

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРИВОДІВ ХОНІНГУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА ПРИ ОЗДОБЛЮВАЛЬНІЙ ОБРОБЦІ ГІЛЬЗ МУЛЬТИПЛІКАТОРІВ ГІДРОРІЗНОГО ОБЛАДНАННЯ

Федотьева Л. П.

Виявлені основні причини виходу з ладу порожнин гільзи мультиплікатора: деформація, корозія, знос або пошкодження окремих деталей, що призводять до надмірного збільшення витоків робочої рідини. Найвідповідальнішою операцією при виготовленні гільз мультиплікаторів, яка безпосередньо впливає на працездатність і довговічність як самої гільзи, так і всього мультиплікатора є хонінгувальна операція. Проаналізовані причини виникнення нерівномірності куту нахилу сітки слідів хонголівки. Наведені результати моделювання процесу хонінгування (траєкторії руху абразивного зерна) при зміні середньої кутової швидкості обертання шпинделя. Наявність у кінематичному ланцюгу передач і елементів, що не дають гарантію точного відтворення запрограмованої траєкторії унеможливує якісну обробку при хонінгуванні поверхонь гільз мультиплікаторів і, тим самим, знижує їх ресурс роботи при жорстких умовах експлуатації. Найперспективнішим варіантом конструктивного рішення цієї проблеми є використання системи ЧПК із зворотнім зв'язком для точного відтворення закону руху абразивних часток.

Выявлены основные причины выхода из строя полостей гильзы мультипликатора: деформация, коррозия, износ или повреждения отдельных деталей, приводящие к чрезмерному увеличению утечек рабочей жидкости. Ответственной операцией при изготовлении гильз мультипликаторов, которая непосредственно влияет на работоспособность и долговечность, как самой гильзы, так и всего мультипликатора является хонинговальная операция. Проанализированы причины возникновения неравномерности угла наклона сетки следов хонинговальной головки. Приведены результаты моделирования процесса хонингования (траектории движения абразивного зерна) при изменении средней угловой скорости вращения шпинделя. Наличие в кинематической цепи передач и элементов, которые не дают гарантию точного воспроизведения программируемой траектории исключает качественную обработку при хонинговании поверхностей гильз мультипликаторов и, тем самым, снижает их ресурс работы при жестких условиях эксплуатации. Перспективным вариантом конструктивного решения этой проблемы является использование системы ЧПУ с обратной связью для точного воспроизведения закона движения абразивных частиц.

Identified the main causes of failure of cavities sleeve multiplier: deformation, corrosion, wear or damage to individual components, leading to excessive leakage of the working fluid. Responsible operation in the manufacture of shells multipliers, which directly affect the performance and durability of both the sleeve and the entire multiplier is honing operation. Analyzed the causes of uneven angle set matches traces honing head. The results of the modeling process of honing (directional abrasive grain) when the average angular velocity of rotation of the spindle. Due to the kinematic chain of transmission elements, and which do not give a guarantee accurate reproduction of programmed path excludes quality honing processing at multipliers and the surface of the liner, thus reducing their operating life under severe operating conditions. Promising option for a constructive solution to this problem is the use of the control system with feedback for accurate reproduction of the law of motion of the abrasive particles.

Федотьева Л. П.

канд. техн. наук, доц. КрНУ
fan450@yandex.ru

КрНУ – Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, м. Кременчук.

УДК 621.9: 62-96

Федотьева Л. П.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРИВОДІВ ХОНІНГУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА ПРИ ОЗДОБЛЮВАЛЬНІЙ ОБРОБЦІ ГІЛЬЗ МУЛЬТИПЛІКАТОРІВ ГІДРОРІЗНОГО ОБЛАДНАННЯ

Найбільш складний модуль гідрорізного обладнання – привод головного руху і, зокрема, система високого тиску. Найбільшого поширення здобули гідросистеми, побудовані на базі мультиплікатора або помпи високого тиску [1].

В мультиплікаторних насосах поршень переміщується з частотою близько одного ходу в секунду, що викликає необхідність застосування в них так званого акумулятора. Але навіть при наявності акумулятора тиск на вході коливається в межах 10 % від номіналу, тобто приблизно на 40 МПа, що викликає нерівномірність в роботі насоса [2]. У зв'язку з цим особливі вимоги висуваються до якості обробки внутрішніх порожнин гільзи мультиплікатора.

Основна причина виходу з ладу гільзи, що діагностується – надмірне збільшення витоків. Причиною виходу з ладу порожнин гільзи мультиплікатора може служити деформація, корозія, знос або пошкодження окремих деталей (рис. 1).

Обробка дзеркала гільзи найчастіше проводиться за три переходи: чорнове і чистове розточування з подальшою розкочуванням роликами; для точних циліндрів в ряді випадків застосовується хонінгування. Особливу увагу приділяють остаточній обробці дзеркала гільзи, шорсткість поверхні якої повинна бути в межах $Ra = 1 - 0,5$ мкм [3].

Метою роботи є дослідження приводів хонінгувального верстата при оздоблювальній обробці гільз мультиплікаторів гідрорізного обладнання.

Найвідповідальнішою операцією при виготовленні гільз мультиплікаторів, яка безпосередньо впливає на працездатність і довговічність як самої гільзи, так і всього мультиплікатора є хонінгувальна операція.

Хонінгування являє собою процес обробки закріпленими абразивними зернами, здійснюваного за допомогою інструменту – брусків при відносно низьких швидкостях і тисках в умовах одночасного контакту всієї робочої поверхні інструменту із заготовкою.



Рис. 1. Дефекти поверхонь гільз мультиплікаторів, що виникають у процесі експлуатації

Кінематика рухів хонінгувальної головки повинна визначати сітку слідів (рисок) обробки у вигляді пересічних гвинтових ліній.

Деякі хонінгувальні верстати оснащені кривошипно-шатунним приводом вертикальної подачі шпинделя і хонголки. Число оборотів шпинделя – величина постійна.

Вертикальне переміщення шпинделя верстата (h) залежить від кута повороту кривошипа (f). В загальному вигляді формула, що дозволяє приблизно розрахувати вертикальне переміщення шпинделя, виглядає так:

$$h = S/2 (1 - \cos f), \quad (1)$$

де S – повний хід шпинделя.

З формули (1) після диференціювання за часом легко знайти поточну швидкість переміщення шпинделя v :

$$v = dh/dt = w S/2 \sin f, \quad (2)$$

де w — кутова швидкість обертання кривошипа.

Очевидно, швидкість переміщення шпинделя змінюється за синусоїдальним законом і досягає свого максимуму ($v_{max} = w S/2$) в середині повного ходу шпинделя ($h = S/2$). Саме ж рівняння (2) набуває такого вигляду:

$$v = v_{max} \sin f. \quad (3)$$

З формули (1) випливає, що

$$\cos f = 1 - 2h/S. \quad (4)$$

Звідси отримаємо значення синуса кута повороту кривошипа:

$$\sin f = 2(h/S (1 - h/S)). \quad (5)$$

Тоді формула (3) набуває вигляду:

$$v = 2 v_{max} (h/S (1 - h/S)). \quad (6)$$

Аналіз формули (6) дозволяє отримати такі висновки: у верхньому і нижньому положеннях шпинделя швидкість його переміщення v дорівнює нулю і досягає свого максимуму при $h = S/2$.

При постійній частоті обертання шпинделя ($n_{шп}$) лінійна швидкість (u) хонінгувального інструменту не є постійною і залежить від діаметра оброблюваного циліндра:

$$u = \pi D n_{шп}, \quad (7)$$

де D – діаметр циліндра.

Отже кут хонінгування знаходиться за наступною формулою:

$$\alpha = \arctg v/u, \quad (8)$$

в якій значення швидкостей v і u визначаються формулами (6) і (7).

Підставляючи їх, отримуємо:

$$\alpha = 2 \arctg v/u. \quad (9)$$

Таким чином, кут хонінгування (α) не залишається постійним, а змінюється від значення, рівного 0° в крайніх положеннях шпинделя, до максимального – в середині його ходу, де $h = S$.

В результаті такої обробки на дзеркалі циліндра з'являються риси, розташовані не тільки під заданим кутом хонінгування (рис. 2). Зі збільшенням кута сітки знімання металу зростає [4]. Отже непостійність кута сітки при хонінгуванні призводить до нерівномірності знімання оброблюваного матеріалу і до появи дефектів форми поверхонь, що підлягають хонінгуванню.

Існують конструкції хонінгувальних верстатів, які забезпечують теоретично постійну вертикальну швидкість переміщення шпинделя і практично миттєву зміну напрямку його руху в крайніх точках.

У такій конструкції лінійна швидкість інструменту і швидкість переміщення шпинделя постійні:

$$u = \text{const}, v = \text{const}. \quad (10)$$

$$a = 2 \arctg v/u = \text{const}. \quad (11)$$

Отже для виконання якісного процесу хонінгування з рівномірним утворенням рисок на оброблюваній поверхні гільз мультиплікаторів необхідно, щоб лінійна швидкість інструменту і швидкість переміщення шпинделя були б постійні.

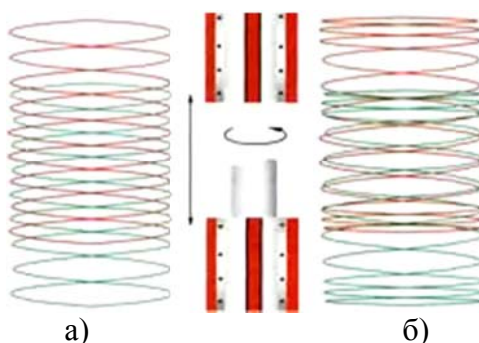


Рис. 2. Схема утворення рисок на верстатах різної кінематики:
а) верстат з постійною швидкістю вертикальної подачі хонголівки,
б) верстат зі змінною швидкістю вертикальної подачі хонголівки

Таким чином і кут хонінгування не змінює свого значення. Але відомо про те, що більшість цих верстатів мають у своєму кінематичному ланцюгу різноманітні елементи, що мають нестабільні передавальні числа, такі як пасові передачі, гідравлічні передачі тощо. З одного боку можливість цих елементів деформувати коливання, що виникають у процесі обробки є досить корисною рисою. Але при цьому при хонінгуванні будуть виникати такі ситуації, коли кут хонінгування буде змінним у часі і риси на оброблюваній поверхні будуть розташовані нерівномірно.

Інша причина за якою може виникнути аналогічна ситуація: коли обертові і коливальні рухи виконують різні приводи, що жорстко-кінематичні не узгоджені між собою. Отже і в цьому випадку оброблена при хонінгуванні поверхня буде мати деякі дефекти.

Отже необхідно запропонувати таке рішення, при якому б гарантовано можливо отримати заздалегідь запрограмовану форму рисок на обробленій поверхні. Для цього необхідно змодельовати певні режими роботи хонінгувального верстата.

На основі кінематичної схеми вертикально-хонінгувального верстата 3Г833 розроблена тривимірна розрахункова модель приводу верстата (рис. 3), що містить спрощений привод обертання шпинделя 1 і привод коливання шпинделя 2.

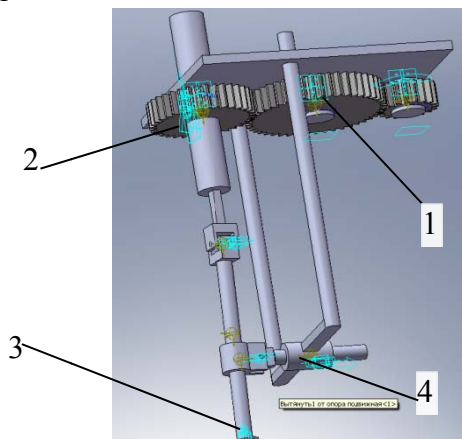


Рис. 3. Тривимірна модель приводу хонінгувального верстата (позначення в тексті)

Дана модель дає змогу змоделювати траєкторії переміщень вершин абразивних зерен хонінгувальної головки. У даному випадку для можливості відображення результатів моделювання була використана модель одного зерна (поз. 3). Кінематична пара (поз. 4) дає змогу змоделювати не співвісність встановлення оброблюваної деталі і вісі хонінгувальної головки.

Так як привод обертання шпинделя і привод коливання містять у собі збудники коливань у вигляді пасових передач і демпфувальні елементи у вигляді фрикційних муфт, то вочевидь ці рухи будуть відбуватися за певним періодичним законом. Отже необхідно задавати цей рух і в моделі (рис. 4).

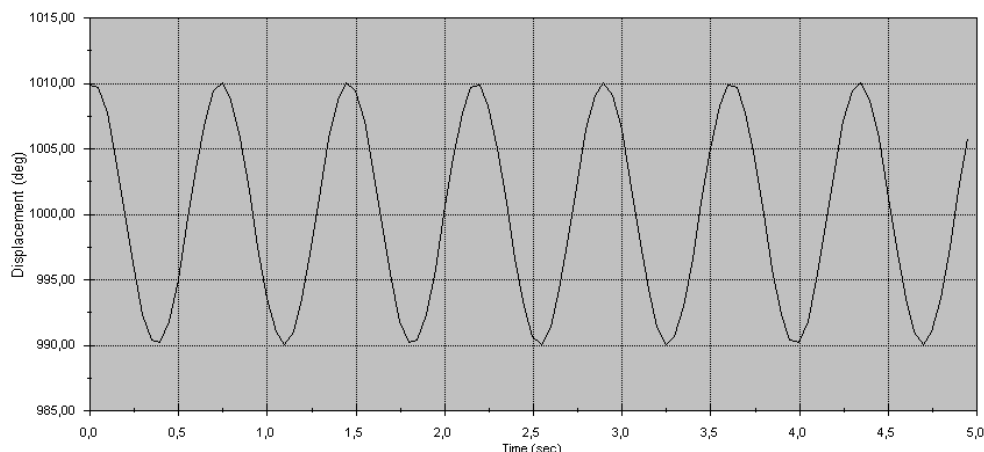


Рис. 4. Характер періодичного руху приводів хонінгувального шпинделя

Моделювання проводили умовно при постійній швидкості і величині переміщення поздовжньо-поступального руху шпинделя і при зміні середньої кутової швидкості обертання шпинделя в межах 100–250 рад/с. Час моделювання склав 20 с.

Результати моделювання наведено на рис. 5, 6.

Аналіз цих даних свідчить про те, що найбільш геометрично правильною і наближеною до «ідеальної» при якій риски від абразивного зерна будуть розташовані рівномірно і на однаковій відстані одна від одної є траєкторія при найменшій середній кутовій швидкості обертання шпинделя.

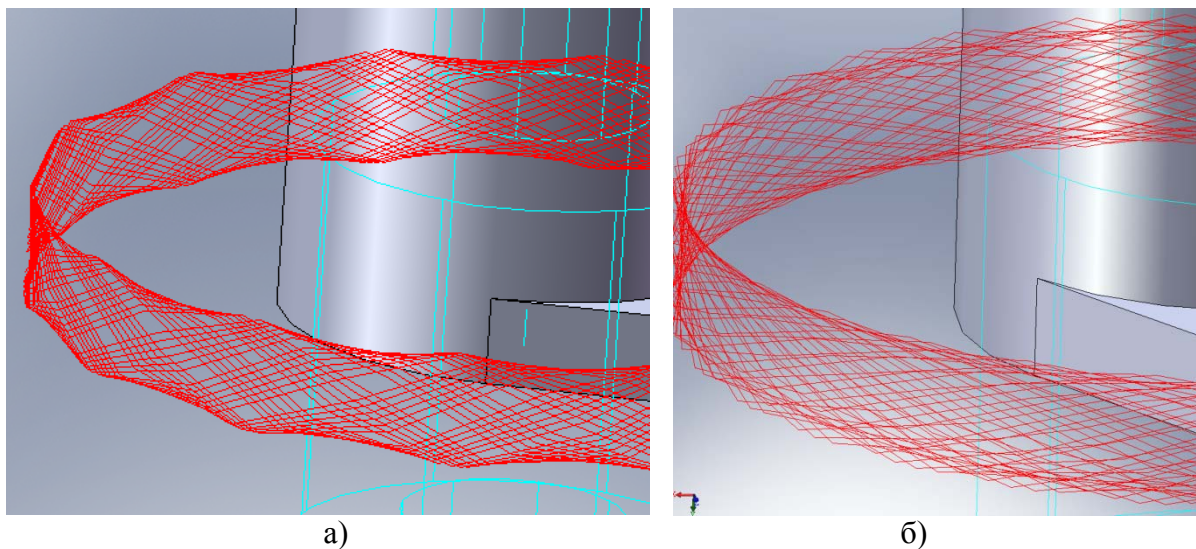


Рис. 5. Результати моделювання процесу хонінгування (траєкторія руху абразивного зерна) при середній кутовій швидкості обертання шпинделя:
а) 100 рад/с; б) 150 рад/с

При подальшому зростанні кутової швидкості видно як спочатку з'являється нерівномірність кутів нахилу рисок (рис. 5, б), потім з'являються «розриви» у траєкторії, тобто місця, де є необроблені ділянки (рис. 6, а), і, нарешті отримуємо траєкторію, у якій наявні ділянки як із перехрещеними так і з не перехрещеними рисками.

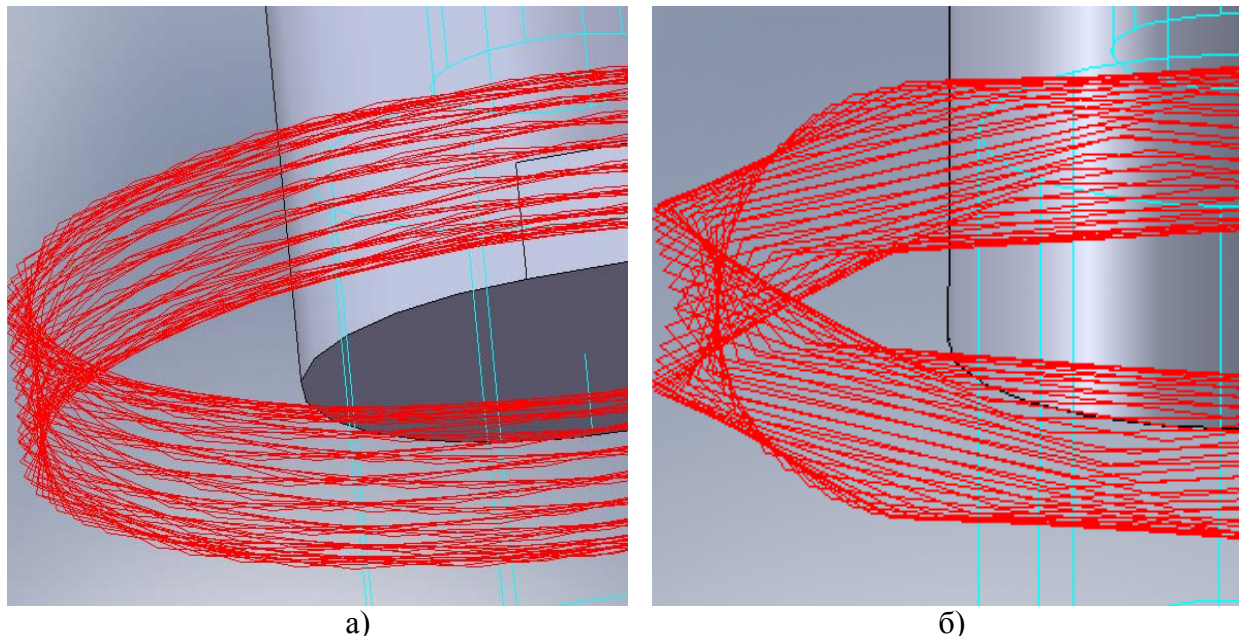


Рис. 6. Результати моделювання процесу хонінгування (траєкторія руху абразивного зерна) при середній кутовій швидкості обертання шпинделя:
а) 200 рад/с; б) 250 рад/с

ВИСНОВКИ

Наявність у кінематичному ланцюгу передач і елементів, що не дають гарантію точного відтворення запрограмованої траєкторії унеможливорює якісну обробку при хонінгуванні поверхонь гільз мультиплікаторів і, тим самим, знижує їх ресурс роботи при жорстких умовах експлуатації.

Варіантом конструктивного рішення цієї проблеми є застосування єдиного кінематичного ланцюгу від одного приводного двигуна обертового руху шпинделя і коливального руху. Також при цьому необхідно застосовувати зубчасто-пасову передачу, що дасть змогу гарантувати кінематичне відтворення закону руху абразивних часток.

Іншим варіантом було б використання системи ЧПК із зворотнім зв'язком для точного відтворення закону руху абразивних часток.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Саленко О. Ф. Ефективне гідро різання. /О. Ф. Саленко, В. Б. Струтинський, М. В. Загірняк. – Кременчук, в-во КДПУ, 2005. – 488 с.
2. Саленко А. Ф. Исследование влияния функции входного воздействия на частоту пульсаций давления жидкости в мультипликаторе. /А. Ф. Саленко, Л. И. Смирнова. // Проблемы создания новых машин и технологий: Сб. научн. трудов КГПИ. Кременчук, 1997. – С. 102–108.
3. Суслов А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. /А. Г. Суслов. – М. : Машиностроение, 2000. – 320 с.
4. Иванов В. А. Алмазное хонингование цилиндров скважных штанговых насосов. / В. А. Иванов, А. В. Иванов, П. А. Хлопин.// Вестник УГАТУ. Машиностроение. Технология и оборудование мех. и физ.-техн. обработки. Т. 10, № 1 (26). Уфа: УГАТУ, 2008. – С. 113–117.