

## УДК 621.822.681.2:369.64



**В.І. Марчук**  
д.т.н., професор  
Луцький  
національний  
технічний університет  
e-mail:  
vlar21@mail.ru



**Равенець Л.М.**  
аспірант  
Луцький національний  
технічний університет

## ПРО ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ СУПЕРФІНІШНОЇ ОБРОБКИ КІЛЕЦЬ РОЛИКОПІДШИПНИКІВ НА ВИХІДНІ ПАРАМЕТРИ ПРОЦЕСУ

*В.І. Марчук, Л.М. Равенець. Про вплив технологічних чинників суперфінішної обробки кілець роликотпідшипників на вихідні параметри процесу.* Серед різноманітних методів фінішного оброблення поверхонь обертання кілець роликотпідшипників найефективнішим вважається суперфінішування. Для підвищення ефективності процесу суперфінішування і усунення недоліків оброблення було випробувано ряд методів його вдосконалення. Метою даного дослідження є вивчення технологічних можливостей формоутворюючого багатобрускового суперфінішування робочих поверхонь кілець роликотпідшипників та його вдосконалення.

*V. Marchuk, L. Ravenets. Influence of technological factors superfinish processing of the rings roller bearings on the source parameters of the process.* Among the various methods of surface finishing roller bearings rings is considered the most effective super finishing process. To improve the efficiency of Superfinishing or remedy processing have been tested a number of methods to improve it. The purpose of this study is to investigate the technological capabilities of the forming much brick superfinishing process work surfaces rings roller and improvement.

**Вступ.** В даний час в машинобудуванні використовують ряд різноманітних деталей, до яких висуваються високі вимоги щодо точності виготовлення, якості поверхневого шару та фізико-механічних властивостей. Типовими представниками таких деталей у масовому використанні є кільця підшипників кочення [1].

Серед різноманітних методів фінішного оброблення поверхонь обертання кілець роликотпідшипників найефективнішим вважається суперфінішу, функціональні властивості якого самозаточування, самоочищення інструмента та здатність інструмента припрацьовуватись до поверхні, яку піддають обробленню. Саме ці переваги забезпечують можливість у процесі оброблення знімати найтонший припуск з поверхні, яка має значні геометричні похибки заготовки, істотно зменшуючи хвилястість та шорсткість поверхневого шару.

Відзначимо, що процес суперфінішу має серйозні недоліки, а саме: відносно низьку продуктивність, високу чутливість до якості вихідної поверхні заготовок, недостатню ступінь видалення нерівностей низької частоти (овальності, гранності), необхідність здійснювати процес оброблення кількома технологічними переходами, недостатню універсальність, ускладнення під час налагодження обладнання, необхідність залучення для виконання робіт висококваліфікованих налагоджувальників, потреба переналагоджування обладнання з причини підвищеного зносу бруска.

**Матеріал і результати дослідження.** Для підвищення ефективності процесу суперфінішування і усунення недоліків оброблення було випробувано ряд методів його вдосконалення. Однак, кожен з запропонованих методів суперфінішування здатний усунути певні недоліки, водночас зберігає інші та призводить до появи нових. Найбільш ефективним напрацюванням в галузі вдосконалення процесу суперфінішування є створення технології формоутворюючого багатобрускового суперфінішування з жорстким кріпленням абразивного інструменту, але для найдосконалішого практичного впровадження цієї технології необхідно проводити поглиблені дослідження технологічних можливостей процесу.

Вивчення технологічних можливостей формоутворюючого багатобрускового суперфінішування робочих поверхонь кілець роликотіпшипників та його вдосконалення, встановлення взаємозв'язків технологічних чинників суперфінішних операцій з показниками процесу - головна мета даного дослідження.

Для здійснення поставленої мети необхідно:

1. Дослідити механізм формоутворення поверхні заготовки в процесі багатобрускового суперфінішування.
2. Проаналізувати вплив технологічних чинників на ефективність зняття металу і формоутворення поверхні, що піддають обробленню.
3. Вдосконалити технологію багатобрускового суперфінішування, та визначити раціональні режими формоутворення.

Відомо, що для найбільш розповсюджених методів суперфінішування характерні осцилюючі рухи інструменту. Отже, під час оброблення поверхонь з прямолінійною твірною, абразивний брусок здійснює зворотньо-поступальні рухи уздовж оброблюваного профілю. Оброблення інших за формою поверхонь також здійснюється осцилюючим інструментом, траєкторія руху якого, визначається формою профілю обробленої поверхні [1,2].

Досліджено, що частота осциляції інструменту під час брускового оброблення значною мірою визначає її продуктивність. Зі збільшенням частоти осциляції брусків збільшується продуктивність оброблення та зростає величина знятого припуску, а отже з'являється можливість виправлення геометричних похибок з попереднього оброблення в межах знятого припуску. Але з іншого боку, збільшення частоти осциляції інструменту призводить до виникнення додаткової вібрації системи верстат інструмент деталь, яка негативно впливає на точнісні і якісні показники

оброблення. Величина частоти і амплітуди осциляції інструмента в процесі суперфінішування обмежується можливостями сучасних механічних або гідравлічних вібраторів, а також конструктивними особливостями технологічного обладнання. Таким чином, наявність осцилюючих рухів інструмента в значній мірі обмежує ефективність брускового оброблення, знижує його технологічні можливості.

За рахунок неоднакової швидкості переміщення брусків і різної сили їхньої взаємодії з окремими ділянками оброблюваної поверхні зняття металу вздовж оброблюваного профілю заготовки буде різним, в результаті чого забезпечується можливість формування (за допомогою даного способу) заданого профілю оброблюваної поверхні та виправлення геометричних похибок заготовки.

Під час дослідження допускаємо, що в процесі формоутворюючого багатобрускового суперфінішування можливо раціональне формування оброблюваного профілю в широкому діапазоні геометричних параметрів. Змінюючи режими обробки, можна отримувати різні за геометричною формою профілі, окреслені кривими змінного радіуса, що дуже важливо під час формоутворення робочих поверхонь деталей, які працюють в умовах контактного навантаження. Зауважимо, що під час надання профілю доріжки кочення підшипника форми ступеневої кривої можна збільшити довговічність і надійність підшипника від 2-х до 4-х разів[5].

На рис. 1. – 3. представлені результати розрахунків зняття металу і величини випуклості доріжки кочення внутрішнього кільця роликотопідшипника 7205 під час оброблення запропонованим способом застосовуючи різні режими. Всі залежності отримані для випадку оброблення чотирма абразивними брусками з характеристикою 63 M10CM1KL [3].

На рис. 1. показано вплив частоти обертання виробу  $n$  на інтенсивність зняття припуску в центрі оброблюваного профілю  $t_c$  і на величину його випуклості  $\delta$ .

Як видно, із збільшенням частоти обертання виробу величина зняття припуску збільшується, під час цього зростає і величина випуклості оброблюваного профілю. Порівнюючи теоретичні залежності з даними експерименту, слід зазначити, що відносна похибка розрахунку не перевищує 20%.

Значний вплив на параметри оброблення спричиняє частота обертання інструментальної головки  $n_g$  (рис. 2.). З її збільшенням продуктивність знімання припуску і величина випуклості профілю різко зростають.

Однак найбільше впливає на проаналізовані показники оброблення величина тиску абразивних брусків на оброблювану поверхню (рис. 3). Збільшення тиску брусків в 4 рази призводить до збільшення продуктивності оброблення майже в 6 разів, а інтенсивність формоутворення зростає в 5,5 рази.

Найбільша розбіжність теоретичних і експериментальних даних, як видно з рис. 1. - 3., спостерігається на початку і в кінці діапазону зміни режимів оброблення,

в завершенні цього діапазону розбіжності дуже великі. В області середніх значень чинників, тобто тих значень, які використовуються на практиці, спостерігається гармонічне узгодження розрахункових і експериментальних даних, які в деяких випадках навіть збігаються.

На рис. 4 представлені розрахункові залежності величини випуклості профілю доріжки кочення, отриманої під час багатобрускового суперфінішування, від жорсткості установки брусків в інструментальній головці. Як видно, жорсткість кріплення брусків в інструментальній головці значно впливає на формування профілю деталі і зростає із збільшенням зернистості інструменту.

Пояснюється це тим, що зі зростанням зернистості збільшується обсяг пористості інструменту, завдяки чому зменшується притуплення інструменту та підвищується його ріжуча здатність.

Наявна похибка розрахунку досліджуваних параметрів оброблення обумовлена неможливістю обліку в теоретичних дослідженнях деяких кінематичних і динамічних особливостей, властивих щодо конкретного технологічного устаткування. Неточність оброблення деталей і складання окремих вузлів верстатів призводить до виникнення додаткових інерційних навантажень, вібрацій, які надзвичайно впливають на результати оброблення, особливо в тих випадках, коли мова йде про прецизійні методи формоутворення поверхонь.

В цілому ж, отримані результати забезпечують похибку розрахунку в межах 20%, що цілком прийнятно для інженерних розрахунків.

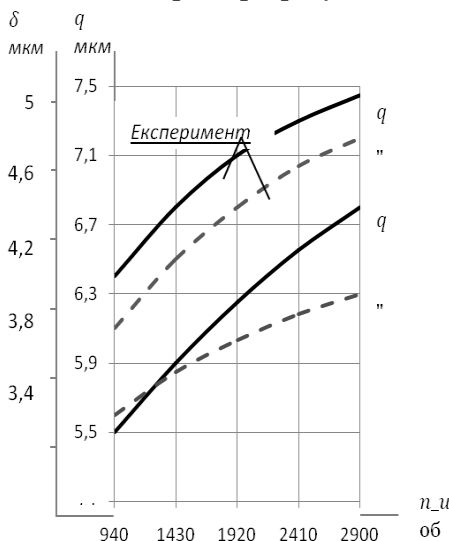


Рис. 1. Теоретичні та експериментальні залежності зняття металу  $q$  і величини випуклості від частоти обертів заготовки  $n_u$

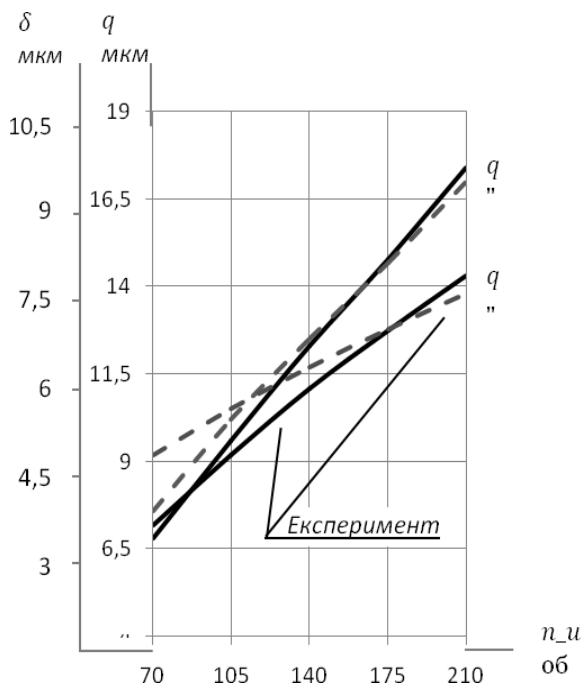


Рис. 2. Теоретичні та експериментальні залежності зняття металу  $q$  і величини випуклості доріжки кочення від частоти обертів  $\nu$  інструментальної головки.

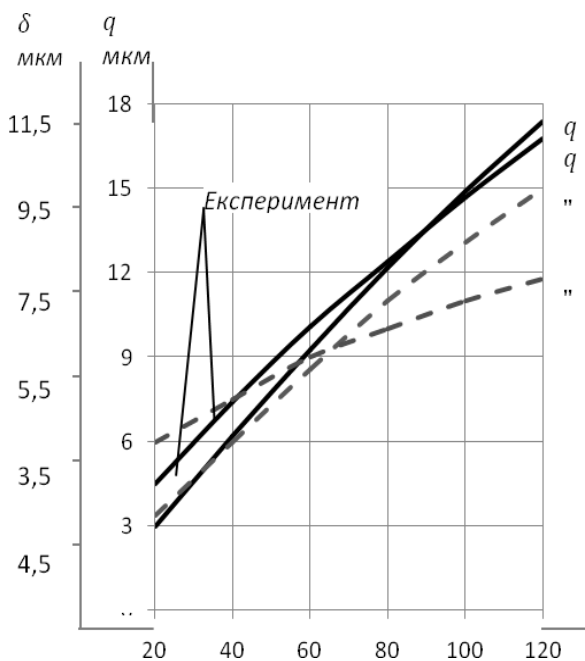


Рис. 3. Теоретичні і експериментальні залежності зняття металу  $\delta$  і величини випуклості від сили прижиму брусків

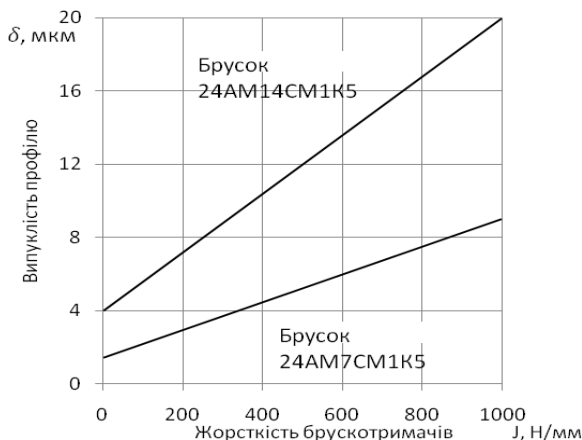


Рис. 4. Залежність величини випуклості обробленої поверхні від жорсткості абразивних брусків.

Умови проведення експериментальних досліджень представлені в табл. 1. Вони були визначені на основі вивчення робіт ряду авторів, розрахунків і теоретичних досліджень, а також шляхом аналізу результатів попередніх дослідів [1,3,5].

Табл.1. Початкові дані для суперфінішної операції.

Найменування чинників процесу	Числові значення чинників	Одиниці вимірювання
Абразивні бруски 12x10x63мм	БП12x663СМ1ОСМ1КЛ БП12x663СМ7М1КЛ БП12x663СМ14М1КЛ БП12x663СМ14СМ1КЛ	
Довжина бруска з державкою	25	мм
$h_r$	70-220	об/хв
Сила прижиму брусків	20-120	Н
Частота обертів виробів	940-900	об/хв
$\alpha$	2° - 14°	градус
Час на оброблення	3-20	с
Час на виходжування	1-10	с
Твердість абразивних брусків	20-50	HRC
Зернистість абразивних брусків	M7:M14	МКМ
Змащувально-охолоджуюча рідина(ЗОР)	Велосит(88%), керосин(10%),олеїнова	

	кислота(2%)	
Метод подачі (ЗОР)	ПОЛИВОМ	
Витрата (ЗОР)	13	л/хв

Проаналізовано вплив технологічних чинників на параметри оброблення. Найбільший вплив на знімання припуску і ефективність формоутворення надають частота обертання інструментальної головки і величина тиску брусків на оброблювану поверхню, а також зернистість інструменту і жорсткість його установки в інструментальній головці. Збільшення технологічних факторів процесу призводить до зростання інтенсивності знімання припуску і формоутворення оброблюваної поверхні.

**Висновки.** Виконано дослідження кінематичних особливостей формоутворюючого суперфінішування обертливими абразивними брусками. Виявлені закономірності вибору геометричних характеристик абразивних брусків залежно від розмірів заготовки і параметрів обладнання.

Розглянуто механізм формування профілю оброблюваної поверхні в процесі формоутворюючого суперфінішування з урахуванням жорсткості кріплення брусків в інструментальній головці і затуплення брусків.

Теоретично обґрунтовано можливість раціонального профілювання оброблюваної поверхні за умови забезпечення початкового лінійного контакту бруска з виробом і періодичної взаємодії окремих ділянок його робочої поверхні з відповідними ділянками поверхні заготовки в умовах нестационарних режимних чинників.

Розроблено методику експериментальних досліджень впливу режимів суперфінішування, характеристики застосовуваних брусків і часу оброблення на показники процесу та значення параметрів профілю обробленої поверхні.

Підготовлений до проведення експериментальних досліджень зразок суперфінішного автомата для доведення доріжок кочення підшипників.

## Література

1. Спришевский А. И. Подшипники качения // М.: Машиностроение, 1969г.-631с.
2. Елизаветин М.А., Сатель Э.А. Технологические способы повышения долговечности машин. М.: Машиностроение, 1969. - 389 с.
3. Крагельский И. В. Трение и износ // М.:Машиностроение, 1968. 326 с.
4. Марчук В.І. Вплив технологічних чинників на експлуатаційні характеристики роликподшипників // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник (за напрямом "Інженерна механіка") – Луцьк: ЛДТУ, 2003. Вип. 12. – С. 179-184.
5. Давиденко О.Ю., Савин С.В. Многобрусковое суперфиниширование дорожек качения колец роликподшипников // Чистовая обработка деталей машин: Межвуз. сб. - Саратов, 1985. - С.51-54.

*Надійшла до редакції 20.01.2015*