

УДК 621.81:539.3/5

Ковалевський С. В., Глушич К. С.

ДОСЛІДЖЕННЯ АКТИВАЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЗА ДОПОМОГОЮ НОВОГО ВИДУ ОБРОБКИ

Надійність і довговічність машин суттєво залежать від довговічності вузлів. Переважна більшість втрат роботоздатності елементів машин пов'язана насамперед зі швидким зношуванням контактуючих поверхонь деталей вузлів або з їх руйнуванням [1–4]. Тому виникає необхідність підвищення надійності й довговічності деталей, що зношуються. Це досягається за рахунок покращення експлуатаційних характеристик (міцності, твердості, зносостійкості тощо). Є велика кількість методів підвищення експлуатаційних характеристик: фізичні, хімічні, електричні, комбіновані тощо.

Метою роботи є освітлення та експериментальне підтвердження методу підвищення твердості та зносостійкості, за рахунок активізації дії епіламірування на поверхні деталі новим видом обробки за допомогою обертового магнітного поля.

Обертове магнітне поле – магнітне поле, вектор магнітної індукції якого, не змінюючись за модулем, обертається з постійною кутовою швидкістю [5]. Для створення обертового магнітного поля розроблено інструмент, електрична схема якого показана на рис. 1. Синусоїдальний струм у кожній з чотирьох стаціонарних котушок виробляє чотири змінні магнітні поля, перпендикулярні до осі обертання, які створюють одне обертове магнітне поле [5]. Рух 4-фазного синусоїдального струму в обмотках L_1, L_2, L_3 із зсувом $\frac{\pi}{2}$ вказано на рис. 2.

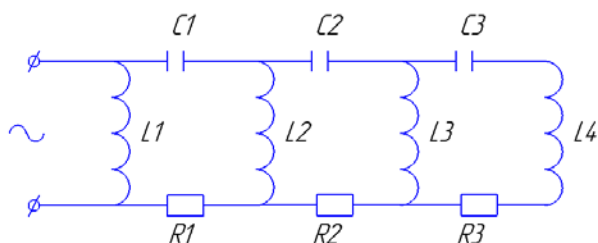
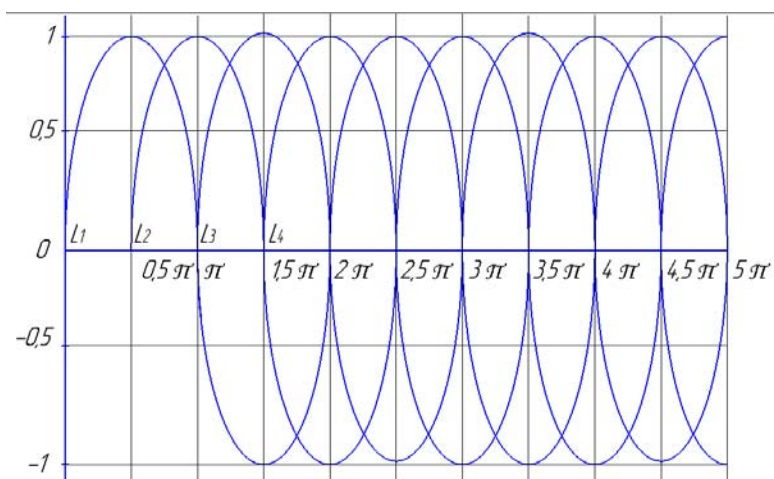


Рис. 1. Принципова схема створення обертового магнітного поля

Рис. 2. Графік струму в обмотках L_1, L_2, L_3, L_4

Відповідно до гіпотези про поведінку зерен на робочій поверхні деталі в обертовому магнітному полі, така дія в умовах резонансу призводить до руху зерна, змушує їх упорядкуватися. При введенні збуджуючого поля змінної частоти, відбувається поглинання енергії, змінюється орієнтація магнітного моменту відносно постійного поля. Інакше кажучи, спостерігається резонанс. Находячись у взаємодії із зовнішнім полем, зерна активізуються. Виникають умови, коли зерна стають перешкодою для утворення дефектів, наприклад вирівнюється структура зовнішнього шару поверхні.

Для підтвердження дії обертового магнітного поля на підвищення твердості робочої поверхні проводилися дослідження на зразку із сталі 40, встановленому на верстаті. Інструмент для створення обертового магнітного поля складається з магнітопровода із чотирма катушками. Кількість витків $N = 3500$ од. на одній, при довжині $l = 43$ мм, зовнішньому діаметру $D = 10$ мм котушки. Ємкість одного конденсатора $C = 30$ мкФ.

Проведено розрахунок резонансної частоти коливального контуру. Визначення індуктивності котушки проводилися за формулою [5]:

$$L = \frac{\left(\frac{D}{10}\right)^2 \cdot N^2}{(4,5 \cdot D) + (10 \cdot l)}. \quad (1)$$

Звідси, індуктивність котушки $L = 25789$ мкГн.

Частота коливального контуру розрахована за формулою [2]:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}. \quad (2)$$

Звідси, частота $f = 180$ Гц. Для досконалого аналізу дослідження проводили при 100 Гц, 200 Гц, 300 Гц. Джерелом подачі напруги та контролю частоти в експериментальній установці використано генератор імпульсів Г5-54. Експериментальна установка показана на рис. 3.

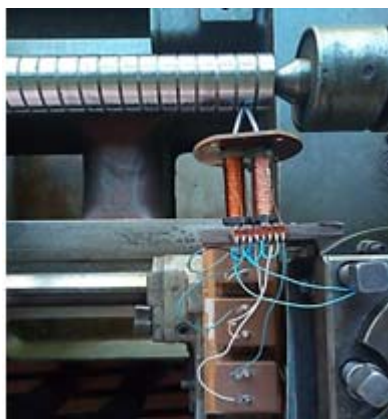


Рис. 3. Експериментальна установка

Експериментальне дослідження:

1. Проведено обробку по чотирьом точкам кожної із 9 шийок зразка у рандомізованому порядку протягом 2 хв – 3 шийки, 4 хв – 3 шийки, 6 хв – 3 шийки, при частоті 100 Гц, 200 Гц, 300 Гц на кожен шийку.

2. Виконано вимір твердості за допомогою твердоміра ЕТМ-01 до та після обробки, розраховано приріст твердості та швидкість виникнення приросту. Отримано графік швидкості приросту твердості, зображеному на рис. 4, з якого видно, що ефективним впливом для підвищення твердості є обробка протягом 4 хвилин та частотою 200 Гц.

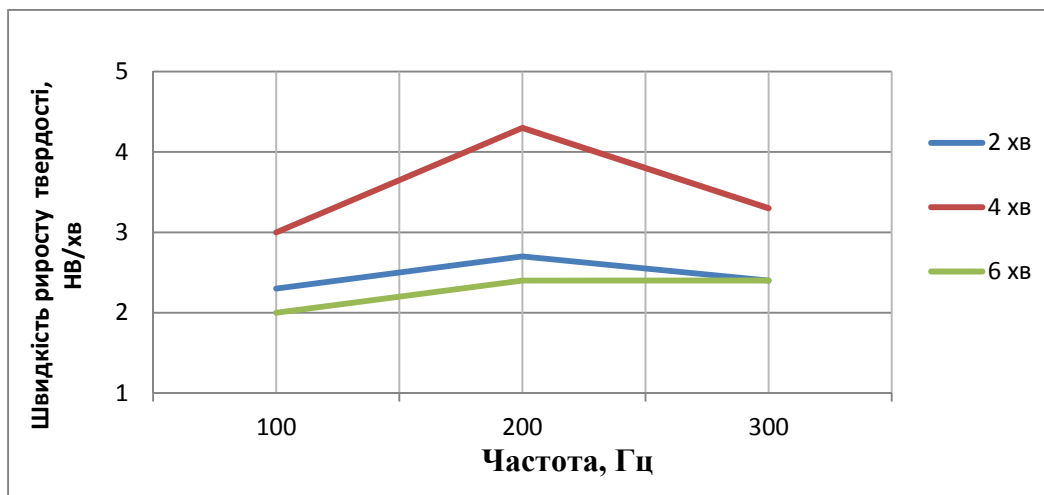


Рис. 4. Графік залежності швидкості приросту твердості від частоти

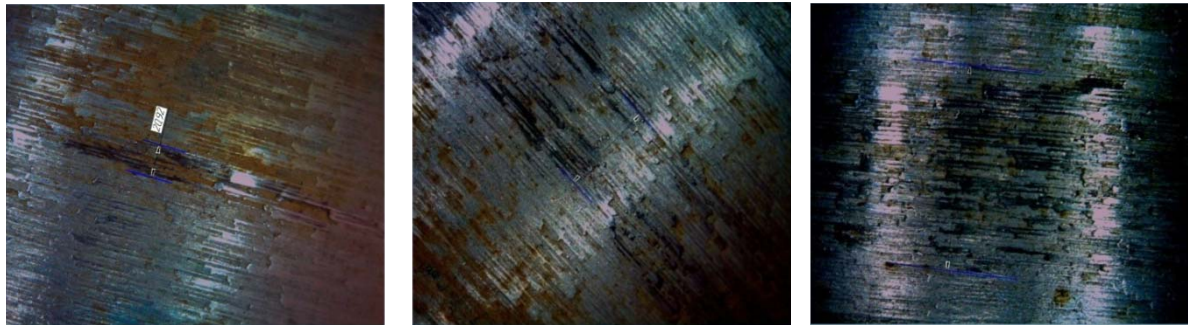
3. Проведено обробку при різних швидкостях обертання зразка: 12,5 м/хв – 3 шийки, 16 м/хв – 3 шийки, 20 м/хв – 3 шийки, при однаковій мінімальній подачі інструменту, протягом 4 хвилин та частоті 200 Гц. Виконано вимір твердості до та після обробки. Розраховано приріст твердості.

4. Оброблено зразок поверхнево активною речовиною (ПАВ) KF, доведеною до стану рідини. Вплив речовини активовано дією обертового магнітного поля при різних швидкостях обертання зразка: 12,5 м/хв – 3 шийки, 16 м/хв – 3 шийки, 20 м/хв – 3 шийки, при однаковій мінімальній подачі інструменту, протягом 4 хвилин та частоті 200 Гц. Виконано вимір твердості до та після обробки. Розраховано приріст твердості.

5. Проведено випробування зразка на зносостійкість за допомогою установки, представленої на рис. 5. Дослідження проведено на чотирьох шийках зразка, одна із яких не оброблена, а інші три оброблені епіламірюванням та активацією обертовим магнітним полем упродовж 4 хвилин та частоти 200 Гц. Зносостійкість визначено за результатами, представленими у табл. 1, ширини сліду після випробування, на основі зроблених фото, представленими на рис. 6 – необроблений зразок, рис. 7 – оброблений зразок, за допомогою камери. Отримано графік (рис. 8) залежності ширини сліду від тривалості випробування.



Рис. 5. Випробувальна установка

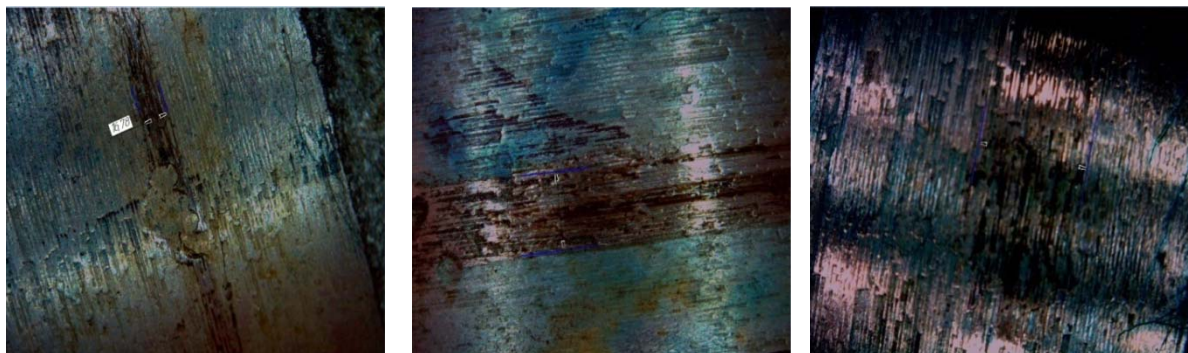


а

б

в

Рис. 6. Необроблений зразок після:
а – 3 хвилини; б – 6 хвилин; в – 9 хвилин випробування



а

б

в

Рис. 7. Оброблений зразок після:
а – 3 хвилини; б – 6 хвилин; в – 9 хвилин випробування

Таблиця 1

Результати випробування на зносостійкість

Час, хв	Точка	Ширина сліду, мм			
		Без обробки	1 шийка	2 шийка	3 шийка
3	1	20,92	19,34	20,40	18,31
3	2	20,98	16,78	17,01	17,21
3	3	20,31	13,51	14,95	20,84
Середнє значення		20,74	16,54	17,45	18,79
6	1	66,25	47,86	53,71	45,14
6	2	60,58	45,79	54,88	46,72
6	3	67,32	44,81	56,60	44,48
Середнє значення		64,72	46,15	55,06	45,45
9	1	127,99	71,70	86,35	69,47
9	2	110,53	75,47	81,07	68,95
9	3	111,45	73,12	71,26	72,22
Середнє значення		116,66	73,43	79,56	70,21

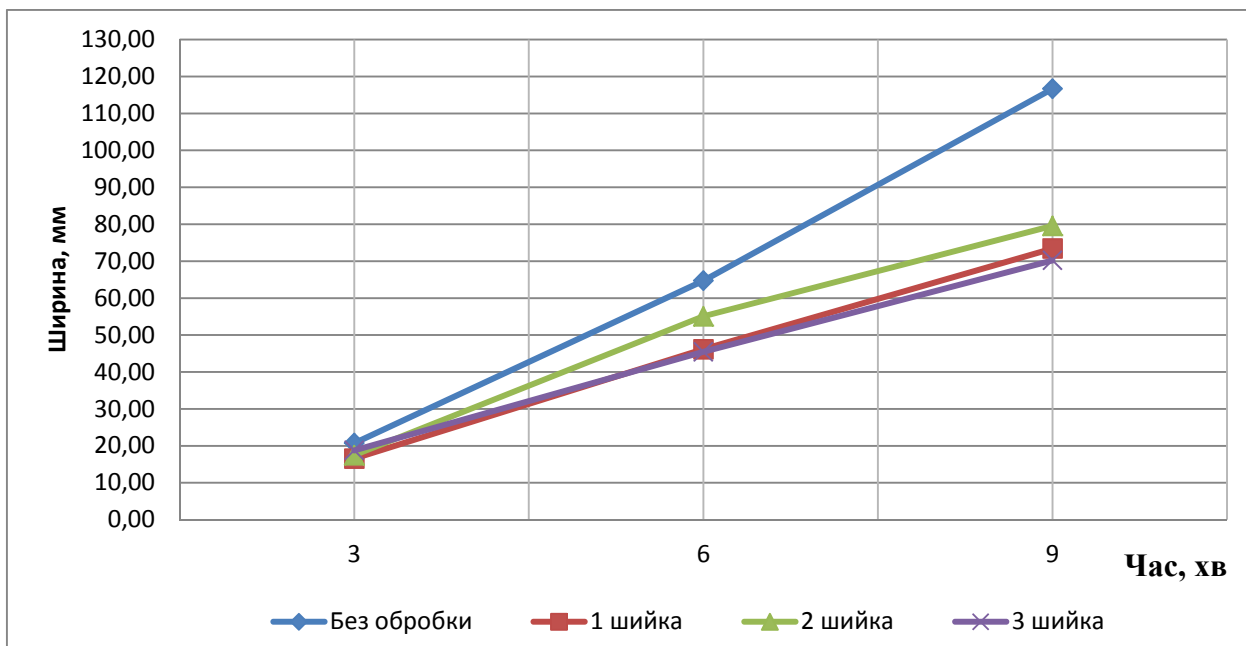


Рис. 8. Графік залежності ширини сліду поверхні від тривалості випробування

Для дослідження за допомогою нейроімітатора NeroPro v.0,25 на основі даних кожного етапу дослідження, сформована навчальна та тестова вибірка, за якими побудовані математичні апроксимаційні моделі процесу обробки робочої поверхні в обертовому магнітному полі.

За результатами моделювання багатомірних апроксимаційних залежностей отримані значення придбаної твердості поверхні, в залежності від режимів та умов проведення обробки обертовим магнітним полем (рис. 9, 10, 11).

Результати свідчать про наявність екстремальних значень твердості при прогнозуванні резонансної частоти 200 Гц. Виявлено ефект екстремальної залежності твердості від тривалості процесу, що на нашу думку пояснюється ефектом, який спостерігається при тривалій вібраційній обробці [6]. Ефект підвищення твердості при зменшенні швидкості пояснюється позитивним впливом тривалості дії обертового магнітного поля, але в межах обмежень попередніх зауважень.

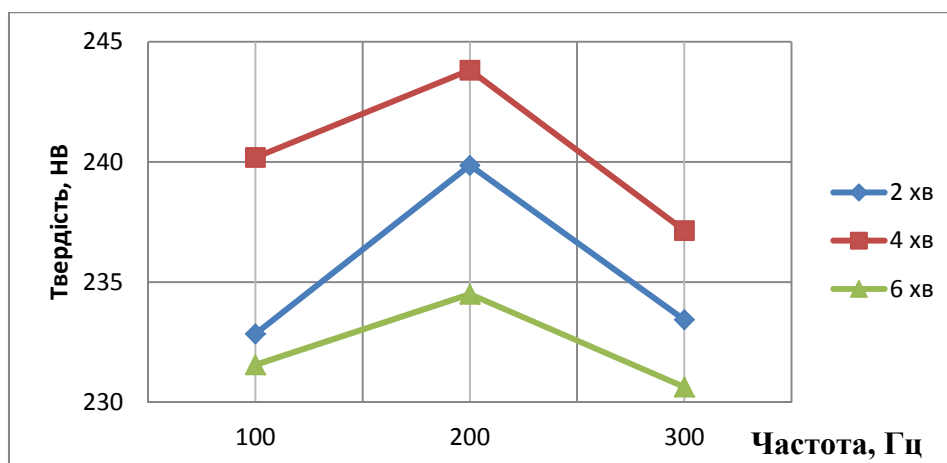


Рис. 9. Графік залежності твердості від частоти

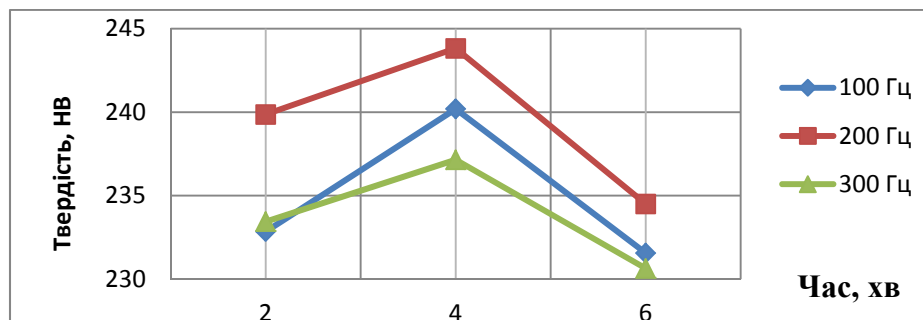


Рис. 10. Графік залежності твердості від часу обробки

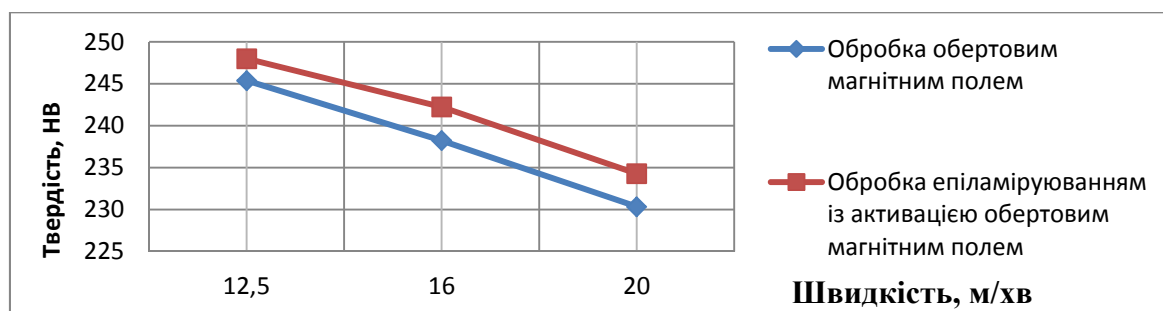


Рис. 11. Графік залежності твердості від швидкості

ВИСНОВКИ

На підставі гіпотези і експериментальних досліджень можна стверджувати, що безконтактна обробка обертовим магнітним полем дозволяє отримувати позитивні зміни якості поверхневого шару, полягає у підвищенні твердості. Встановлено, що є екстремальні значення показників при обробці в умовах резонансу частоти обертового магнітного поля та власної частоти обробки поверхні. Таким чином гіпотеза підтверджена результатами експерименту: підвищення зносостійкості поверхонь тертя при 3 хвиликах випробування – в 1,1...1,2 раз, при 6 хвиликах – в 1,3...1,4 раз, при 9 хвиликах – в 1,5...1,6 раз. Новизна технічної пропозиції підтверджена позитивним рішенням щодо видачі патенту [7].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Проблеми тертя та зношування : науково-технічний журнал. – Київ : НАУ, 2013. – № 1(60).
2. Анализ физико-механических свойств спиральных насосов при обработке методами анодирования, эпилламирования, ВЧ плазмой пониженного давления / А. А. Хубатхузін, И. Ш. Абдуллин, В. И. Христюлова, А. А. Гумиров // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – С. 42–45.
3. Кім В.О. Енергетика процесу самоорганізації при терті та зношуванні / В. О. Кім, Ф. Я. Якубов // Вісник ЖІТІ : спеціальний випуск : Технічні науки. – 2001. – С. 172–175.
4. Марчук В. Е. Влияние зернистости абразива на износостойкость дискретных поверхностей / В. Е. Марчук // Проблеми тертя та зношування : наук.-техн. зб. – К. : Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2010. – Вип. 53. – С. 139–146.
5. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле : учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. – 12-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2014. – 317 с.
6. Колот А. В. Повышение надежности технологии вибростабилизирующей обработки на основе оптимизации ее режимов : дис. канд. техн. наук : 05.03.08 / Колот Александр Владимирович. – К., 1997. – 166 с.
7. Позит. ріш на патент. Заявка и 2018 06373, МПК С23С 16/02, С23С 22/00, F26В 3/347. Спосіб нанесення покриття на робочі поверхні деталей машин / Ковалевський С. В., Глушич К. С. ; заявник Донбаська державна машинобудівна академія. – № и 2018 06373 ; подання 07.06.2018 ; позитивне рішення 08.10.2018. – 8 с.

Стаття надійшла до редакції 23.11.2018 р.