

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 621.9.048.6

Я. Б. Кирилів, А. М. Кук

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра технології машинобудування

ШОРСТКІСТЬ І ТОЧНІСТЬ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВИМ ЗМІЦНЕННЯМ

© Кирилів Я.Б., Кук А.М., 2006

Наведено результати експериментальних досліджень шорсткості і точності оброблення поверхонь деталей вібраційно-відцентровим зміцненням на сталях 35 та 40Х. За параметрами точності досліджено радіальне биття та зміну діаметра деталі. Проаналізовано результати та подано рекомендації щодо збільшення опорної (несучої) поверхні та підвищення геометричної точності.

The results of experiments researches of roughness and exactness of treatment of details surfaces by the oscillation-centrifugal strengthening on steel 35 and 40X. Using are presented the parameters of exactness radial beating and change of a detail is investigational diameter. Results are analyzed and recommendations are improvement in relation to the increase of (bearing) surface and geometrical accuracy.

У більшості випадків деталі машин виходять із ладу внаслідок спрацювання робочих поверхонь і втрати початкової форми, розмірів і точності спряження. Істотно впливають на спрацювання деталей не тільки абсолютна величина нерівностей поверхонь тертя, але й геометрична форма цих нерівностей, яка обумовлює величину опорної поверхні [1].

Отже, спрацювання деталей залежить не тільки від сукупності умов тертя, фізико-механічних властивостей поверхневих шарів, що підлягають тертю, але і від геометричних характеристик поверхонь. Як відомо, зношування в процесі припрацювання і зростання відповідного зазору в спряжених деталях залежить головним чином від стирання мікронерівностей до утворення мінімально необхідної опорної (несучої) поверхні, після чого відбувається нормальне зношування деталей. Чим більша опорна поверхня, тим менший час припрацювання і відповідний зазор [2].

Забезпечення геометричних і фізичних параметрів якості поверхні – один із важливих і відповідальних етапів виготовлення деталей, пов'язаний з вирішенням складних задач. Ця складність обумовлена, з одного боку, багатофакторністю залежностей і зв'язків службових властивостей деталей з якістю їхніх поверхонь та їхньою малою вивченістю, з іншого – недостатньою досконалістю фінішного оброблення, заснованого на різанні матеріалів [3]. Серед різновидів технологічних методів зміцнення деталей, в зв'язку з їх широким практичним застосуванням, високою ефективністю та простотою реалізації одне із чільних місць посідають методи механічного зміцнення. Сучасний арсенал способів механічного зміцнення налічує до 10 напрямів та 120 різновидів застосувань оздоблювально-зміцнювальних операцій, об'єднаних спільною назвою “поверхневе пластичне деформування” (ППД), які змінюють не тільки будову та властивості поверхневих шарів металу в необхідному напрямі, а і створюють приповерхневі шари з наперед заданими фізико-механічними властивостями, а й покращити мікрорельєф поверхні та змінити геометричні характеристики [4]. Одним із методів вирішення цього завдання є метод вібраційно-відцентрового зміцнення (ВВЗ). Дослідження, які проводили раніше, були в основному спрямовані на підвищення

опору втомі, контактної міцності та нейтралізації негативного впливу концентраторів напружень. Ґрунтовних досліджень на зносостійкість не проводили. При цьому було проведено дослідження з шорсткості поверхні на алюмінієвих (АК6), магнієвих (МЛ – 12) сплавах та сталях 45, 40ХН, 40ХН2МА [5]. Після того, як було вдосконалено метод ВВЗ, отримали значно вищі фізико-механічні властивості, які підвищили зносостійкість [6]. Однак на зносостійкість, крім фізико-механічних властивостей поверхні, впливає геометрична точність і шорсткість поверхні. Тому метою цієї роботи є вивчення впливу цього методу на точність і шорсткість оброблених поверхонь деталей, оскільки це істотно впливатиме на їхню працездатність.

Оскільки ВВЗ належить до зміцнювально-викінчувального оброблення, то поряд з глибиною зміцнення істотного значення набувають забезпечувані точність і параметри шорсткості оброблення, що пов'язано з силовим впливом на приповерхневий шар.

Одним із основних видів відхилення форми і розташування профілів є:

радіальне биття – різниця найбільшої і найменшої відстані від точок реального профілю поверхні обертання до базової осі в перерізі площиною, перпендикулярною до базової осі;

відхилення форми заданого профілю – найбільше відхилення точок реального профілю від номінального, яке визначається по нормалі до номінального профілю в межах ділянки, що нормується. Відхилення форми заданого профілю – результат сумарного прояву відхилень розмірів і форми профілю, а також відхилень розташування його відносно заданих баз [7].

Для того, щоб оцінити вплив ВВЗ на радіальне биття та відхилення профілю розмірів, проводили такий експеримент: виготовляли чотири партії зразків, які було піддано ВВЗ за різних технологічних параметрів після точіння.

Величину радіального биття зразків після токарного оброблення та ВВЗ наведено на рис. 1. Оброблюваний матеріал – сталь 35. Режими оброблення: $m = 3,5; 4,5; 6,0$ та $7,5$ кг; $\tau = 6, 12, 20, 28$ та 36 хв; $A = 5$ мм; $f = 24$ Гц.

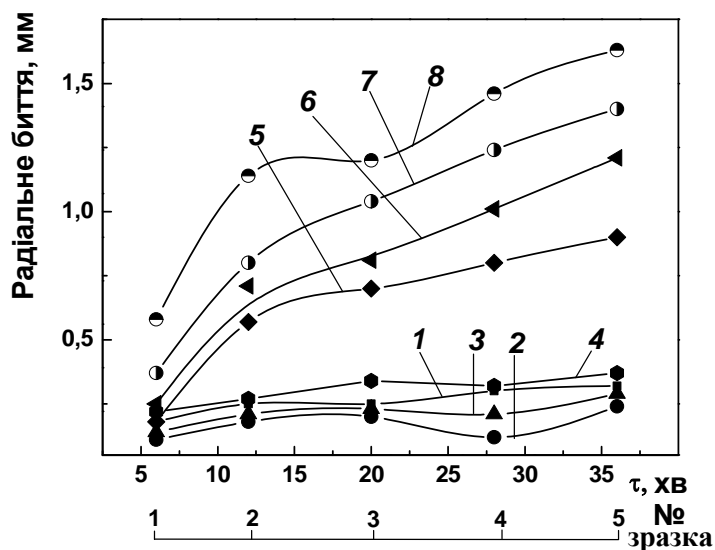


Рис. 1. Радіальне биття поверхні зразків зі сталі 35 після токарного оброблення 1, 2, 3, 4 та після ВВЗ з масами робочих органів 5 – 3,5; 6 – 4,5; 7 – 6,0; 8 – 7,5 кг

Експеримент проводили так: на спеціально виготовленій оправці, яку встановлювали в центрах на токарному верстаті 1К62, проточували зразки по зовнішній поверхні. Зразки в оправці базували по фасках на внутрішній поверхні. Розміри зразка: внутрішній діаметр 61,5 мм, зовнішній

діаметр 75 мм та довжина 20 мм. Після проточування зразків на оправці вимірювали їхнє радіальне биття на цій же оправці за допомогою індикаторної стійки на токарному верстаті 1К62 (рис. 1, криві 1–4). Крім того, вимірювали зовнішній діаметр у взаємно перпендикулярних напрямках мікрометром. Після цього всі зразки піддавали ВВЗ. Після ВВЗ зразки встановлювали на оправці в центрах на токарному верстаті 1К62. За допомогою індикаторної стійки заміряли величину радіального биття після різних режимів оброблення.

Дані експерименту наведено на рис. 1 (криві 5–8). Як видно з рисунка, із збільшенням часу оброблення та маси інструмента радіальне биття зростає, що в принципі закономірно для цього виду оброблення.

Діаметр зразка після ВВЗ вимірювали мікрометром на трьох рівномірно розподілених ділянках у взаємно перпендикулярних напрямках. Результати цих вимірювань наведено на рис. 2 (криві 1 – 4). Тут теж спостерігається аналогічна тенденція, як і у випадку із радіальним биттям; – зі збільшенням тривалості оброблення та маси інструмента діаметр зразка зростає.

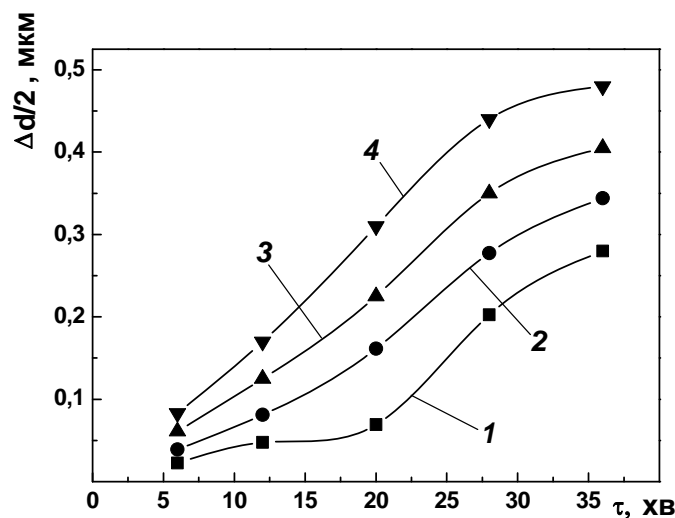


Рис. 2. Вплив часу оброблення і маси робочого інструмента на зміну діаметра зразка зі сталі 35: 1 – 3,5; 2 – 4,5; 3 – 6,0; 4 – 7,5 кг

Шорсткість обробленої зміцненням поверхні залежить від вихідної шорсткості, маси інструмента, шорсткості деформівних кульок [4, 5] та тривалості оброблення. У всіх випадках оброблення має здійснюватися за достатньої жорсткості технологічної системи. При цьому шорсткість кульок інструмента має бути нижчою за необхідну шорсткість оброблення.

Треба зазначити, що за одного і того самого значення параметра шорсткості та інших однакових умов довговічність обробленої поверхні деталі може бути різною залежно від площі опорної поверхні і технологічного методу її утворення. Значно впливає на формування мікрогеометрії поверхні поряд з технологічними факторами ВВЗ вихідна якість поверхні, яка визначається методами попереднього оброблення.

Кінцева шорсткість R_a після ВВЗ залежить від глибини відбитків та перекриття цих відбитків. Оскільки відбитки наносять хаотично, то можливі різні варіанти перекриття, що впливає на кінцеву величину шорсткості: від можливого мінімального до можливого максимального значення.

Переважно на шорсткість поверхні впливає тривалість оброблення та маса інструмента, інші параметри зміцнювального оброблення впливають на неї менше.

Вплив тривалості оброблення та маси інструмента на шорсткість поверхні досліджують на зразках із нормалізованої сталі 40Х із аналогічними розмірами, зазначеними вище (див. рис. 3). Діаметр оброблюваних кульок 13,5 мм. Режими оброблення аналогічні наведеним вище, вихідна шорсткість $R_a = 2,5$ мкм.

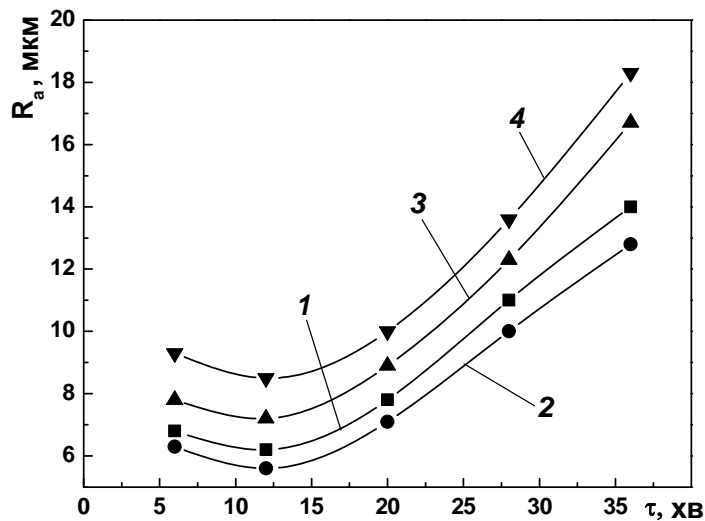


Рис. 3. Залежність шорсткості поверхні під час зміцнювального оброблення зразків із сталі 40X від режимів ВВЗО за початкового значення $R_a = 2,5$ мкм: 1 – 3,5; 2 – 4,5; 3 – 6,0; 4 – 7,5 кг

Як видно з наведених графічних залежностей, $R_a = f(m, \tau)$ має екстремальний характер, оптимальними є значення – $m = 4,5$ кг та $\tau = 12$ хв.

Подальше підвищення маси та тривалості оброблення спричиняє істотне зростання шорсткості, а у разі $\tau = 36$ хв для всіх досліджуваних значень мас обкатника спостерігається лущення приповерхневого шару.

З одержаних результатів дослідження впливу на точність та шорсткість видно, що після ВВЗ для забезпечення високої точності поверхонь необхідно проводити додаткове механічне оброблення. Це обумовлено тим, що з підвищенням технологічних параметрів – таких, як маса та тривалість зміцнення – радіальне биття зростає до 1,6 мм порівняно з вихідним отриманим точінням, що становить у середньому 0,2 мм. Крім того, аналогічна тенденція спостерігається щодо зміни діаметральних розмірів, за винятком того, що вона дещо менша і сягає близько 1 мм. А як відомо, одним із головних показників, від яких залежать експлуатаційні якості деталей машин, є точність виготовлення.

За будь-якого способу виготовлення деталей завжди існують фактори, під час дії яких з'являються похибки розмірів, форми, відносного розташування осей і поверхонь. Через похибки розмірів деталей порушується характер їхнього спряження і нормальні умови роботи. Похибки взаємного розташування деталей можуть спричинити биття вузлів обертання, неспіввідності, неякісного спряження, а похибки форми – бути причиною неякісних спряжень, стиків, нещільного прилягання поверхонь. При цьому змінюються зазори і натяги, порушується герметичність з'єднань, змінюється контактна жорсткість.

На надійність і довговічність деталей машин впливає не тільки точність, але і шорсткість поверхонь. Переважно будь-яка оброблена поверхня має нерівності – сліди ріжучих кромок інструмента або зерен шліфувального круга. Розміри цих виступів і впадин залежать від виду і форми ріжучих кромок інструмента, режиму оброблення, деформації оброблюваного матеріалу тощо.

Шорсткість поверхні сильно впливає на зносотривкість деталей. Найінтенсивніше зношуються поверхні тертя в перший період роботи – припрацювання. На величину зношування в цей період, крім ряду інших факторів (наявність і вид мастила і ін.), впливає висота гребінців (слідів інструмента). Це, однак, не означає, що спрацювання буде мінімальним за найменшої висоти гребінців. Величина його може бути значною внаслідок молекулярної взаємодії тісно наближених поверхонь.

У процесі припрацювання встановлюється деяка оптимальна шорсткість поверхні, яка відповідає найменшому зношуванню, що встановилося. Тому немає сенсу вибирати шорсткість тертя вищу, ніж яка з'явилася після припрацювання. Ця шорсткість поверхонь зберігається і в період усталеного зношування доти, поки внаслідок збільшення зазорів зміни форми поверхонь не зміняться умови тертя і не збільшиться інтенсивність зношування до такого ступеня, щоб з'явилася відмова.

Надрізи, гострі грані і риски, які утворюються на поверхні виробу після механічного або ручного оброблення, є технологічними концентраторами напружень та можуть спричинити зниження втомної міцності конструкційних матеріалів.

Від стану поверхонь найбільше залежить межа витривалості під час згину і кручення, коли найсильніше напружені поверхневі шари металу. Встановлено, що шорсткість поверхні впливає і на статичну міцність, ударну в'язкість (наприклад, внаслідок зниження шорсткості поверхні від 10 до 7 мкм при поліруванні сталі, яка працює в умовах ударного навантаження, довговічність підвищується більше як на 60 %) [8].

Результати аналізу шорсткості свідчать, що вона залишається під час ВВЗ досить низькою (в межах 4–19 мкм), а от параметри точності дещо погіршуються, що вимагає додаткового механічного оброблення, наприклад, тонкого алмазного точіння або шліфування алмазним кругом. Величина припуску при цьому незначна і співрозмірна із глибиною лунок-відбитків після зміцнювальної обробки. Оскільки товщина зміцненого прошарку матеріалу тут на порядок-півтора вища за припуск на викінчувальне токарне чи шліфувальне оброблення, з покращенням геометричної точності та зменшенням шорсткості робочих поверхонь, ці операції суттєво не вплинуть на показники якості зміцнення.

Отже, за результатами досліджень доходимо висновку, що після ВВЗ необхідно здійснювати додаткове механічне оброблення з метою підвищення геометричної точності поверхонь та зменшення їхньої шорсткості. Це обумовлюється високими технічними вимогами до робочих поверхонь деталей. Проте механічне оброблення суттєво не впливає на показники якості зміцнення.

1. Тененбаум М.М. *Сопротивление абразивному изнашиванию*. – М.: Машиностроение, 1976. – 276 с. 2. Аскинази Б.М. *Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой*. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 200 с. 3. Шнейдер Ю.Г. *Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом* – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. – 248 с. 4. Афтаназів І.С., Гавриш А.П., Киричок П.О. та ін. *Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навчальний посібник*. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 516 с. 5. Кук А.М. *Зміцнення локальних ділянок поверхонь деталей вібраційно-відцентровою обробкою: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.08*. – Львів, 1998. – 18 с. 6. Кирилів Я.Б. *Технологічне покращання експлуатаційних властивостей циліндричних поверхонь деталей машин вібраційно-відцентровим зміцненням: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.08* – Львів, 2004. – 19 с. 7. *Справочник технолога-машиностроителя. В 2 – х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова*. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с. 8. Беляев М.С. *Надежность и долговечность машин*. – К.: Техніка, 1973. – 120 с.