

## ПОХОДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДЕФЕКТІВ ПІД ЧАС ШЛІФУВАННЯ ЗОВНІШНІХ КІЛЕЦЬ РОЛИКОПІДШИПНИКІВ

*Проведено аналіз існуючих розрахункових схем шліфування з позиції теплоутворення і встановлені шляхи технологічного керування теплонапруженістю процесу шліфування.*

*Встановлені технологічні особливості безцентрового шліфування на верстаті з горизонтальною лінією центрів та верстаті з нахилоною лінією центрів. Визначені параметри інструментального налагодження та режимів шліфування, що впливають на показники якості шліфованих поверхонь.*

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

*Проведен анализ существующих расчетных схем шлифования с позиции теплообразования и установлены пути технологического управления теплонапряженностью процесса шлифования.*

*Установлены технологические особенности бесцентрового шлифования на станке с горизонтальной линией центров и станке с наклонной линией центров. Определены параметры инструментальной настройки и режимов шлифования, влияющих на показатели качества шлифованных поверхностей.*

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

*The analysis of existing calculation schemes of grinding with the position of the heat generation and the ways of technological management calorific the grinding process.*

*Has technological features of centerless grinding machine with a horizontal line of centers and the machine tool with inclined line of centres. The parameters and instrumental setup of grinding conditions that affect the indicators of quality of grinding surfaces.*

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

Оскільки шліфувальні операції виконуються після термічного оброблення кілець, то особлива увага під час їх перебігу надається запобіганню виникнення температурних дефектів. Температурні дефекти, що виникають на шліфувальних операціях оброблення поверхонь обертання зовнішніх кілець роликотпідшипників не тільки негативно впливають на експлуатаційні властивості підшипника, як то довговічність, точність базування, зносостійкість, надійність, а й спричиняють значний вплив на подальші операції шліфування доріжки кочення кільця внаслідок дії принципу технологічної спадковості дефектів між операціями. До теплових дефектів під час шліфування відносяться припалення та мікротріщини.

Існує кілька видів припалень, які характерні для процесу шліфування [3]:

1. Поодинокі штрихові припалення внаслідок затуплення чи засалювання зерен, або попадання разом із ЗОР в зону різання шламу;
2. Подряпини по всій шліфованій поверхні, які пов'язані з нерівномірністю властивості матеріалу заготовки, порушенням режимів шліфування, недостатнім підведенням охолоджуючої рідини в зону різання, підвищеною твердістю інструменту, зносом або забрудненням інструменту;
3. Вібраційні подряпини і плями;
4. Плями і подряпини на окремих ділянках у зв'язку з порушенням припуску або геометричної точності заготовки;

Головною причиною виникнення припалення на шліфованій поверхні є збільшення контактної температури, що більша за значення температури під час якої виникають припалення на заготовці в деякій області зони різання, аналіз виробничих дефектів на безцентрово-шліфувальних операціях показав, що до 30% всіх дефектів кілець після шліфування відноситься до температурних.

Для прикладу, під час шліфування доріжки кочення кільця підшипника серії 7000 заготовка на безцентрово-шліфувальній операції на верстаті SASL5AD базується за допомогою попередньо обробленої зовнішньої циліндричної поверхні, тому неточності базування передаються на неточність оброблення внутрішньої доріжки кочення зовнішнього кільця (рис.1).

Процеси, які впливають на виникнення температурних дефектів наступні:

1. Властивості матеріалу заготовки;
2. Інтенсивність теплового джерела;

3. Швидкість руху теплового джерела;
4. Інтенсивність охолодження.

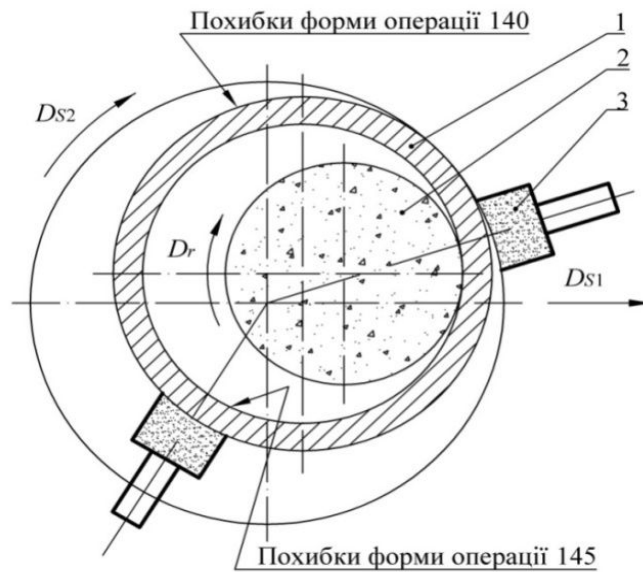


Рис. 1. Схема шліфування доріжки кочення кільця зовнішнього: 1 – заготовка кільця; 2 – головка шліфувальна; 3 – опори

Висока контактна температура в зоні різання під час шліфування є не тільки причиною виникнення припалення, але і головною причиною формування в поверхневому шарі заготовки залишкових напружень розтягування, які негативно впливають на втомну міцність деталей [1].

Найкращі для заготовки характеристики шліфувального круга (тип абразиву, зернистість, номер структури, тип зв'язки, твердість круга) можуть бути призначені у відповідності з численними рекомендаціями [1, 2, 5].

Одним із способів зменшення теплонапруженості процесу шліфування є застосування кругів з низькою твердістю. Такі круги працюють у режимі самозаточування, але мають великий розмірний знос, що призводить до збільшення часу, який витрачається на правку круга. Збільшення твердості круга призводить до того, що круг працює в режимі постійного затуплення, що з одного боку призводить до зниження параметрів шорсткості поверхні [1], а з іншого боку до збільшення тангенціальної сили різання під час зносу зерен і, як наслідок, до підвищення температури в зоні різання [4].

Перевагою шліфувальних кругів більшої твердості є їх висока розмірна стійкість, що є необхідною умовою під час оброблення з високою точністю. Необхідно розробити заходи, які дозволили б застосовувати круги більшої твердості та керувати теплонапруженістю за умови змінних режимів роботи круга під час оброблення сплавів, що схильні до виникнення теплових дефектів.

Матеріал абразивного зерна, твердість і зв'язка круга залежать від матеріалу заготовки, його твердості, а також швидкості обертання круга. Зернистість круга залежить від регламентованих параметрів шорсткості поверхні. В якості ЗОР під час шліфування може використовуватися рідке середовище, твердий мастильний матеріал або ЗОР у вигляді аерозолі. Вибір типу та марки ЗОР здійснюється у відповідності з рекомендаціями, наведеними в довідковій літературі [5]. Проте слід зазначити, що яка б ефективна ЗОР не застосовувалася, вона повністю не вирішує проблему забезпечення шліфування без припалень. [3].

В результаті аналізу робіт А.В. Якімова [1, 3], А.І. Спришевського [4] та ін. можна виділити чинники, які безпосередньо впливають на температуру в зоні різання (рис. 2).

В результаті аналізу існуючих досліджень визначено, що одним з найбільш ефективних способів подачі ЗОР під час безцентрового шліфування сплавів, схильних до теплових дефектів, є подача ЗОР через впадини переривчастого шліфувального круга [2]. Застосування кругів з переривчастою робочою поверхнею дозволяє подавати ЗОР до заготовки в момент переривання різання, знизити теплонапруженість процесу та зменшити ймовірність появи шліфувальних дефектів на поверхні заготовки.

Основними недоліками переривчастих шліфувальних кругів, що обмежують їх технологічні можливості є:

- 1) великий розмірний знос круга, коли робоча площа периферії менша, в порівнянні з суцільним кругом;

2) високий рівень вібрацій в технологічній системі;

3) деякі різновиди припалів, зазначені вище, не можуть бути усунуті за допомогою відомих переривчастих шліфувальних кругів, наприклад, припали, які зумовлені затупленням або нерівномірним зносом круга, вібраціями в технологічній системі, порушенням припуску або геометричної точності заготовки, неправильним вибором або порушенням режимів різання.

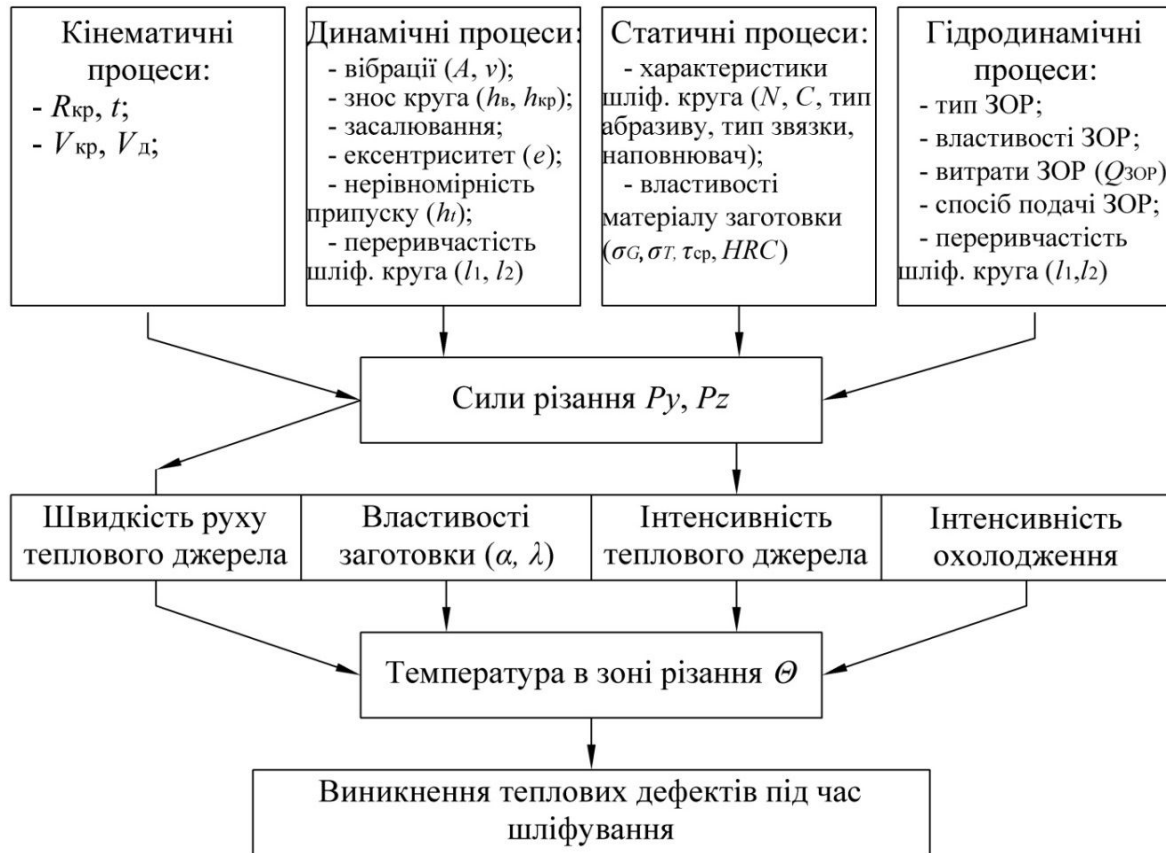


Рис. 2. Класифікація процесів, що впливають на виникнення теплових дефектів

Внаслідок великого розмірного зносу переривчастих кругів рекомендується призначати їх твердість на 2 ступені вище, а зернистість на одну ступінь менше, ніж у звичайних кругів. Збільшення твердості призводить до того, що шліфувальний круг буде працювати переважно в режимі затуплення, що може привести до появи дефектів шліфованої поверхні. Зменшення зернистості також призводить до збільшення теплонапруженості шліфування.

З вище сказаного випливає, що необхідно розробити заходи для усунення недоліків, які властиві для переривчастих кругів і тим самим розширити їхні технологічні можливості, на що і спрямована дана робота.

Розрахунок і проектування переривчастих шліфувальних кругів найбільш широко розглянуті в роботах А.В. Якімова [1], в яких наведено формули для визначення довжин виступів і впадин. Довжина впадини визначається при умові рідинного охолодження за наступною формулою:

$$l_2 = \frac{V_{кр} \cdot \lambda \cdot C \cdot \gamma \cdot 36}{\alpha^2} \quad (1)$$

де  $V_{кр}$  – швидкість обертання шліфувального круга, м/с;  $\lambda$  – коефіцієнт питомої теплопровідності заготовки, Вт/(м·°C);  $C$  – питома теплоємність заготовки, Дж/(кг·°C);  $\gamma$  – густина заготовки, кг/м<sup>3</sup>;  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup>·°C).

Під час аналізу літературних джерел за тематикою шліфування переривчастими кругами, виявлено, що недостатньо повно розглянуті питання, пов'язані з впливом динамічних чинників процесу на його ефективність. Під поняттям динамічних чинників процесу шліфування розуміємо наступне:

1. Нерівномірність припуску внаслідок хвилястості вихідної поверхні.
2. Нестабільність фізико-механічних властивостей матеріалу заготовки.
3. Зміна ріжучої здатності круга в наслідок його затуплення або засалювання.
4. Ексцентриситет і нерівномірний знос шліфувального круга.
5. Вібрації шліфувального круга та заготовки.

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Для подальшого вдосконалення високопродуктивного шліфувального інструменту під час оброблення сплавів типу ШХ, які схильні до виникнення теплових дефектів, а також для визначення раціональних режимів оброблення шліфувальним інструментом, необхідно визначити, яким чином кількісно впливають різні динамічні чинники на показники оброблення. Після цього, можна здійснювати керування процесом шліфування з метою підвищення його стабільності, ефективності та продуктивності.

На підставі аналізу літературних джерел та виробничого досвіду систематизовані основні напрямки зниження теплонапруженості процесу шліфування. Виявлено неоднозначний характер зміни температури шліфування від умов та режимів оброблення, що вказує на більш складний характер температуроутворення в процесі механічного оброблення, ніж це вважалося на практиці. Проведено аналіз існуючих розрахункових схем шліфування з позиції теплоутворення і встановлені шляхи технологічного керування теплонапруженістю процесу шліфування. Доведено, що ефективним методом зниження теплонапруженості є застосування шліфування переривчастим абразивним інструментом, однак конструктивні параметри та характеристики переривчастих кругів для безцентрового шліфування мають визначатись за результатами теоретичних та експериментальних досліджень. Встановлені технологічні особливості безцентрового шліфування на верстаті з горизонтальною лінією центрів та верстаті з нахиленою лінією центрів.

Визначені параметри інструментального налагодження та режимів шліфування, що впливають на показники якості шліфованих поверхонь та на техніко-економічні показники технологічної операції. Встановлено, що 30% від загальної кількості дефектів, що виникають на безцентрово-шліфувальних операціях є наслідком перевищення температури в зоні шліфування, а причинами виникнення температурних дефектів є невідповідність режимів різання та не прогнозованість умов оброблення деталей у зв'язку з чинником безноменклатурності виробництва.

1. Якимов О.В. Високопродуктивне шліфування / О.В. Якимов, Ф.В. Новиков. – К.: ІНТМ, 1995. – 180с.

2. Равенець Л.М. «До моделювання процесу безцентрового шліфування доріжок кочення внутрішніх кілець роликотіпшипників»/ В.І. Марчук, Л.М. Равенець // Збірник наукових праць, присвячений 90-річчю з дня народження професора Одеського національного політехнічного університету, Якімова О.В. м. Одеса, ОНПУ, 2015. - С.231-237

3. Якимов А.В. Оптимизация процесса шлифования / А.В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1975. – 172 с.

4. Спришевский А.И. «Подшипники качения» / А.И. Спришевский - М.: Машиностроение, 1968. – 632 с.

5. Справочник технолога №2. // под редакцией Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1986. – 495 с.