

За допомогою функції питомої сили різання, яка характеризує механічні властивості цього матеріалу, та площею перерізів зрізів (як функції конструктивно-технічних параметрів інструмента, зубчастого колеса та режимів різання) на кожному активному зубці черв'ячної фрези в довільній фазі повороту передньої його поверхні, можна розрахувати силу різання у всьому активному просторі черв'ячної фрези та відтворити просторову функцію її силового навантаження. Отже, досліджений у цій роботі параметр різання – питома сила зубофрезерування забезпечує вищу точність силових розрахунків, що відповідає зростаючим вимогам сучасного виробництва та можливостям наукових досліджень.

1. Адам Я.И., Овумян Г.Г., Сидоренко А.К. Нарезание зубчатых колес повышенной твердости. – М.: ВНИИТЯЖМАШ, 1957. – С. 25 – 27. 2. Митряев К.Ф. Новые исследования в области динамики и тепловых явлений при зубофрезеровании. Прогрессивные методы производства зубчатых колес и их технологичность / Под ред. М.Б. Громана. – М.: Машигиз, 1962. – С. 286 – 302. 3. Производство зубчатых колес: Справочник / С.Н. Калашиников, А.С. Калашиников, Г.И. Коган и др.; Под общ. ред. Б.А. Тайца. – М.: Машиностроение, 1990. – 464 с. 4. Медведев С.Н. Высокопроизводительное нарезание фрезами. – М.: Машиностроение, 1981. – 104 с. 5. Гулида Э.Н. Технология отделочных операций зубообработки цилиндрических зубчатых колес. – Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1977. – 168 с. 6. Спосіб визначення сили різання та параметрів зрізів при зубофрезеруванні в умовах обкочування: Пат. 30961А України, В23 F5/04 / І.Є. Грицай (Україна). № 98063301; Заявл. 24.06.98; опубл. 15.12.2000. Бюл. – № 7. – Ч. 2. – С.1. 102. 7. Грицай І.Є., Ситнік В.В. Силове поле черв'ячної зуборізної фрези та його кількісна оцінка // Вісн. ДУ “Львівська політехніка”. – 1999. – № 371. – С. 3 – 13. 8. Литвиняк Я.М. Експериментальне дослідження процесу ударної взаємодії з поверхнею деталі робочих елементів інструментів для ППД // Вісник ДУ “Львівська політехніка”. – 1998. – № 321. – С. 52 – 56. 9. Основи підвищення ефективності процесу нарізання циліндричних зубчастих коліс черв'ячними фрезами. Дис. ... д-ра техн. наук. – На правах рукопису. – Львів, 2003. – 425 с.

УДК 621.787

**В.І. Кирилів\*, Я.Б. Кирилів**

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра технології машинобудування”,

\*Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

## **ВПЛИВ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВОЇ ЗМІЦНЮВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НА ЗНОСОТРИВКІСТЬ СТАЛІ 40Х**

© Кирилів В. І., Кирилів Я. Б., 2003

**Показано підвищення мікротвердості приповерхневих шарів сталі 40Х вібраційно-відцентровою зміцнювальною обробкою, внаслідок якої збільшується її зносотривкість в олівному середовищі, причому зносотривкість зростає зі збільшенням питомого навантаження.**

**The increase of steel 40X superficial layers microhardness by vibration-centrifugal strengthening processing as a result of which its wearing endurance is increased in oil environment, and it grows with increase of specific loading.**

Довговічність, надійність, економічність, конкурентоспроможність – основні критерії сучасного розвитку техніки. Відомо [1], що 80 % відмов у техніці та передчасних виходів з

ладу машин і обладнання відбуваються внаслідок зношування їх деталей та вузлів. Собівартість ремонтних робіт висока, а якість не завжди відповідає експлуатаційним умовам роботи. Тому проблема підвищення зносостійкості і довговічності деталей машин є надзвичайно актуальною, а її вирішення здебільшого поєднують з розробленням нових технологій поверхневої обробки.

Одним із перспективних методів поверхневого зміцнення деталей машин є вібраційно-відцентрова зміцнювальна обробка (ВВЗО) [2], яка полягає у тому, що на поверхню циліндричної деталі, яка здійснює вібраційні коливання певної амплітуди, діють ударні динамічні навантаження спеціальним інструментом, що обкочується навколо деталі. Це призводить до наклепування приповерхневих шарів, підвищення їх дефектності та дисперсності структури і відповідно мікротвердості. Глибина зміцненого шару під час ВВЗО досягає до 6 мм, а мікротвердість 5,5 – 9,0 ГПа. Вплив цієї обробки на зносотривкість пар тертя не досліджували. Тому метою роботи було вивчення впливу ВВЗО сталі 40Х на її зносотривкість в оливному середовищі.

### Методика досліджень

Досліджували кільця завширшки 10 мм, зовнішнім та внутрішнім діаметром відповідно 75 та 62 мм після ВВЗО, гартування з низьким відпуском та в нормалізованому стані. Випробування на зносотривкість (сталь по сталі) проводили на машині тертя МІ – 1М при швидкості ковзання 0,9 м/с і питомих навантаженнях 1 і 2 МПа в оливі (“славол” М – 3042у ТУ У 13932946.015 – 96) за методикою роботи [3]. ВВЗО зовнішніх поверхонь кілець проводили на спеціальній установці [4]. Режими оброблення: амплітуда коливань  $A = 5$  мм, ексцентриситет інструмента  $\epsilon = 10$  мм, колова частота коливань оброблюваної деталі  $\omega = 150,8$  с<sup>-1</sup>, тривалість обробки  $\tau = 28$  хв, вага інструмента  $m = 45$  Н. Випробування зносотривкості проводили після ВВЗО за оптимальним режимом ( $\tau = 28$  хв).

Для порівняння використовували і інші обробки, а саме: нормалізацію та гартування в масло з низьким (200 °С) відпуском. Після гартування кільця досягали твердості HRC 52 – 54. Термооброблені кільця шліфували електрокорундовим кругом до шорсткості поверхні  $Ra = 0,8 - 1,2$  мкм. Досліджувані кільця закріплювали в спеціальній оправці (рис. 1) і встановлювали на випробувальну машину.

Досліди показали, що після ВВЗО мікротвердість приповерхневих шарів досягає 8,9 ГПа, а глибина зміцнення 6 мм (рис. 2). При цьому фазові перетворення в приповерхневих шарах відсутні. ВВЗО створює в приповерхневому шарі специфічний структурно-

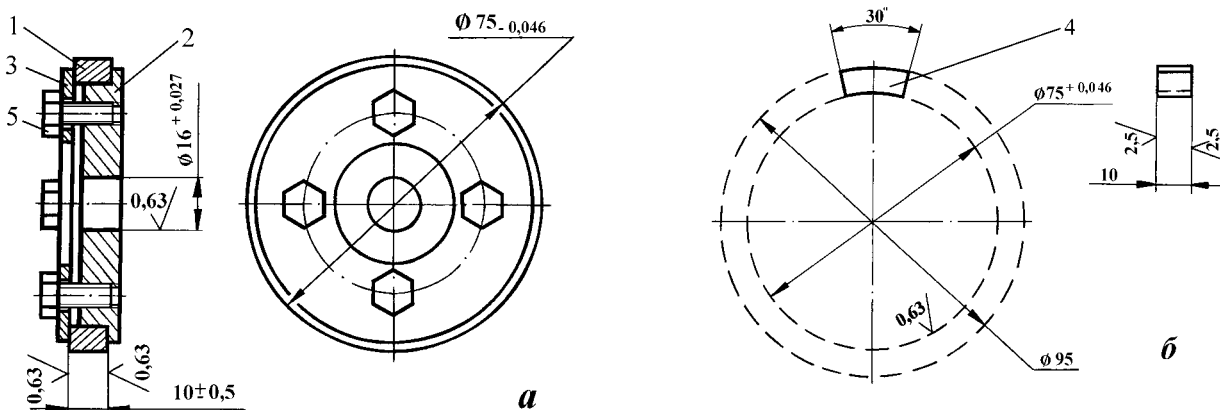


Рис. 1. Зразок (а – кільце, б – оправка) для дослідження зносотривкості сталі після ВВЗО:  
1 – кільце; 2 – оправка; 3 – шайба; 4 – вкладка; 5 – болт

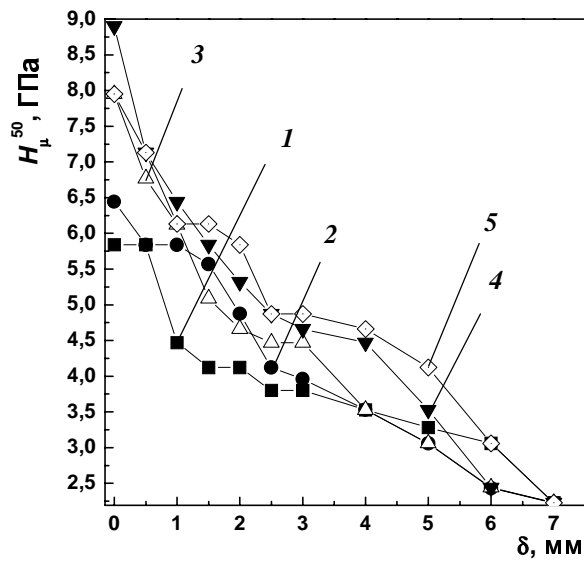


Рис. 2. Мікротвердість сталі 40X обробленої за різної тривалості обробки: 1 – 6; 2 – 12; 3 – 20; 4 – 28; 5 – 36 хв

напружений стан, при цьому метал набуває цінних фізико-механічних властивостей. Зерна металу здрібнені, а густина дислокацій досягає  $10^{10} - 10^{11} \text{ см}^{-2}$ . Поверхня після ВВЗО стає лускоподібною з нерівностями 0,10 – 0,15 мм, а місцями має виплески до 0,3 мм. Зміцнені зразки шліфували по зовнішній поверхні електрокорундовим кругом до шорсткості  $Ra = 0,8 - 1,2 \text{ мкм}$ .

Характерною особливістю зміцнених ВВЗО шарів є те, що в приповерхневих шарах виникають залишкові напруження стиску, які в деяких випадках досягають 500 – 600 МПа.

Наявність на поверхні зразків суцільного зміцненого шару підвищує їх зносо-тривкість при оливному зношуванні. Так,

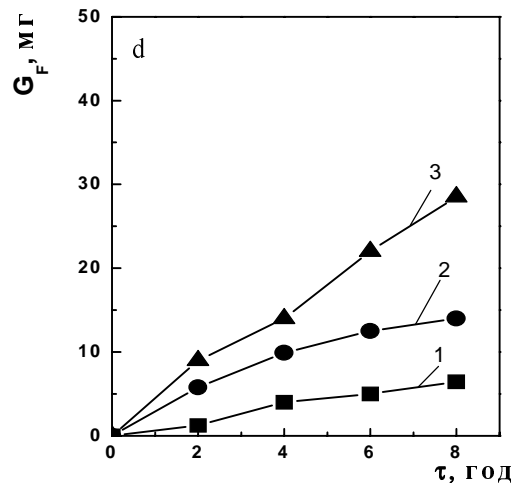
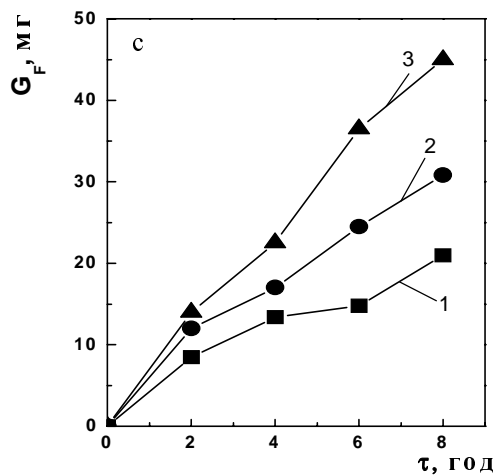
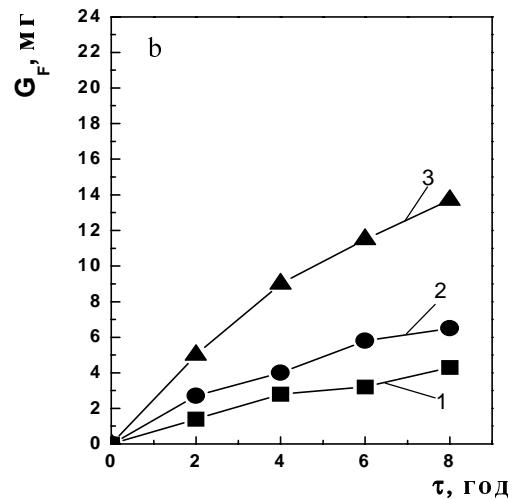
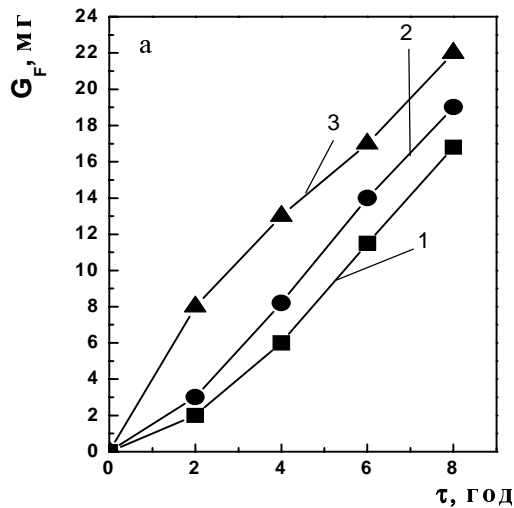


Рис. 3. Кінетика зносу сталі 40X після ВВЗО – 1, гартування – 2 та нормалізації – 3 (а, с – кільце; b, d – вкладка; а, b – 1 МПа; с, d – 2 МПа) в оливному середовищі

знос зразків, зміцнених ВВЗО, при терті з питомим навантаженням 1 МПа зменшився в 1,2 раза порівняно з гартованими і в 1,3 порівняно з нормалізованими (рис. 3). Характерно, що знос вкладок також зменшується. Зокрема, знос вкладки, яка працює в парі зі зміцненим зразком, зменшився порівняно з нормалізованим у 3,5 раза, а з гартованим – у 2,0.

Підвищення питомого навантаження до 2 МПа збільшує зносотривкість зміцнених зразків порівняно з нормалізованими в 2,2 раза і з гартованими – в 1,4 раза. Зносотривкість вкладок при цьому також збільшується відповідно в 2,0 і 4,6 раза. Це явище характерне для зміцнювальних технологій і пояснюється зменшенням коефіцієнта тертя трібопари [4].

Отже, на основі проведених досліджень показано, що ВВЗО підвищує зносотривкість сталі 40Х при терті в оливному середовищі в 1,2 – 2,2 раза порівняно з гартованими і нормалізованими зразками.

1. Бакли Д. Поверхностные явления при адгезии и фрикционном взаимодействии / Пер. с англ. А.В. Белого, Н.К. Мышкина. Под ред. А.И. Свириденка. – М.: Машиностроение, 1986. – 360 с. 2. Афтаназів І.С., Гавриш А.П., Киричок П.О., Мельничук П.П., Попов Є.С., Третько В.В. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навч. посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 516 с. 3. Голубец В.М., Дядченко Б.Т., Бабей Ю.И. Влияние белого слоя на стойкость стали 40Х против абразивного изнашивания. – Физ.-хим. механика материалов, 1972. – № 3. – С. 102 – 104. 4. Бабей Ю.И. Физические основы импульсного упрочнения стали и чугуна. – К.: Наук. думка, 1988. – 240 с.

УДК 621.922(923)

**Я.О. Шахбазов**

Українська академія друкарства,  
кафедра технології матеріалів і поліграфічного машинобудування

## **ВИЗНАЧЕННЯ ШОРСТКОСТІ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ШЛІФУВАННІ АБРАЗИВНИМИ КРУГАМИ**

© Шахбазов Я.О., 2003

**Розглянуто методику розрахунку шорсткості шліфованої поверхні з врахуванням технологічних параметрів правки шліфувального круга, шліфування, пружних та пластичних деформацій оброблюваного матеріалу.**

**There is considered a strategy of calculation for polished surfaces' roughness with provision of technological parameters of grinding wheel setting, so as process of polishing, springy and plastic deformings of the processing material.**

### **Сучасний стан проблеми**

У технології машинобудування шліфування широко застосовують як на операціях викінчувальної обробки, так і на попередніх технологічних операціях, забезпечує більш високу продуктивність, точність та стабільну якість оброблюваних деталей порівняно із лезовою обробкою. Розвиток прогресивних методів отримання заготовок з мінімальними припусками на механічну обробку створює умови ефективного застосування технологічної операції шліфування і при попередній обробці перед викінчувальною, де важливим є забезпечення певного співвідношення шорсткостей оброблених поверхонь. Шорсткість поверхневого шару оброблюваних деталей належить до основних якісних параметрів, що визначає їх експлуатаційні характеристики. Тому важливою є створення теоретичної бази