

УДК 621.822

В.Т.Михалевич, В.Ю.Денисюк

Луцький національний технічний університет

УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ СУПЕРФІНІШНОГО ОБРОБЛЕННЯ КІЛЕЦЬ ПІДШИПНИКІВ

Розглядаються можливості управління процесом суперфінішного оброблення доріжок кочення деталей роликових підшипників, варіанти спрощення технологічної підготовки виробництва з метою забезпечення оперативного переналадження обладнання як для масового, так і дрібносерійного виробництва.

Ключові слова: шліфування, суперфініш, доріжка кочення, абразивний інструмент, припуск.

Технологічний процес викінчувального оброблення деталей підшипників передбачає обов'язкову операцію з оброблення доріжок кочення – тонке шліфування або суперфінішування. Основне призначення цієї операції – часткове виправлення форми та забезпечення шорсткості поверхонь контактування елементів кочення.

Суперфінішування здійснюється абразивними брусками, які коливаються у вертикальній площині до поверхні оброблення під час обертання або зворотно-поступального руху деталі. Суперфінішуванням можна забезпечити шорсткість поверхні $Ra=0,080-0,040$ мкм якщо зернистість абразиву M28–M7 та $Ra=0,01-0,02$ мкм для M3–M1. Зняття металу проходить в межах мікронерівностей поверхонь, що залишились від попереднього оброблення. Припуск на сторону призначається на 10 – 30% більше висоти нерівностей поверхні для видалення слідів від попереднього оброблення.

Суперфінішуванням обробляють циліндричні, конічні, плоскі та сферичні поверхні деталей із загартованої сталі, чавуну, кольорових металів.

Режими оброблення: окружна швидкість $v_{об}$ до 40 – 100 м/хв., тиск брусків до 0,4 – 0,6 МПа. Швидкість коливного руху v_k обмежується інерційними зусиллями, які виникають у процесі роботи, під час реверсування і, як правило, не перевищують 5 – 7 м/хв з амплітудою коливань менше 6 мм, частота коливання бруска до 1500 – 2000 подв.ход/хв. Оброблення доцільно вести у два етапи. У чорновому циклі приймають $v_{об} = (2 - 4)v_k$, у чистовому циклі – $v_{об} = (8 - 16)v_k$.

Впровадження швидкісного суперфінішування доріжок кочення кілець роликових підшипників на верстатах ЛЗ-261 в практику масового автоматизованого виробництва викликало деякі труднощі коректування величини припуску, що знімається, до необхідного значення з допомогою режимів оброблення. Необхідність оперативного управління величиною припуску для зняття зумовлена не тільки стремлінням досягнути високої якості поверхонь деталей, але й вимогами економічності операції суперфінішування, пов'язаної зі зниженням витрат інструменту та зі скороченням часу на відналадження процесу для зміни умов оброблення – зміна типорозміру кілець, які обробляються, різальних властивостей інструменту, параметрів заготовки, часу циклу оброблення тощо.

Якщо розглянути процес кінцевого оброблення внутрішнього кільця підшипника 7208, то суперфінішне оброблення на верстаті ЛЗ 279Р є завершувальним перед операцією складання (рис. 1).

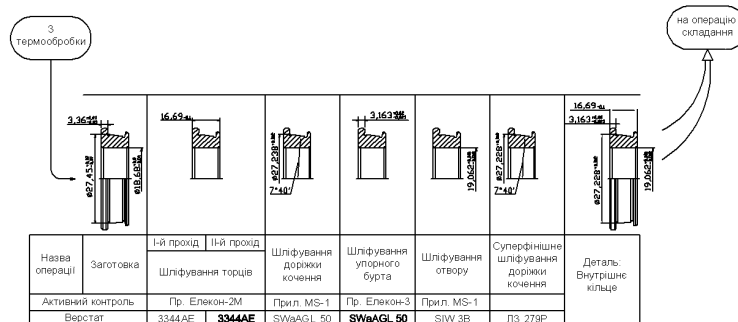


Рис. 1. Технологічний маршрут шліфування внутрішнього кільця конічного підшипника

Якщо детально розглянути послідовність оброблення заготовки кільця підшипника, у даному випадку, внутрішнього конічного підшипника 7208, то виявляється, що на всіх операціях верстати укомплектовано системами активного контролю або адаптивного управління розмірним обробленням. А на операції суперфінішування такі системи відсутні.

Це пояснюється рядом причин: по-перше, із-за специфіки виконання операції, досить проблемно встановити первинні перетворювачі розміру у зоні оброблення чи на виході із зони оброблення, по-друге, діапазон зняття припуску дуже незначний і це різко знижує ефективність використання приладів активного контролю. Слід також враховувати, що основна задача суперфінішування не розмірне оброблення, а виправлення дефектів макро- та мікрогеометрії поверхонь оброблення.

Тому, для вирішення цієї технічної задачі, дуже важливо забезпечити стабільний розмірний параметр доріжки кочення на чистовій операції шліфування.

Однією з перспективних задач залишається також підвищення розмірної точності деталі, стабільність припуску, який знімається, що зумовлено особливостями технології автоматичного складання, а у багатьох випадках і комплектування підшипників.

Вплив багатьох чинників, що створюють прямий вплив на точність, продуктивність та економічність методу суперфінішування, створює значні складності у розробленні та використанні розрахункових залежностей показників процесу. Останнє значною мірою викликане суттєвим розходженням вихідних даних, що характеризують умови протікання процесу – різальних властивостей та коефіцієнта шліфування брусків, складу змащувально-охолоджуючої рідини (ЗОР), параметрів заготовок.

Так різальні властивості брусків 24АМ14-ПКЗЛІС ЗІ може складати від 0,7 до 1,4 мм/хв·мм², що відповідає інтенсивності зняття металу на діаметр для внутрішніх кілець роликів підшипників 7208 від 1,7 до 3,4 мкм/с, тобто значення припуску, який знімається будуть відрізнятися на 50% для всіх інших рівних умов.

Додаткова задача під час віднагодження процесу на двохпозиційних верстатах – необхідність синхронізації часу оброблення на чорновій та чистовій позиціях. Не зважаючи на відносно малий шар зняття припуску на чистовій позиції – не більше 2 – 3 мкм на діаметр, саме час чистового оброблення, як правило, є лімітуючим. Тому, найбільш часто, необхідно коректувати величину припуску, який знімається, в основному знижуючи інтенсивність зняття, під час чорнового суперфінішування, яке складає 80% і більше від загальної величини. Зміна інтенсивності зняття металу може виконуватись за допомогою будь-якого із елементів режиму оброблення: швидкості обертання деталі n_d , робочого зусилля на інструмент P , частоти коливання інструменту n_k та кута коливань інструменту.

Керівні технічні матеріали для технологічної підготовки виробництва, наприклад, "Оптимальні режими суперфінішування та доведення кілець", визначає ефективні діапазони варіації, що передбачають на основі зростання значень елементів режиму оброблення, підвищення інтенсивності зняття металу. Технологічно більш простим є управління інтенсивністю зняття металу шляхом зміни n_d та P . Тут доцільно використати лінійну ділянку залежності припуску, який знімається від n_d та P . Але цей метод не можна вважати достатньо оперативним для цехових умов, оскільки для визначення розрахункових величин n_d та P необхідно, щонайменше, дані замірів середнього зняття у двох точках інтервалу зміни n_d або P . Крім цього, метод вимагає глибокого практичного знання особливостей процесу.

Графік зміни припуску, який знімається від n_d та P для двох брусків БКв 10x10x70 24АМ14-ПКЗЛІС ЗІ з різною різальною властивістю, типовою для цього виду брусків, показано на рис. 2, де прямі 1, 3 – брусок №1, прямі 2, 4 – брусок №2 і r – коефіцієнт кореляції.

Дані отримані під час оброблення доріжок кочення внутрішніх кілець роликів підшипників 7208 із сталі ШХ15 з HRC₃, 62-65 для $n_k=1100$ хв⁻¹, $\alpha=\pm 9^\circ$, $T_0=7$ с, ЗОР – мастило К5А, керосин 12%, олеїнова кислота марки "Б". Відмінність похідних по n_d для брусків з різними різальними властивостями визначає необхідність даних про величину середнього зняття, щонайменше, у двох точках інтервалу варіації кількості обертів для визначення необхідного значення n_d або P за заданим припуском.

Більш оперативним є використання лінійної залежності припуску, який знімається, від часу оброблення – контакту інструменту з деталлю, яка показана на рис. 3, для проведення умов оброблення брусками БКв 10x10x70 24АМ14 ПКЛІС ЗІ.

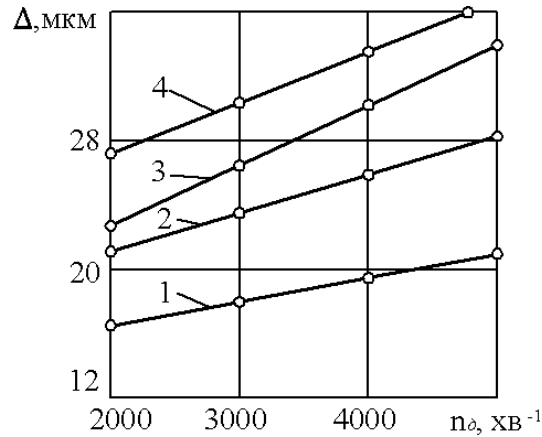


Рис. 2. Зміна припуску, який знімається від n_d та P : 1 – $P=100$ Н, $\Delta_1=12,8+1,7\cdot 10^{-3}n_d$, $r=0,90$; 2 – $P=100$ Н, $\Delta_2=17,4+2,17\cdot 10^{-3}n_d$, $r=0,95$; 3 – $P=120$ Н, $\Delta_3=14,6+3,8\cdot 10^{-3}n_d$, $r=0,85$; 4 – $P=120$ Н, $\Delta_4=20,4+3,15\cdot 10^{-3}n_d$, $r=0,85$

З рисунка видно, що лінійна залежність, яка характеризує постійність зняття металу за часом, залишається незмінною навіть для значень зняття, які значно перевищують необхідне на практиці, як правило, 12 – 15 мкм, що свідчить про режим самозаточування інструменту. Висока інтенсивність зняття металу, яка може бути збільшена за необхідності шляхом підвищення швидкості виробу до 600 м/хв, тиск на інструмент до 1,2 – 1,5 МПа і значення інших елементів режиму згідно рекомендацій, визначає можливість зменшення часу чорнового суперфінішування в 2 – 3 рази і більше у порівнянні з чистовим. Цей резерв часу можна використати для оперативного коректування припуску, регулюючи час контакту чорнового бруска з деталлю.

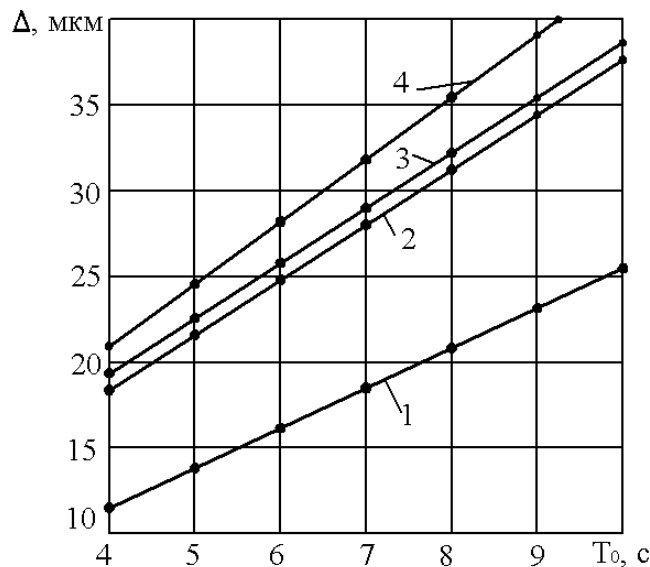


Рис. 3. Зміна припуску, який знімається, від T_0 та n_d для $P=100$ Н: 1– $n_d=2000$ хв $^{-1}$, $r=0,85$, $\Delta_1=1,2+2,4\cdot T_0$; 2– $n_d=3000$ хв $^{-1}$, $r=0,87$, $\Delta_2=4,5+3,4\cdot T_0$; 3– $n_d=4000$ хв $^{-1}$, $r=0,86$, $\Delta_3=4,9+3,4\cdot T_0$; 4– $n_d=5000$ хв $^{-1}$, $r=0,85$, $\Delta_4=4,5+3,9\cdot T_0$

Можливість зміни часу контакту бруска з деталлю на верстатах ЛЗ-261 забезпечувалось установкою на верстаті додаткового пневмоелектроклапана, який управлявся від реле часу, а пневмопровід безпосередньо перед дроселем доводочною головкою, що не порушує послідовності спрацювання елементів управління для нормального режиму роботи. За необхідності пневмоелектроклапан відключається від системи з допомогою перемикача. Розрахунок необхідного часу контакту з достатньою для практики точністю зводиться до визначення

фактичної інтенсивності зняття за секунду для чорнового оброблення. Для цього із загального середнього припуску, що знімається, який визначається за даними замірів не менше 5 – 6 кілець, віднімається зняття чистового оброблення (2 – 3 мкм), отримане значення ділиться на час оброблення, встановлений по реле часу вистою розподільчого вала.

Потім знаходиться необхідний час контакту як частка від ділення величини необхідного припуску на фактичну інтенсивність зняття. Установка часу контакту може виконуватись без зупинки роботи верстата. Враховуючи можливість роботи під час чорнового суперфінішування на одному швидкісному ступені, можна використати реле часу двохступеневого швидкісного режиму, що є у верстаті. Модернізація у цьому випадку не становить складностей.

Управління часом контакту інструменту та деталі значно спрощує налагодження процесу за необхідною величиною припуску, дозволяє оперативно, без зупинки верстату коректувати його за результатами контрольних замірів, що є одним із засобів підвищення зняття металу, спрощує призначення режимів оброблення, які можуть не змінюватись для значного діапазону типорозмірів кілець. Остання обставина особливо важлива для частих переналагоджень і зміні умов оброблення, характерних для дрібносерійного виробництва і доцільно використовувати під час проектування нових моделей обладнання.

1. Алферов А.И. Управление величиной снимаемого припуска при суперфинишировании // Подшипниковая промышленность №6. Научно-технический информационный сборник, Москва, 1985.
2. Справочник технолога-приборостроителя: В 2-х т. Т.1. 2-е изд., перераб. и доп./ Под ред. П.В.Сыроватченко. – М.: Машиностроение, 1980. – 607 с., ил.