

УДК 621.822.681.2:369.64

Равенець Л.М., аспірант

Луцький національний технічний університет

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ СУПЕРФІНІШНОГО ОБРОБЛЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ КІЛЕЦЬ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ КОМПЛЕКСІ ПІДШИПНИКОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Найдоцільнішим методом остаточного оброблення, що збільшує несучу здатність поверхні та виправляє похибки геометричної форми поверхні деталі в поперечному перерізі, є суперфінішування.

Налагоджування верстатів згідно з стандартними методиками не враховує явище технологічної спадковості відхилення форми і часто не забезпечує точності оброблення, що вимагається.

Незважаючи на розповсюджене впровадження конічних та модифікованих робочих поверхонь роликів до цього часу недостатньо теоретично обґрунтовано профілювання ведучих кругів шліфувальних верстатів і валкової системи суперфінішних верстатів з поздовжньою подачею.

У дослідженні проведений аналіз існуючих способів та пристроїв для суперфінішного оброблення поверхонь обертання з метою використання ряду технічних рішень, що застосовуються під час оброблення кілець роликотидшипників.

Технологічна спадковість, суперфінішування, ультразвукове коливання.

1. Вступ. Однією з найважливіших проблем сучасного машинобудування є збільшення довговічності та надійності роботи машин і механізмів. Тому набувають актуальності підвищені вимоги до експлуатаційних властивостей деталей, під час вибору методу фінішного оброблення.

Існує велика кількість методів чистового оброблення робочих поверхонь деталей, однак не всі методи забезпечують високу працездатність поверхні деталі. Такі процеси, як тонке шліфування, алмазне доведення, обкатування поверхонь роликом, алмазне вигладжування, полірування забезпечують значне зниження шорсткості поверхні. Однак більшість з перерахованих способів виявляються малоефективними у тому випадку, коли потрібне корегування геометричної форми та збільшення опорної поверхні сполучених деталей.

Найдоцільнішим методом завершального оброблення, що ефективно збільшує несучу поверхню та виправляє похибки геометричної форми поверхні деталі в поперечному перерізі, є суперфінішування. Під час суперфінішування, зокрема, підвищується точність розміру, збільшуються залишкові стискаючі напруження, а також контактна міцність деталей, зменшуються шорсткість поверхні та початковий знос, що забезпечує зменшення зносу деталей під час експлуатації, збільшення терміну придатності та точності машини.

2. Основний зміст.

Детальний аналіз переваг і недоліків традиційних способів хонінгування та суперфінішування поданий в наукових роботах [1, 2, 3] (Табл. 1), де впевнено доведено, що до переваг абразивного брускового оброблення відносяться:

- припрацювання бруска до оброблюваної поверхні, що дозволяє вести оброблення заготовок з геометричними похибками, значно меншими за величину припуску, що знімається;
- самоочищення бруска від стружки та шламу, що підвищує зняття металу та збільшує продуктивність оброблення;
- здатність значно знижувати хвилястість та шорсткість поверхні заготовок;
- низька температура в зоні контакту, відсутність небезпеки виникнення температурних дефектів поверхневого шару деталей.

Основні недоліки процесу брускового абразивного оброблення обґрунтовуються наступним:

- відносно низька продуктивність (120-200 заготовок в час), особливо під час підвищеної шорсткості поверхні заготовок;
- висока чутливість до якості вихідної поверхні заготовок;

- невисока ступінь видалення нерівностей низької частоти (овальності, гранності);
- необхідність здійснення процесу оброблення кількома технічними переходами, що відчутно ускладнює конструкцію обладнання та підвищує його собівартість;
- низька універсальність технологічного обладнання;
- складність налагодження обладнання, необхідність залучення до роботи висококваліфікованих налагоджувальників, необхідність частого підналагодження обладнання по причині підвищеного зносу бруска.

Вказані недоліки процесу брускового абразивного оброблення викликають необхідність його вдосконалення. Радикальний напрямок вирішення цієї проблеми є вдосконалення способів здійснення процесу брускового абразивного оброблення та створення на даній основі нового технологічного обладнання.

Досить багато напрацьовань з прогресивних методів у процесі хонінгування деталей [4,5], а саме: вібраційне хонінгування [3], електрохімічне хонінгування, гальванічне хонінгування [4], алмазне вібраційне шліцехонінгування [3], плоско-вершинне хонінгування [4], хонінгування з нахилом, охоплює хонінгування циліндричних поверхонь, алмазне хонінгування обмежених сферичних поверхонь та ін. [3,5 та ін.], однак докладніше розглянемо технічні рішення з підвищення ефективності суперфінішного оброблення деталей.

3. Результати досліджень.

Одним з способів інтенсифікації процесу суперфінішування є накладення на брусок ультразвукових коливань. Пристрій, який забезпечує даний метод оброблення, показано на рис.1., це акустичний вузол, що складається з магнітостриктора 4 і концентратора 5, який перетворює електричні коливання ультразвукового генератора в механічні. Вузол кріпиться до довідної головки 3. Кільце 1, брусок суперфінішний 2, кріпиться до концентратора 5, який передає йому ультразвукові коливання.

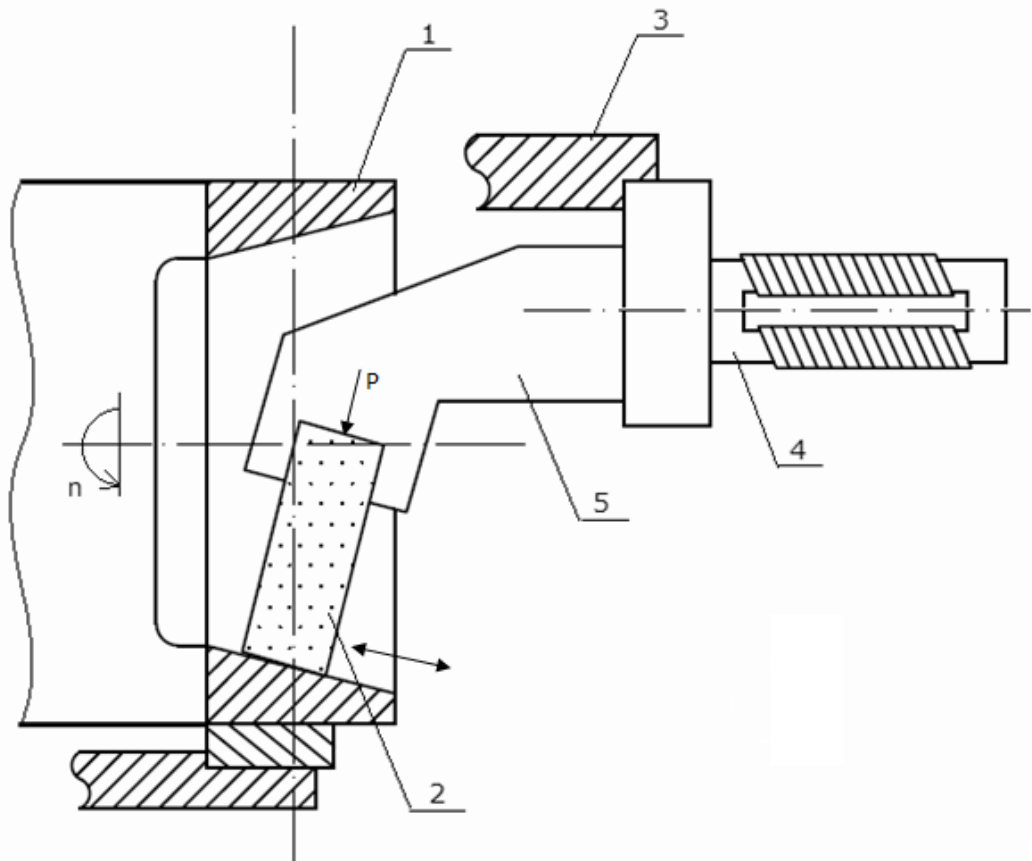


Рис. 1. Прилад для оброблення доріжки кочення кільця роликпідшипників з накладенням на брусок ультразвукових коливань

Використання ультразвуку створює найсприятливіші умови для зрізу і подрібнення стружки, видалення відходів зони різання, сприяють покращенню умов самозаточування бруска і

усуненню налипання на його робочій поверхні. Вказане явище найкраще відображається на прикладі вивчення сил різання під час суперфінішування. Як видно рис. 2., накладання на брусок ультразвукових коливань за однакових умов оброблення ($=120$ м/хв., $=7$ Гц, брусок 63СМ10) понижує питому тангенціальну складову сили різання P в 1,3-2 рази.

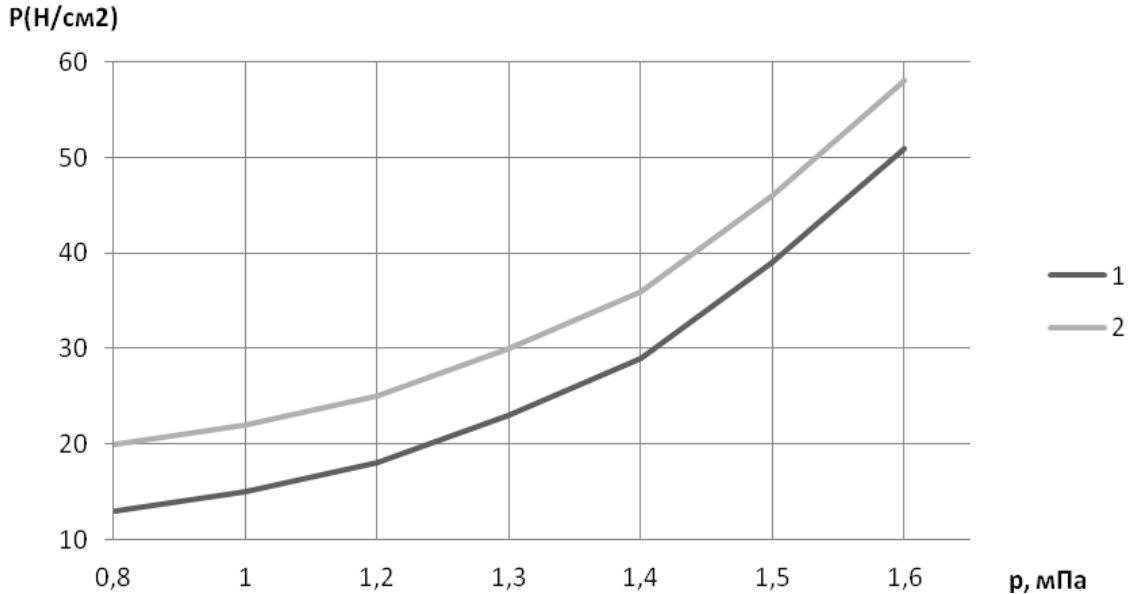


Рис. 2. Залежність питомої тангенціальної складової сили різання P від натиску бруска: 1 – суперфінішування за звичайною схемою; 2 – суперфінішування з ультразвуковими коливаннями

Збільшення амплітуди ультразвукових коливань сприяє пониженню навантаження на ріжучі країки бруска. Так, для випадку суперфінішування з постійною інтенсивністю зняття металу, що дорівнює $0,8$ мм²/с, мають місце наступні співвідношення між амплітудою ультразвукових коливань та питомою тангенціальною складовою сили різання P : коли $= 1,8$ мкм, $P = 41,5$ Н/ см²; коли $= 2,8$ мкм, $P = 24,5$ Н/ см²; коли $= 3,8$ мкм, $P = 22,5$ Н/ см².

Фактично накладення на брусок ультразвукових коливань полегшує умови різання і покращує самозаточування бруска, вказує на доцільність використання цього методу оброблення під час суперфінішування деталей із матеріалів, які складні в обробленні, мають низьку твердість і високу пластичність (кольорові, титанові, жароміцні сплави, корозійностійкі сталі і ін.). Головною проблемою під час суперфінішування вказаних матеріалів за звичайною схемою є утворення налипання металу на ріжучу поверхню бруска, які призводять до погіршення якості обробленої поверхні внаслідок появи на ній окремих глибоких подряпин та надривів. Застосування ультразвукового суперфінішування для оброблення деталей з бронзи, сталі 45, сталі ШХ 15 і сталі 40Х брусками 63СМ2К за умови, що тиск $0,2$ МПа, поздовжня подача $0,5$ м/хв, частота обертання кільця $n=800-900$ хв⁻¹, частота коливань бруска $13-15$ Гц вказують на те, що застосування ультразвуку дозволяє підвищити інтенсивність знімання сталі ШХ 15 і жароміцної сталі 40Х (рис. 3) Під час цього ріжуча поверхня бруска без налипання металу, що дає можливість забезпечити однорідну поверхню оброблення, без окремих дефектів.

Проведено серію експериментальних досліджень суперфінішування поверхонь обертання з накладенням на брусок ультразвукових коливань. У результаті експериментальних досліджень які проведені на ПАТ «СКФ Україна» встановлені важливі закономірності цього процесу під час оброблення доріжок кочення роликотішлипників із сталі ШХ 15 (62-65 НRC). Частота ультразвукових коливань складає 24 кГц. Накладення на брусок ультразвукових коливань дозволяє здійснювати різання круговою швидкістю деталі більше ніж 120 м/хв.. Збільшення від 120 до 240 м/хв дає можливість підвищувати інтенсивність зняття металу в 2 рази, завдяки збільшенню амплітуди ультразвукових коливань від 2 до 4 мкм продуктивність оброблення Q_2 зростає на $40-50\%$ (рис. 4.) Аналогічно процесу суперфінішування за звичайною схемою збільшення зернистості бруска призводить до підвищення продуктивності зняття металу як і під час оброблення з накладенням на брусок ультразвукових коливань. Варто зазначити, що вплив ультразвукових коливань визначається таким самим чином, як і вплив частоти коливань бруска.

Вплив тиску бруска 63СМ14СМ2КЛ ($= 250$ м/хв, $= 3,8$ мкм, $= 8$ Гц) на інтенсивність знімання металу під час ультразвукового суперфінішування можна описати:

p , МПа	0,8	1,4	1,6	1,8
Q_2 , мм ³ /с	0,88	1,22	1,48	1,82

Таким чином, підвищення тиску призводить до росту інтенсивності зняття металу (рис. 3, рис. 4) аналогічно суперфінішуванню за звичайною схемою.

Під час суперфінішування із ультразвуковими коливаннями доцільно використовувати бруски, які мають твердість СМ1-СМ2. Застосування м'якших брусків призводить до їх інтенсивного осипання, а твердіших до засалювання, а відповідно до пониження знімання металу і підвищення шорсткості обробленої поверхні.

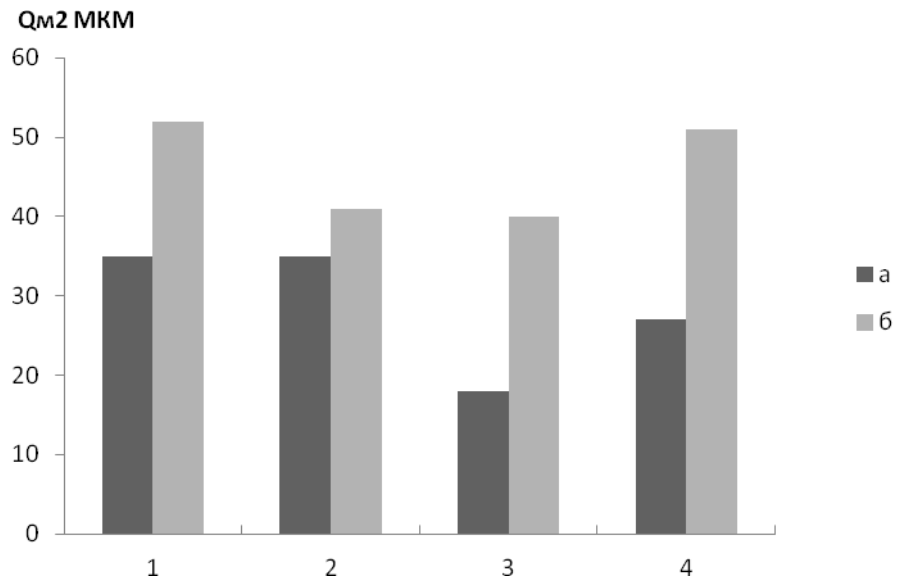


Рис. 3. Зняття металу під час суперфінішування різноманітних матеріалів. 1 – бронза, 2 – сталь 45, 3 – сталь 40Х, 4 – сталь ШХ15; а – суперфінішування за звичайною схемою, б – суперфінішування з ультразвуковими коливаннями.

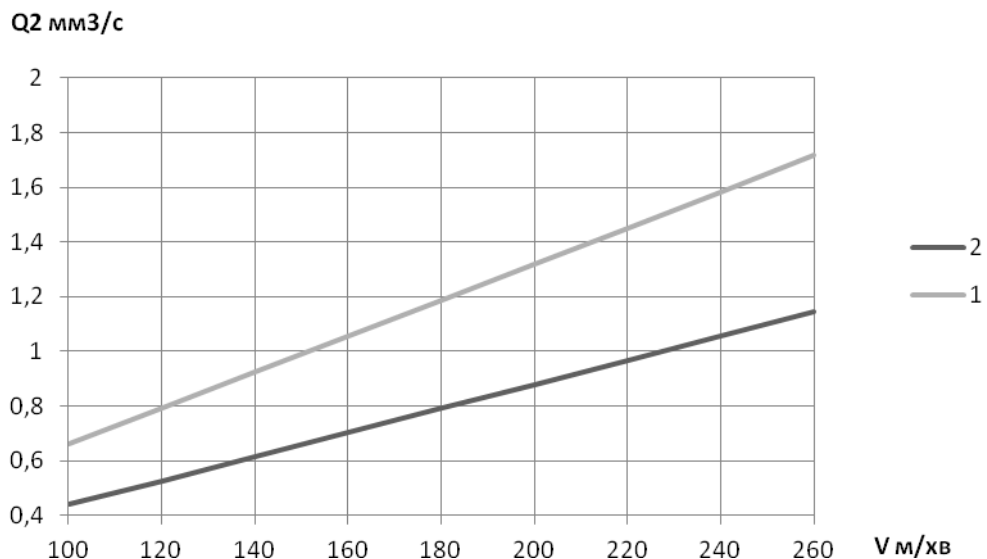


Рис. 4. Залежність інтенсивності зняття металу Q_2 від кругової швидкості деталі та амплітуди ультразвукових коливань (брусок 63СМ14СМ2КЛ, $p = 1,8$ МПа)

Суперфінішування з ультразвуковими коливаннями здійснюється в двоступеневому циклі. На другому режимі (тертя-полірування) ультразвукові коливання вимикаються. Завдяки більшій твердості бруска процес легко переводиться з режиму різання в режим тертя-полірування за наявності наступних параметрів: $= 250$ м/хв, $= 8$ Гц, $p = 1,1$ МПа.

В ряді випадків для переходу до режиму тертя – полірування достатньо вимкнути тільки ультразвукові коливання, не змінюючи інших параметрів. Шорсткість обробленої поверхні під час оброблення з ультразвуковими коливаннями (режим різання) залежить від зернистості бруска, кругової швидкості деталі, амплітуди ультразвукових коливань і не залежить від тиску бруска. Це викликано тим, що ультразвукові коливання направлені по нормалі до поверхні і їх вплив на формування мікрорельєфу поверхні є більш значним, аніж вплив тиску бруска.

Залежність шорсткості обробленої поверхні загартованої сталі від параметрів оброблення і зернистості бруска наведено в табл. 1. Як видно з таблиці збільшення амплітуди ультразвукових коливань на 33% призводить до зростання параметра шорсткості R_a на 28-33%. Суперфінішування в режимі тертя-полірування рекомендується проводити з відключеними ультразвуковими коливаннями лише за наявності наступних параметрів: $v = 250$ м/хв, $f = 8$ Гц, $p = 1,1$ МПа.

Таблиця 1

Залежність шорсткості обробленої поверхні загартованої сталі від параметрів оброблення і зернистості бруска (режим різання)

Кругова швидкість деталі, м/хв	Параметр шорсткості					
	= 3 мкм			= 4 мкм		
	M10	M14	M30	M10	M14	M30
120	0,09	0,13	0,21	0,12	0,18	0,28
160	0,08	0,11	0,18	0,10	0,15	0,23
200	0,07	0,10	0,16	0,09	0,13	0,21
240	0,06	0,09	0,14	0,08	0,12	0,18

Суперфінішування з ультразвуковими коливаннями, аналогічне суперфінішуванню по звичній схемі, забезпечує хвилястість 0,05-0,1 мкм. Оброблення з ультразвуковими коливаннями в двохступеновому циклі сприяє підвищенню твердості поверхневого шару металу на 60-80%.

Наприклад при початковій твердості 6200-6400 МПа після оброблення брусками зернистістю M10-M30 твердість збільшилась відповідно до 9700-11250 МПа. Інтенсивніший ріст твердості під час оброблення ультразвуковими коливаннями у порівнянні з обробленням за звичайною схемою пояснюється збільшенням ступеня наклепу в результаті того, що ультразвукові коливання бруска направлені по нормалі до поверхні, яку піддають обробленню.

4. Висновки.

Дослідженнями і практикою суперфінішування встановлено, що в процесі оброблення на суперфінішних верстатах забезпечується пониження шорсткості поверхні, збільшується несуча площа поверхні, підвищується точність розміру, збільшується мікротвердість поверхні, виправляється похибка форми (некруглість профілю деталі) і усувається хвилястість. Однак оброблення деталей з більшою величиною овальності або деталей, що мають огранку з невеликим числом граней, потребує більших витрат часу, а їх вирівнювання незначні.

Дефекти профілю деталі в повздовжньому перерізі: конусоподібність, вгнутість, випуклість під час класичного суперфінішування практично виправити неможливо.

Під час суперфінішування зовнішніх поверхонь валів, особливо, якщо поверхні оброблення обмежені бортами (наприклад корінні і шатунні шийки колінчастих валів), процес суперфінішування здійснюється класичним способом, під час якого вал крутиться з заданою круговою швидкістю і здійснює зворотно-поступальні рухи вздовж осі обертання з частотою осциляції 3-5 Гц, а брусок притискується до поверхні оброблення з визначеною силою. Моделі суперфінішних напівавтоматів для оброблення шийок колінчастого валу відрізняються розмірами оброблюваних валів, кількістю суперфінішних головок в залежності від кількості одночасно оброблених шийок. Суперфінішні напівавтомати моделі 3875KH19 дозволяють виконувати за одне встановлення чорнове і чистове оброблення поверхні шийки, змінюючи в процесі циклу оброблення в автоматичному режимі відповідні параметри налагодження. Однак, цьому способу властиві загальні недоліки класичного суперфінішування; засалювання інструменту, неможливість ефективного і гарантованого виправлення похибок геометричної

форми обробленої поверхні і т. д. Усунення даних недоліків дозволить вдосконалити важливу проблему підвищення якості оброблення поверхонь обертання, тим самим збільшити ресурс роботи машин і механізмів.

Серед великого різноманіття переваг розглянутих способів суперфінішного оброблення нас особливо зацікавлює можливість прецизійного профілювання оброблюваних поверхонь деталей. В практиці і теорії суперфінішування досліджена тільки можливість надання оброблюваним поверхням випуклої форми, та не обговорюється сама форма і не розкритий механізм формування профілю заготовки. А так, як саме форма профілю контактуючих поверхонь деталей найбільш впливає на працездатність трибосполучень, то практичний інтерес має дослідження впливу процесу формоутворюючого суперфінішування на форму поверхні, яка обробляється.

1. Колтунов И.Б. Прогрессивные процессы абразивной алмазной и эльборово́й обработки в подшипниковом производстве // – М.: Машиностроение, 1976. – 30 с.
2. Бирин Б.В. Механизация абразивных, доводочных и инструментальных работ / Б.В. Бирин, И.К. Воробьев, П.А. Давыдов. – М.: Машиностроение, 1975. – 40 с.
3. Коновалов Е.Г. Вибрационное хонингование абразивными и алмазными брусками / Е.Г.Коновалов, В.И.Ходырев // Известия АН БССР. Минск: Наука и техника. Серия физико-технических наук, 1970. – №3. – С. 73–76.
4. Головачев В.А. Электрохимическая размерная обработка деталей сложной формы / В.А.Головачев, Б.И.Петров и др. – М.: Машиностроение, 1969. – 200 с.
5. Фрагин И.Х. Новое в хонинговании – М.: Машиностроение, 1980. – 96 с.