом оброблення високошвидкісним тертям / М.Д. Кірик, А.С. Рудь // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.4. – С. 86-89.

7. Масленников Ф.И. Лабораторный практикум по металловедению / Ф.И. Масленников. – М. : Машгиз, 1961. – 286 с.

#### Капраль Ю.Р., Кірик Н.Д., Голубець В.М. Залежність мікротвердості упрочненого високошвидкісним тертям шару сталі 45 от режимних факторів

Исследовано, с использованием планирования эксперимента за В-планом, влияния скорости упрочняющего инструмента-диска на поверхность образца на микротвердость упрочненного слоя. Установлены граничные значения микротвердости упрочненного слоя, которая достаточна для изготовления ножей из стали 45 для резания древесины.

#### Kapral U.R., Kiryk M.D., Holubets' V.M. The dependence of microhardness of steel 45 layers strengthening by high-speed friction on regime factors

Investigated the impact speed for reinforcement tool, the feed rate of the sample and the normal force pressing tool to surface of sample on the microhardness of the hardened layer using the experimental planning of the B-plan. Established threshold microhardness of the hardened layer which is sufficient for the production knives of steel 45 for cutting wood.

УДК 711.4

Доц. Ю.Л. Новицький<sup>1</sup>, канд. техн. наук;  
доц. Ю.Р. Оленюк<sup>2</sup>, канд. техн. наук; курсант А.В. Казмірук<sup>2</sup>

#### РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА ПРИ ЗМІНІ ВИРОБНИЧИХ ЗОН

У транспортному плануванні міст прийнято користуватись схемою функціонального поділу населеного пункту із виділенням сільбищних та виробничих зон і подальшим плануванням транспортних кореспонденцій між окремими районами міста. Згідно із спостереженнями, декотрі сучасні міста знаходяться в процесі зміни величини та місця виробничої функціональної зони. Проаналізовано причини та запропоновано зміни, які потрібно внести у транспортні системи. Для транспортних пасажирських перевезень зміна величин таких параметрів, як напрям та час, зумовлює потребу у перегляді характеристик маршрутних перевезень чи перегляді заміни виду транспорту на більш швидкісний, економічний та екологічний.

**Ключові слова:** пасажирські перевезення, функціональна зона, місто, транспортне планування.

Транспортна система міста характеризується проектно-орієнтованим підходом і призначена забезпечувати безперебійне, безпечне, комфортне та своєчасне переміщення людей і вантажів. Час поїздки на транспорті залежить від величини шляху переміщення містом, кількості засобів перевезень, стану вуличної мережі тощо [1]. Необхідно провести дослідження відносно якості перевезень у громадському транспорті, показники котрої залежать від величини пасажиропотоків у передробочий та післяробочий час, а також вибору виду транспорту. До

<sup>1</sup> НУ "Львівська політехніка";

<sup>2</sup> Львівський ДУ безпеки життєдіяльності