

## ТЕХНОЛОГІЧНЕ КЕРУВАННЯ ТЕПЛОНАПРУЖЕНОСТЮ ПРОЦЕСУ БЕЗЦЕНТРОВОГО ШЛІФУВАННЯ КІЛЕЦЬ РОЛИКОПІДШИПНИКІВ

*На показник теплонапруженості процесу шліфування зовнішніх поверхонь кілець спричиняють вплив значна кількість технологічних чинників серед яких параметри інструментального налагодження, схема шліфування, спосіб охолодження, та ряд фізико-хімічних чинників.*

*На підставі теоретичних та експериментальних досліджень розроблена функціональна схема системи адаптивного керування процесом шліфування за величиною тангенціальної сили різання, що відповідає певному значенню температури в зоні шліфування.*

**Ключові слова:** теплові дефекти, безцентрове шліфування, зона різання, теплонапруженість процесу.

*On the index the calorific rate of the grinding process of grinding outer surfaces of the rings is influenced by a large number of technological factors, among which the instrumental parameters adjustment, method of grinding, cooling method, and a number of physico-chemical factors.*

*On the basis of theoretical and experimental research developed a functional diagram of the adaptive control grinding process on the magnitude of the tangential cutting force that corresponds to a value of the temperature in the grinding zone.*

**Keywords:** thermal defects, centerless grinding, cutting zone, the calorific process.

*На показатель теплонапряженности процесса шлифования наружных поверхностей колец оказывают влияние большое количество технологических факторов, среди которых параметры инструментальной настройки, схема шлифования, способ охлаждения, и ряд физико-химических факторов.*

*На основании теоретических и экспериментальных исследований разработана функциональная схема системы адаптивного управления процессом шлифования по величине тангенциальной силы резания, что соответствует определенному значению температуры в зоне шлифования.*

**Ключевые слова:** тепловые дефекты, бесцентровое шлифование, зона резания, теплонапряженность процесса.

Процес безцентрового шліфування зовнішньої циліндричної поверхні, яка є базовою для встановлення підшипника в опорі роторної системи проходить за схемою, що характеризується обертальним рухом шліфувального круга  $V_{кр\ шліф}$ , який є рухом різання, обертальним рухом ведучого круга  $V_{кр\ вед}$  в тому ж самому напрямку. Заготовки кілець подаються в зону шліфування за допомогою ведучого круга, вісь обертання якого знаходиться під деяким кутом до вісі обертання шліфувального круга. Для підтримування заготовок в зоні шліфування використовується ніж опорний. Положення осей обертання шліфувального та ведучого кругів, частота обертання кругів та заготовки, координати розміщення ножа опорного впливають на розмірні та якісні показники процесу шліфування, а визначення значень вказаних параметрів відноситься до завдань проектування інструментального налагодження верстата на шліфувальну операцію [1, 3].

Основним завданням технологічної підготовки верстата до шліфування конкретного типорозміру заготовки в умовах переналагоджувального виробництва є швидке та зручне визначення параметрів налагодження та реалізація цих параметрів безпосередньо на верстаті. Від швидкості проектування та виконання інструментального переналагодження верстата залежать технологічна продуктивність операції та якісні показники процесу шліфування.

З рис. 1. видно, що на показник теплонапруженості процесу шліфування зовнішніх поверхонь кілець спричиняють вплив значна кількість технологічних чинників серед яких характеристика та параметри руху різального інструменту, параметри режимів різання, параметри інструментального налагодження, схема шліфування, спосіб охолодження, та ряд фізико-хімічних чинників.

Встановлення раціональних температурних параметрів та їх взаємозв'язків з показниками процесу безцентрового шліфування заготовок кілець в умовах переналагоджувального виробництва є актуальною науково-технічною проблемою та вимагає ретельного аналізу причин походження та видів температурних дефектів та пошуку методів і засобів їх усунення.

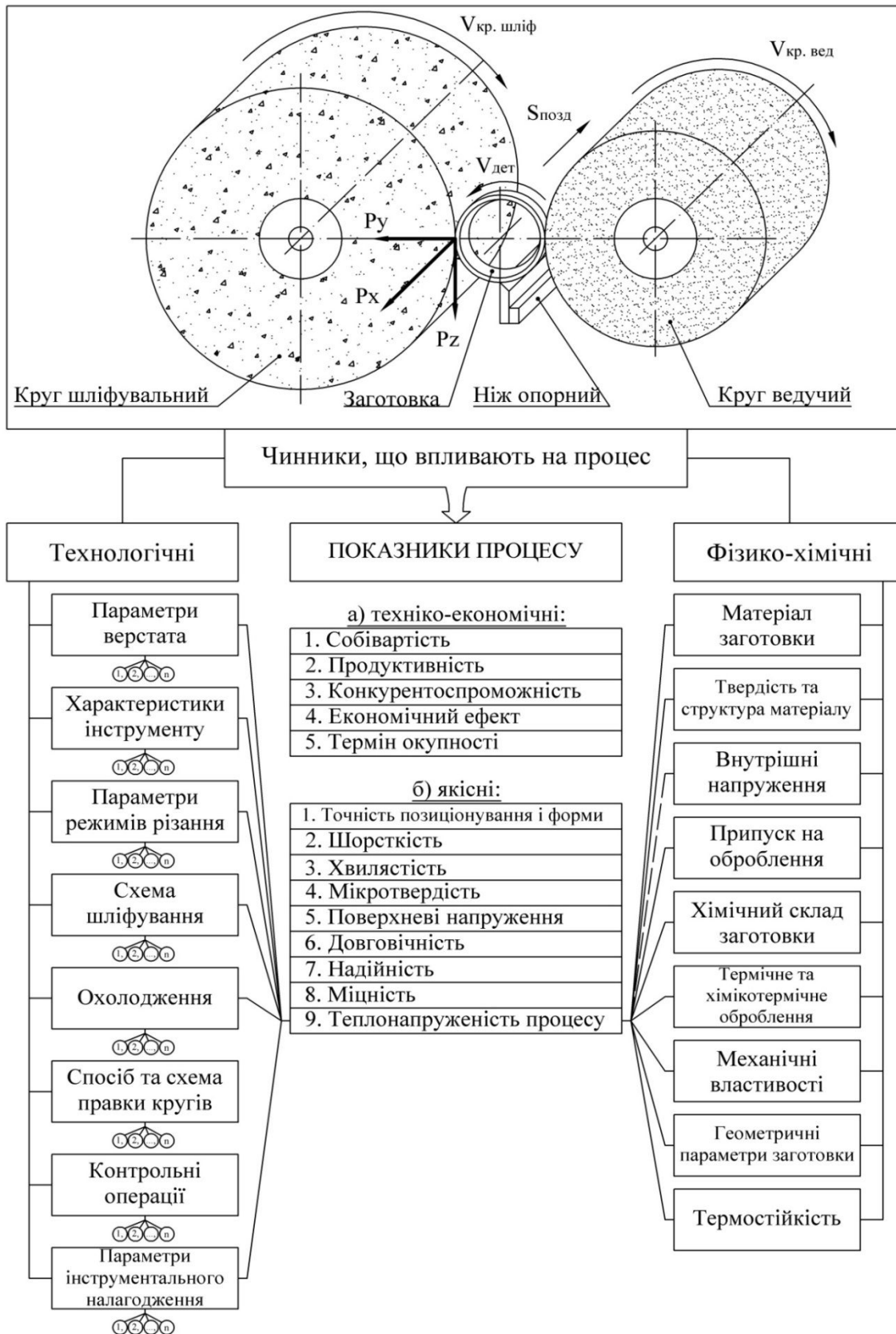


Рис. 1. Чинники та показники операцій шліфування кілець роликотідшипників

Переривчастий шліфувальний інструмент дозволяє рівномірно розподілити навантаження між ріжучими зернами, за рахунок цього зменшити питому витрату абразивного матеріалу, а також покращити якість шліфованої поверхні. Під час застосування переривчастого шліфування продуктивність визначається поточною ріжучою здатністю круга. Ріжучий інструмент руйнує на своєму шляху різномірно розміщені зерна металу; деякі з них, що мають відповідне орієнтування, зрізуються, інші відриваються, утворюючи найдрібніші тріщини в поверхневому шарі заготовки.

Згідно з експериментальними даними під час переривчастого шліфування сила різання та контактна температура менші, ніж під час оброблення суцільним шліфувальним кругом, а це дозволяє підвищити фізико-механічні характеристики поверхні заготовки, що призводить до підвищення втомної міцності на 8...12 % і збільшення мікротвердості на 15% заготовок зі сплавів типу ШХ.

Величина тангенціальної сили різання  $P_z$  характеризує роботу, затрачену на шліфування, практично вся робота, витрачена на різання, переходить у теплову енергію, яка, у свою чергу, визначає контактну температуру в зоні різання. Контактна температура – чинник, що визначає якість шліфованої поверхні, ймовірність виникнення припалів, а також знос і засалювання шліфувального круга. Отже, управління величиною тангенціальної сили різання є ефективним інструментом підвищення ефективності шліфування [4].

Будь-який режим роботи круга (затуплення, самозаточування) може призвести до збільшення середніх або миттєвих сил різання вище регламентованого значення, і як наслідок будуть виникати припали. Тому виникає необхідність розроблення заходів для управління середніми, і миттєвими величинами складових сил різання.

Управління процесом безцентрового шліфування за величиною складових сил різання може здійснюватися за рахунок застосування адаптивних систем, що визначають усі параметри процесу шліфування (сили різання, крутний момент, потужність різання, шорсткість заготовки, знос круга) у реальному часі. Адаптивна система витримує регламентовану силу різання за рахунок регулювання кінематичних співвідношень процесу, і тим самим, забезпечує якість шліфованої поверхні з максимальною продуктивністю.

Недоліками зазначених комплексів є:

- 1) високі витрати на модернізацію обладнання, які не завжди економічно доцільні;
- 2) подібні системи можуть застосовуватися тільки на верстатах з ЧПК;
- 3) інерційність, яка проявляється в тому, що система не може усунути негативний вплив динамічних факторів.

Шліфування з постійною силою притискання дозволяє витримувати температурний режим шліфування, що забезпечує відсутність фазово-структурних перетворень у поверхневому шарі заготовки. Чинником, що обмежує продуктивність шліфування, може служити ріжуча здатність шліфувального круга, що змінюється з часом під час затуплення або засалювання круга. Різальна здатність круга характеризується коефіцієнтом різальної здатності:

$$K = \frac{V_t}{P_y} \quad (1)$$

де  $V_t$  – швидкість зрізування припуску, м<sup>3</sup>/с;  $P_y$  – радіальна складова сили різання, Н.

Управління величиною сили різання під час цього здійснюється за рахунок встановлення гранично допустимої глибини різання на кожному проході [2, 5]. Це дозволяє найбільш повно використовувати ріжучі властивості ріжучого інструменту. Реалізація такого підходу, по-перше, вимагає проведення великої кількості експериментів, а галузь його застосування обмежується певними умовами проведення експериментів: типом обладнання, типом заготовки, характеристиками інструменту, діапазоном режимів оброблення, а по-друге, під час призначення оптимальних режимів оброблення на кожному проході не враховується теплонапруженість процесу.

Слід зазначити, що управління процесом безцентрового шліфування за величиною тангенціальної сили різання є перспективним способом усунення температурних дефектів і підвищення ефективності процесу в цілому. Створення шліфувального інструменту, що реалізує даний принцип управління процесом, може призвести до корисних практичних результатів та супроводжуватись значним економічним ефектом.

В основу системи адаптивного керування покладена кореляційна залежність між тангенціальною складовою сили різання  $P_z$  та температурою шліфування  $\theta$  для заданих значень технологічних параметрів і режимів різання. Керуючим чинником в процесі шліфування використовується частота обертання заготовки, яка залежить від частоти обертання ведучого круга  $V_{\text{вед}}$ . Зменшення частоти обертання деталі призводить до збільшення теплонапруженості в зоні різання заготовки, що супроводжується збільшенням тангенціальної сили різання  $P_z$ . (рис. 2).

Розроблено алгоритм оперативного визначення параметрів технологічної операції безцентрового шліфування кілець для прогнозування допустимої температури шліфування та розрахунку параметрів інструментального налагодження шліфувального автомата SASL5AD, використання якого, дало можливість підвищити технологічну гнучкість шліфувальних операцій в умовах переналагоджувального виробництва, підвищити продуктивність переналагоджувальних операцій та впровадити технологію бездефектного високопродуктивного безцентрового шліфування.

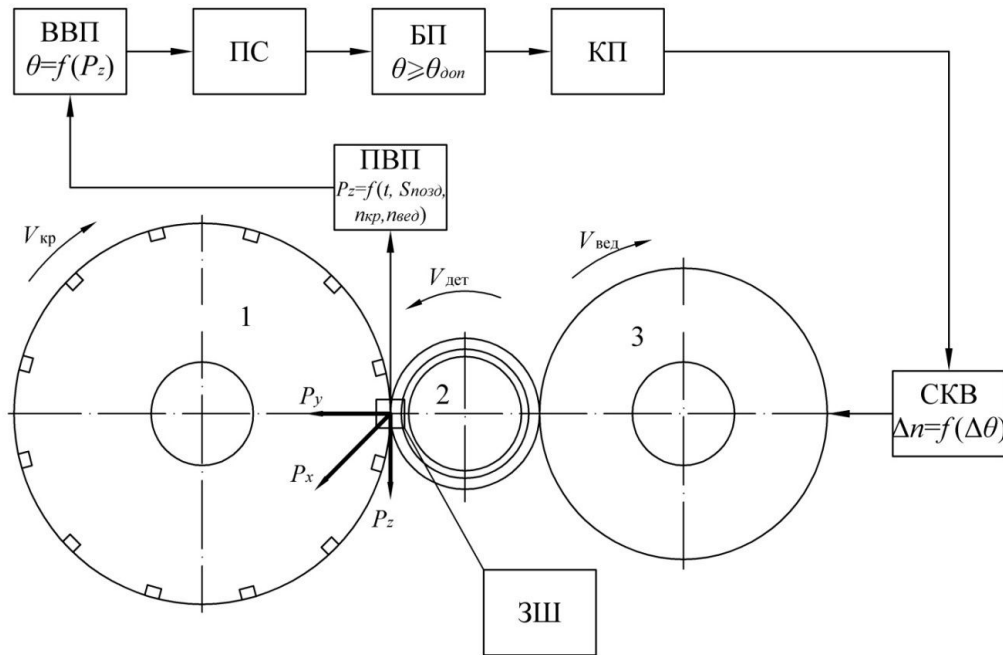


Рис. 2. Система адаптивного керування температурою шліфування на базі безцентрово-шліфувального верстату SASL5AD: 1 – шліфувальний круг; 2 – заготовка; 3 – ведучий круг; ЗШ – зона шліфування; ПВП – первинний вимірювальний перетворювач; ВВП – вторинний вимірювальний перетворювач; ПС – підсилювач сигналу; БП – блок порівняння; КП – керуючий прилад; СКВ – система керування верстату;  $\Delta n$  – зміна частоти обертання ведучого круга, яка необхідна для забезпечення необхідного значення тангенціальної сили  $\Delta P_z$ ;  $\Delta \theta$  – регульована температура

Коливання тангенціальної сили різання під час шліфування заготовки контролюється за допомогою електронної схеми та високочутливого ватметра, що підключені до приводу головного руху шліфувального верстата. Зміна тангенціальної сили різання супроводжується зміною реактивної потужності приводу головного руху шліфувального верстата, яка фіксується електронним давачем, після чого сигнал підсилюється і подається на схему керування частотою обертання ведучого круга верстата.

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень розроблена функціональна схема системи адаптивного керування процесом шліфування за величиною тангенціальної сили різання, що відповідає певному значенню температури в зоні шліфування, тобто можливо стверджувати, що розроблена система адаптивного керування шліфуванням за величиною допустимої температури, шорсткістю шліфованої поверхні з обмеженням за продуктивністю шліфування. Такий підхід дозволив створити технологію бездефектного оброблення кілець в умовах переналагоджувального підшипникового виробництва.

Застосування абразивного інструменту з переривчастою ріжучою поверхнею та різним значенням зернистості окремих секцій збірного шліфувального круга створює можливості для керування фізико-механічними можливостями шліфованої поверхні. Твердість поверхні після чистового шліфування рівна 58-62 одиниць HRC. Створені умови для бездефектного шліфування сплавів, що схильні до теплових дефектів.

1. Якимов О.В. Високопродуктивне шліфування / О.В. Якимов, Ф.В. Новиков. – К.: ІНТМ, 1995. – 180с.
2. Капустин Н.М. Точность обработки при бесцентровом шлифовании. / Н.М. Капустин // Вопросы точности в машиностроении. – М.: Машгиз, 1960, – С. 28 – 47.
3. Якимов А.В. Оптимизация процесса шлифования / А.В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1975. – 172 с.
4. Равенець Л.М. «Моделирование зв'язків конструкторсько-технологічних чинників з показниками технологічних операцій підшипникового виробництва» /В.І. Марчук, Л.М. Равенець, С.В. Марчук // Науковий журнал «Технологічні комплекси» Луцького НТУ № 2 (8) 2013.- С.86-90
5. Марчук В.І. Вплив режимів токарної обробки та діаметра заготовки на формування показників якості оброблених поверхонь / В.І. Марчук, В.Ю. Денисюк // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2004. – №1 (28). – С. 19–25.