

УДК 621.822:681

В.В. Пташенчук, канд. техн. наук, старш. викл.,
С.А. Мороз, канд. техн. наук, старш. викл.
Луцький національний технічний університет, Україна
Тел./Факс:; +38 (099) 7541706; E-mail: ptashenchuk@i.ua

АДАПТИВНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ КІЛЕЦЬ РОЛИКОПІДШИПНИКІВ НА ОПЕРАЦІЯХ ТОРЦЕШЛІФУВАННЯ

Розглядається питання стабілізації якості поверхневого шару кілець роликотідишпників при плоскому шліфуванні на двосторонньому торцешліфовальному автоматі 3344AE за рахунок підтримання потужності, яка затрачається в процесі різання на заданому рівні.

Ключові слова: шліфування, потужність, теплонапруженість, стабілізація.

Вступ

Питання керування якістю поверхневого шару деталей машин при шліфуванні залишаються актуальною проблемою сучасного виробництва. Від 2 до 5% деталей, що мають високу точність після шліфування, ідуть в брак [1]. Причина - приховані від ока припалювання і мікротріщини, що виникають при обробленні металів і сплавів абразивними інструментами під впливом високих температур у зоні різання. Особливо актуальними питання зниження теплонапруженості процесу шліфування являється при обробленні плоских поверхонь, який супроводжується високими контактними температурами внаслідок значної площі контакту круга з заготовкою та появі теплових дефектів. Як наслідок, довговічність підшипників знижується в 3-4 рази [2], зубчастих коліс – у 5-8 разів [5]. Результати статистичних досліджень діючого підшипникового виробництва на АТ „СКФ Україна“ (публічне), що в складі корпорації SKF (Гетебор, Швеція) показали, що шліфувальні операції на двосторонніх безцентрово-шліфувальних автоматах типу 3344AE в технологічному циклі формоутворення кілець роликотідишпників супроводжуються значною кількістю бракованих деталей внаслідок припалювань поверхонь після оброблення та зниження мікротвердості.

Аналіз останніх досліджень

Технологічному процесу шліфування торців кілець роликотідишпників присвячені праці В.М. Сухарєва, А.С. Денисова, С.С. Шахновського, які займалися проблемами забезпечення високої якості торців кілець підшипників на операціях торце-шліфування. Однак, є невирішеною проблема нерівномірного та підвищеного зношення абразиву, стабілізації різальної здатності, уникнення припалювань та мікротріщин поверхневих шарів деталей зумовлених підвищеними температурами внаслідок безперервності процесу різання, нерівномірності припуску на оброблення.

Мета дослідження

Встановити взаємозв'язок між теплосиловою напруженістю процесу різання та потужністю, що затрачається в процесі шліфування кілець роликотідишпників на двосторонньому торцешліфовальному автоматі 3344AE та на їх основі розробити адаптивну систему управління якістю оброблення.

Основна частина

На сучасному етапі виробництва в підшипниковій промисловості для оброблення торцевих поверхонь кілець роликотідшипників використовуються двосторонні торцешліфувальні автомати типу САЗМ, 3344АЕ, які забезпечують високу продуктивність та достатню розмірну точність. Однак, при цьому є невирішеною проблема забезпечення заданих фізико-механічних властивостей поверхневого шару кілець, що проявляється в зниженні мікротвердості та появі припалювань. Стабілізувати якість поверхневого шару деталей можна за рахунок підтримання потужності, яка затрачається при різанні на постійному рівні. Реалізувати таку методику шліфування можливо при використанні шліфувальних кругів з переривчатою робочою поверхнею, які працюють в режимі самозаточення та застосуванні адаптивної системи управління (АСУ) [5].

Використання адаптивної системи управління на операціях торцешліфування є неодмінною умовою для забезпечення високої продуктивності та заданої якості, які взаємопов'язані та гранично-встановні. Розглянувши технологічні фактори впливу на операційну точність та теплонапруженість процесу плоского шліфування торцевих поверхонь кілець роликотідшипників [1,2] встановлено, що основним збуренням є припуск на оброблення, який формується на заготівельних токарних операціях та коливається в межах $0,3 \pm 0,05$ мм і є малопрогнозованим. Враховуючи той факт, що в зоні оброблення знаходиться значна кількість деталей (8-15 кілець, залежно від типорозміру роликотідшипника) навіть незначна зміна припуску призведе до значної зміни теплосилової напруженості процесу різання. Тому використання переривчатого шліфування з використанням АСУ дозволить запобігти появі бракованих деталей шляхом контролювання заданого температурного режиму поверхневого шару деталі, зношення абразивів та проведення автоматичної правки кругів.

Принцип роботи АСУ полягає в тому, що електричний сигнал, який пропорційний потужності шліфування надходить від електродвигунів приводу шліфувальних кругів в електронний блок, що здійснює порівняння контрольованої величини та управління виконавчим механізмом. Зростання потужності шліфування за межі допустимо-встановленого значення викликає включення виконавчого механізму АСУ, який зменшує швидкість подачі деталі в зону оброблення, знижуючи тим самим теплонапруженість процесу різання. При зменшенні потужності різання нижче гранично-допустимого значення АСУ буде збільшувати швидкість подачі деталі, забезпечуючи тим самим підтримання потужності шліфування на заданому рівні.

Для математичного опису роботи АСУ на операціях безцентрового торцешліфування розглянемо схему зусиль, що виникають в процесі різання (рис. 1) [2]. Потужність P , яка затрачається на різання, складається з потужностей, що затрачаються на шліфування бокових поверхонь правого P_1 та лівого P_2 торців кільця роликотідшипника:

$$P = P_1 + P_2 \quad (1)$$

$$P_1 = F_{z1} \cdot V_{pi3} \quad (2)$$

$$P_2 = F_{z2} \cdot V_{pi3} \quad (3)$$

де: F_{z1}, F_{z2} - тангенційні складові сили різання правого та лівого торця кільця роликотідшипника; V_{pi3} - швидкість різання.

Різниця тангенційних складових сил різання визначає різницю потужностей лівого та правого шліфувального круга:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = V_{\text{пш}} (F_{z1} - F_{z2}) \quad (4)$$

Особливістю шліфування кілець роликотішипників полягає в тому, що площа бокових поверхонь правого та лівого торця кільця підшипника мають різні значення, тому тангенційні складові сил різання будуть різнитися на величину коефіцієнта пропорційності k , що дає змогу проводити контроль по найбільш навантаженому торцю з точки зору теплосилового впливу.

Тангенційні складові сил різання рівні [4]:

$$F_{z1} = k_1 \cdot F_{y1} \quad (5)$$

$$F_{z2} = k_2 \cdot F_{y2} \quad (6)$$

де: $F_{y1}; F_{y2}$ - нормальні складові сили різання правого та лівого торця кільця; k_1, k_2 - коефіцієнти пропорційності.

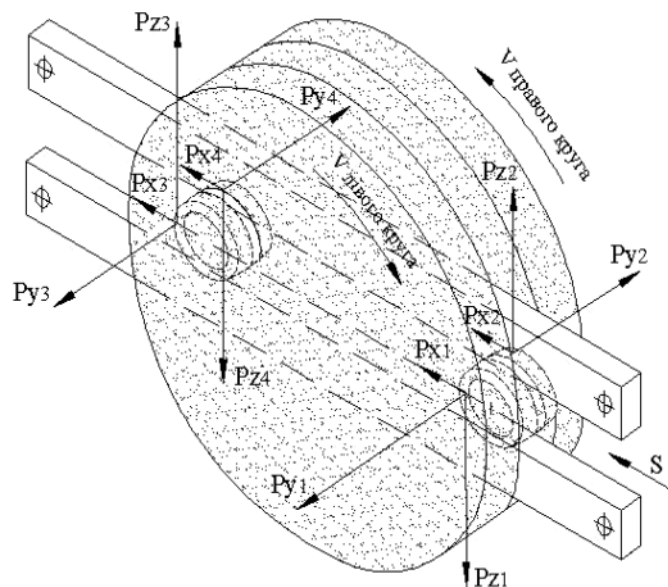


Рис. 1. Схема зусиль, що виникають в процесі шліфування на двосторонньому торцешліфувальному автоматі 3344AE: P_{x1}, P_{y1}, P_{z1} – для лівого шліфувального круга і P_{x2}, P_{y2}, P_{z2} – для правого, де P_{x1} і P_{x2} – осьові сили, які діють в площині шліфування в напрямку подачі; P_{y1} і P_{y2} – нормальні зусилля, які діють в площині, перпендикулярній площині шліфування; P_{z1} і P_{z2} – тангенційні складові сили, які діють в площині шліфування перпендикулярно до напрямку подачі

Максимальне значення температури в поверхневому шарі деталі на глибині δ від поверхні можна визначити за формулою [5]:

$$T_{\delta, \max} = T_{0, \max} \left(1 - 0.5 \sqrt{\frac{V}{ah}} \cdot \delta \right). \quad (7)$$

де: $T_{\delta, \max}$ - максимальне значення температури в поверхневому шарі деталі на відстані δ від поверхні; $T_{0, \max}$ - максимальне значення контактної температури на оброблюваній поверхні; V – швидкість переміщення теплового джерела (деталі); α - коефіцієнт теплопровідності; h – напівширина теплового джерела в напрямі вектора швидкості; δ - відстань від поверхні деталі.

Максимальну температуру на поверхні деталі можна визначити за наступною формулою [5]:

$$T_{0,\max} = \frac{1.47P}{\lambda S} \cdot \sqrt{\frac{V}{ah}}, \quad (8)$$

де: λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу деталі; S - площа торця кільця.

Підставивши (8) в (7) отримаємо:

$$T_{\delta,\max} = \frac{1.47P}{\lambda S} \cdot \sqrt{\frac{V}{ah}} \cdot \left(1 - 0.5\sqrt{\frac{V}{ah}} \cdot \delta\right). \quad (9)$$

Тоді допустиму потужність різання при шліфуванні кілець роликотідшипників на торцешліфувальних автоматах можна знайти за формулою:

$$[P] = \frac{T_{\delta,\max} \cdot \lambda \cdot S}{0,75 \cdot \left(2\sqrt{\frac{ah}{V}} - \delta\right)}. \quad (10)$$

Схема адаптивної системи управління якістю поверхневого шару при плоскому торцешліфуванні зображена на рис. 2.

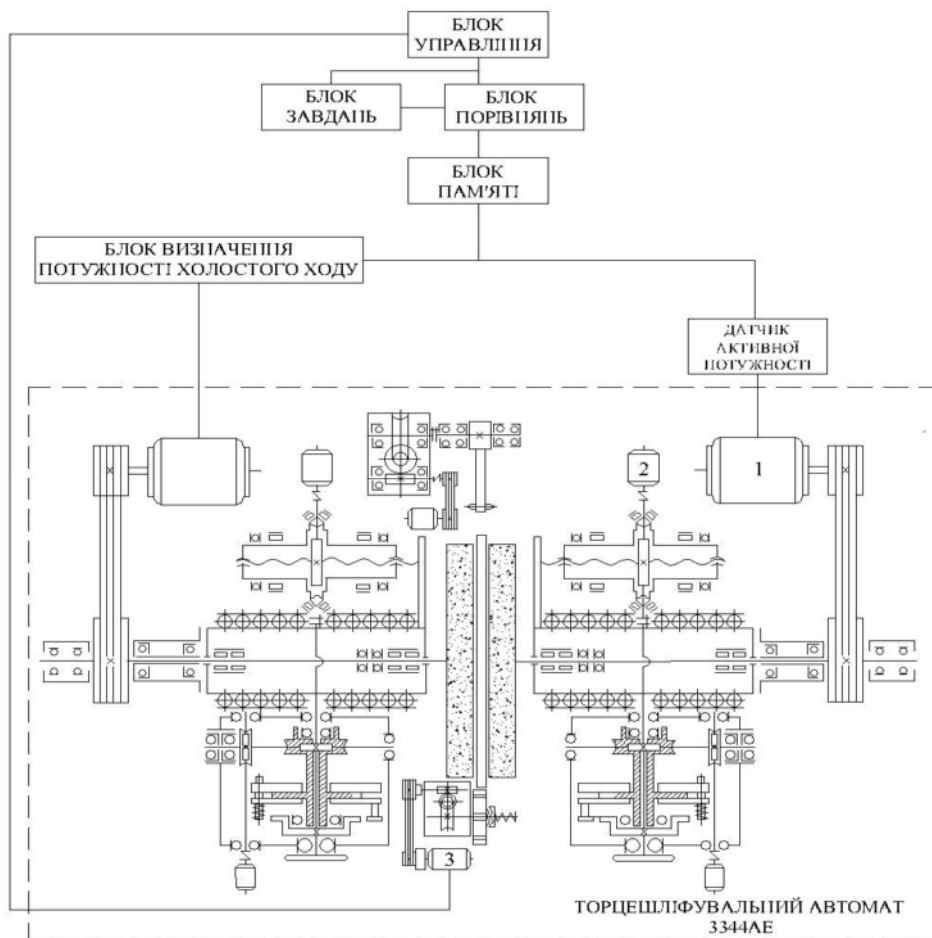


Рис. 2. Блок - схема адаптивної системи управління якістю оброблення:
 1 – електродвигун механізму приводу шліфувального круга; 2 – електродвигун приводу механізму подачі шліфувального круга; 3 – електродвигун приводу механізму подачі деталей

Алгоритм роботи і рекомендації

Робота адаптивної системи управління відбувається згідно алгоритму, зображеного на рис. 3. В блоці умов встановлюються величини допустимого рівня потужності різання та мінімальна швидкість подачі деталі. Проходить порівняння заданих величин потужності з дійсним значенням, яке знімається з двигуна електропривода датчиком визначення потужності. Величина електричного сигналу, що пропорційна потужності шліфування потрапляє в блок керування. Підтримання потужності шліфування на заданому рівні дозволяє стабілізувати якість поверхневого шару при шліфуванні.

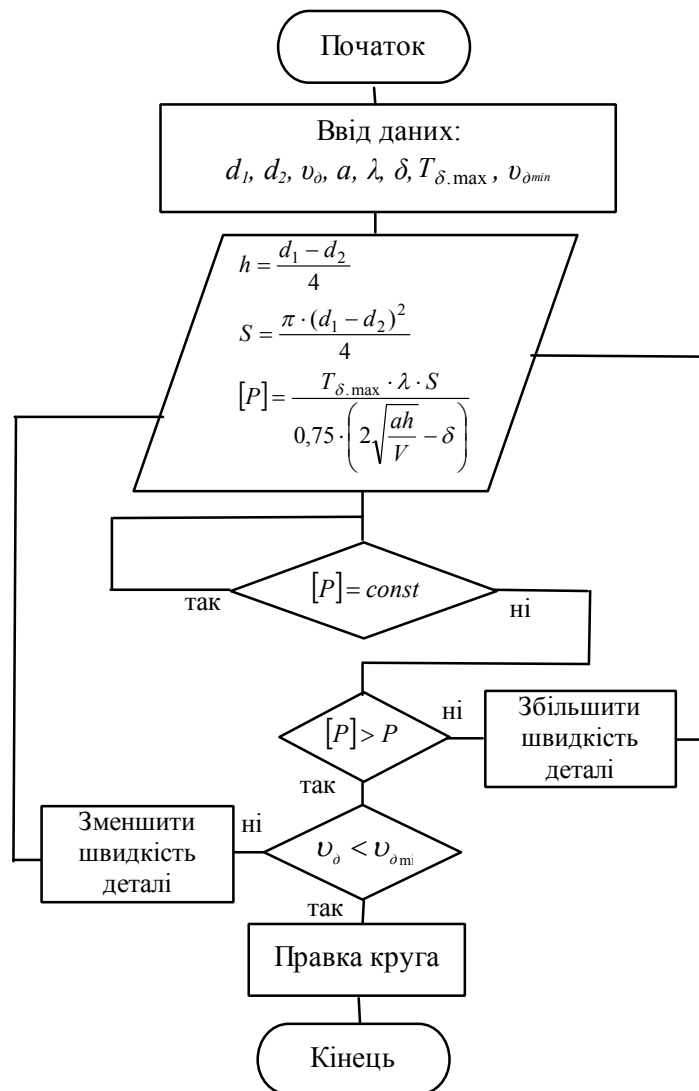


Рис. 3. Алгоритм роботи АСУ

Пропонована АСУ окрім підтримання заданого температурного діапазону поверхневого шару в процесі оброблення дає змогу проводити правку шліфувальних кругів по мірі їх зношення. Для цього необхідно попередньо встановити мінімальну швидкість подачі деталі в зону різання та проводити порівняння дійсного та встановленого значення швидкості руху деталі. Неважко передбачити, що умова $v_0 < v_{0min}$

при P [P] відобразатиме процес затуплення та засолення шліфувального круга. В такому випадку подається команда на правку. Слід зауважити, що ефективність функціонування запропонованої АСУ в значній мірі залежить від того, наскільки раціонально підібрана величина параметра v_{min} , оскільки завищення цього параметра призведе до зростання числа правок шліфувального круга а заниження до зростання часу на оброблення партії деталей.

Висновки

Проведені дослідження взаємозв'язків теплосилової напруженості процесу різання з врахуванням особливостей процесу оброблення кілець роликотідшипників на операціях безцентрового торцешліфування на основі яких:

1. Встановлено взаємозв'язок температури поверхневого шару з режимними параметрами процесу різання, геометричними параметрами кілець роликотідшипників та потужністю різання, що особливо актуально при забезпеченні високої якості і продуктивності процесу в умовах широкономенклатурного переналагоджувального виробництва.

2. Розроблено алгоритм роботи адаптивної системи управління якістю оброблення кілець роликотідшипників на операціях безцентрового торцешліфування, який враховує нерівномірність величини припуску на оброблення та дає змогу проводити автоматичну правку шліфувальних кругів по мірі їх затуплення.

Список літератури:

1. Марчук В.І. Технологічні фактори впливу на операційну точність та теплонапруженість процесу плоского шліфування торцевих поверхонь кілець роликотідшипників / В.І. Марчук, В.В. Пташенчук // Вісник СевНТУ. Машиноприладобудування і транспорт: зб. наук. пр. – 2010. – Вип. 107. – С. 144-147.

2. Марчук В.І. Встановлення зв'язків між технологічними чинниками торцешліфувальної операції і параметрами точності кілець підшипників / В.І. Марчук, В.В. Пташенчук // Машиностроение и техносфера XXI века: сб. трудов XVI междунар. научн. – техн. конф. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – Т. 2. – С. 222–227.

3. Марчук В.І. Технологічне забезпечення точності процесу торцешліфування кілець роликотідшипників / В.І. Марчук, В.В. Пташенчук // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо и энергозбережении: міжнар. наук. – техн. конф., (9 – 10 верес. 2010 р.): тези доп. – К., 2010. – С. 86–89.

4. Сухарев В.М. Двустороннее шлифование / В.М. Сухарев. – К.: Техника, 1976. – 80 с.

5. Якимов А.А. Основы теории обеспечения и стабилизации качества поверхностного слоя при прерывистом шлифовании зубчатых колес / А.А. Якимов. – Одесса: ОГПУ, 1997. – 212 с.

Надійшла до редакції 31.01.2013.

В.В. Пташенчук, С.А. Мороз АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ КОЛЕЦ РОЛИКОПОДШИПНИКОВ

Рассматривается вопрос стабилизации качества поверхностного слоя деталей при плоском шлифовании за счет поддержания мощности резания на заданном уровне.

Ключевые слова: *шлифование, мощность, качество, стабилизация.*

V. Ptashenchuk, S. Moroz ADAPTIVE QUALITY CONTROL SYSTEM FOR SURFACE LAYER ROLLER RACE

The paper considers the question of stabilization of surface layer of parts in surface grinding by maintaining cutting power at a given the level.

Key words: *grinding, quality, power, stabilization.*