

*Анділахай В. О.*  
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»,  
м. Маріуполь, Україна  
*Новіков Д. Ф., Новіков Ф. В.*  
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця,  
м. Харків, Україна  
*Анділахай О. О.*  
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»,  
м. Маріуполь, Україна

## **ОБРОБКА ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ЦИЛИНДРІВ**

Шліфування робочих поверхонь циліндрів абразивними інструментами на м'якій основі потребує виконання особливих умов обробки, що забезпечують не тільки необхідну шорсткість поверхні але і напрямок оброблювальних рисок. Для цього проведений аналіз формування поверхні і визначені умови інтенсифікації процесу шліфування з урахуванням вимог по шорсткості обробленої поверхні. Попередньо проведемо спрощений аналіз, заснований на геометричному поданні шорсткого шару обробленої поверхні без урахування імовірнісного характеру участі абразивних зерен в різанні. Це дозволить більш повно і в системному вигляді розкрити закономірності утворення шорсткості поверхні при шліфуванні [1, 2].

Мета роботи - обґрунтування оптимальних умов шліфування м'якими абразивними інструментами з урахуванням отримання найкращої шорсткості поверхні та найкращих експлуатаційних характеристик зазначених виробів.

Традиційно остаточно обробка внутрішньої поверхні гідро- або пневмоциліндра здійснюється абразивним кругом з паралельними осями обертання абразивного круга і циліндра. В результаті чого оброблювальні риси не співпадають з напрямом поступального руху поршня уздовж твірної отвору, що приводить до інтенсивного зношування ущільнень поршня.

В той же час поширеним є спосіб фінішної обробки внутрішньої поверхні гідро- або пневмоциліндрів хонінгуванням.

Зазначений спосіб полягає в зворотньо-поступальному русі абразивних брусків уздовж твірної отвору, при одночасному обертанні і поступальному русі вздовж осі хонінгувальної головки або оброблюваного отвору, однак цей спосіб характеризується низькою продуктивністю, отже, високою трудомісткістю обробки отворів. Причиною низької продуктивності є зворотно-поступальний рух інструмента, який в кожен зворотній хід знижує швидкість до нуля, тобто проходить через "крайні мертві точки". Разом з тим в результаті складання зворотньо-поступального руху абразивних брусків уздовж твірної отвору і одночасного обертання хонінгувальної головки або оброблюваного отвору утворюються оброблювальні риси, спрямовані під кутом до осі отвору, що і в цьому випадку викликає підвищений знос ущільнень поршня.

Спосіб, що розглядається, є подальшим удосконаленням способу, в якому фінішна обробка внутрішньої поверхні гідро- і пневмоциліндрів здійснюється завдяки одночасному обертанню оброблюваного циліндра і абразивного круга, вісь якого розташовують перпендикулярно до осі обертання циліндра, при цьому вектор швидкості абразивного круга в зоні обробки спрямований уздовж твірної оброблюваного циліндра, при цьому здійснюється поступальний рух абразивного круга вздовж осі циліндра, завдяки чому здійснюється обробка по всій довжині циліндра (див. корисна модель патент України № 125568 МПК В23Q 15/02 (2006.01)).

Недоліком такого способу є те, що незважаючи на напрямок обертання абразивного круга в зоні обробки уздовж твірної циліндра, в процесі обробки оброблювальні риси, тобто сліди, які утворюються від впливу абразивного круга, спрямовані не вздовж утворюючої оброблюваного циліндра, а під деяким кутом по відношенню до утворюючої оброблюваного отвору. Це пояснюється тим, що напрямок оброблювальних рисок є результуючою складання двох векторів: вектора швидкості обертання оброблюваного циліндра і вектора швидкості абразивного круга вздовж осі циліндра.

Оскільки в процесі експлуатації (гідро-) пневмоциліндра поршень переміщується в осьовому напрямку, тобто вздовж утворюючої, а оброблювальні риси розташовані під деяким кутом, останні піддають ущільненню поршня підвищеному зносу, що негативно позначається на працездатності (гідро-) пневмоциліндра при його подальшій експлуатації.

У зазначеному способі фінішна обробка здійснюється після розточування на токарному або розточувальному верстатах. При подальшому внутрішньому шліфуванні через обертання циліндра оброблювальні риси не збігаються за напрямком з напрямком руху поршня. При цьому чим більше продуктивність обробки, тим більше кут між напрямком оброблювальних рисок і утворюючої циліндричної поверхні. Це пояснюється тим, що для збільшення продуктивності обробки необхідно збільшити частоту обертання оброблюваного циліндра, а це призведе до збільшення кута між напрямком оброблювальних рисок і утворюючої циліндра.

Таким чином, недосконалість згаданих способів полягає в тому, що і хонінгування, і внутрішнє шліфування не забезпечують збіг напрямку оброблювальних рисок і напрямку утворюючої циліндричної поверхні, а також обмежують продуктивність обробки.

У зв'язку з вищенаведеним виникла задача - удосконалити спосіб обробки внутрішніх поверхонь циліндрів, в якому за рахунок зміни умов шліфування досягається підвищення продуктивності обробки та якості оброблюваної поверхні.

Для вирішення поставленої задачі в способі обробки внутрішньої поверхні циліндрів, що містить розточування внутрішньої поверхні циліндра з подальшим шліфуванням абразивним кругом, при шліфуванні вісь абразивного круга розташовують під кутом  $\alpha$  відносно вектора швидкості обертання циліндра (деталі), що визначається залежністю:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{V_{дет}}{V_{абр.кр.}}\right),$$

де  $V_{дет}$  – вектор швидкості оброблюваної деталі (циліндра) в зоні обробки, м/с;  
 $V_{абр.кр.}$  – вектор швидкості периферії абразивного круга, м/с.

Суть моделі пояснюється рис. 1, де представлені абразивний круг 1 і оброблюваний циліндр 2.

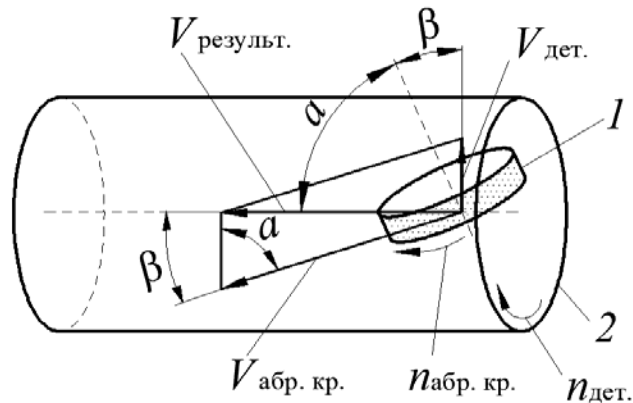


Рисунок 1 – Схема розташування векторів при шліфуванні отвору циліндра

Вектор швидкості оброблюваної деталі  $V_{дет.}$  спрямований вгору, по дотичній до циліндричної поверхні, вектор швидкості абразивного круга  $V_{абр.кр.}$  повернутий на кут  $\beta$  щодо утворюючої циліндра 2, завдяки чому результуючий вектор швидкості отримує напрямок уздовж утворюючої циліндричної поверхні. Таким чином, в результаті складання швидкостей оброблювальні риси одержують направлення уздовж осі циліндра.

Вектор швидкості подачі абразивного круга спрямований уздовж осі циліндра і на 5 порядків менше швидкості абразивного круга, тому не впливає на напрямок оброблювальних рисок.

Відповідно до розрахункової схеми, кут  $\beta$  нахилу осі абразивного круга відносно вертикалі забезпечує отримання результуючої двох векторів: вектора швидкості абразивного круга  $V_{абр.кр.}$  і вектора швидкості обертання деталі (циліндра)  $V_{дет.}$ . Кут  $\beta$  визначається наступною залежністю:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{V_{дет}}{V_{абр.кр.}}\right)$$

З розрахункової схеми впливає, що кути  $\alpha$ , рівні, тому що мають сторони зі взаємно перпендикулярними сторонами, тоді кут  $\alpha$  між віссю циліндра (результуючої паралелограма) і віссю абразивного круга визначається наступною залежністю:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{V_{дет}}{V_{абр.кр.}}\right), \quad (1)$$

де  $V_{дет}$  – вектор швидкості оброблюваної деталі (циліндра) в зоні обробки, м/с;  
 рекомендована швидкість оброблюваної деталі (циліндра) – 10 м/с;

$V_{абр.кр.}$  – вектор швидкості периферії абразивного круга, м/с; рекомендована швидкість абразивного круга – 35 м/с.

Для забезпечення поздовжнього напрямку оброблювальних рисок напрямком обертання абразивного круга на вигляді зверху і оброблюваного циліндра (деталі) на вигляді зліва (в торець) має бути однаковим, тобто обидва за годинниковою стрілкою або обидва проти годинникової стрілки.

Приклад конкретного виконання.

При зазначених швидкостях абразивного круга 35 м/с і оброблюваного циліндра 10 м/с кут нахилу осі абразивного круга відносно осі циліндра, що забезпечує поздовжню орієнтацію оброблювальних рисок, складає:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{10}{35}\right) = 75^\circ.$$

З іншого боку, при обробці шліфувальною головкою з іншим кутом нахилу, наприклад, при використанні шліфувального пристрою з кутом нахилу осі обертання шпинделя, рівним  $60^\circ$ , і частотою обертання шпинделя 2800 об./хв, що відповідає швидкості 35 м/с, необхідно для суміщення напрямку оброблювальних рисок з утворюючою циліндра визначити відповідно до запропонованої залежності (1) частоту обертання оброблюваного циліндра.

Після підстановки в формулу (1):

$$60^\circ = \arccos\left(\frac{V_{цил}}{35}\right),$$

отримаємо

$$\cos 60^\circ = \frac{1}{2} = \frac{V_{цил}}{35};$$

звідки

$$V_{цил} = \frac{35}{2} = 17,5 \text{ м / с}.$$

Наведений приклад показує, що при збереженні напрямку оброблювальних рисок уздовж осі циліндра зі зменшенням кута нахилу осі абразивного круга відносно осі циліндра швидкість обертання деталі (циліндра) збільшується, отже, збільшується і продуктивність обробки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Анділахай В. О. Підвищення ефективності шліфування наплавлених контактних поверхонь великогабаритних деталей металургійного призначення: автореф. дис. ... канд. техн. наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування / В. О. Анділахай. – Маріуполь: ДВНЗ “Приазовський державний технічний університет”, 2011. – 21 с.
2. Анділахай А. А. Высокоэффективные технологии абразивной обработки деталей затопленными струями // Современные технологии и техническое перевооружение предприятий : монография / Ф. В. Новиков, В. А. Жовтобрюх, А. А. Анділахай, Д. Ф. Новиков, В. И. Полянский. – Днепр : ЛИРА, 2018. – 400 с.; С. 182–266.