

УДК 621.9.025.77:615.46:616.728

І.В. Дубиняк¹, С.В. Сохань²

¹ – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Аналіз методів фінішного оброблення прецизійних кульок

1. Елеваторна обробка

Прикладом елеваторної обробки кульок служить пристрій для доводки кульок, розміщених між двома співвісно розташованими дисками, в нижньому з яких, установленому з можливістю обертання, виконані концентричні канавки. Дане пристосування забезпечує впорядкований рух кульок в робочій зоні і перевід їх з одної доріжки на другу, в результаті чого значно збільшується продуктивність і якість обробки.[1]

Ціль винаходу – підвищення продуктивності і якості доводки великогабаритних кульок за рахунок забезпечення їх доводки на елеваторних верстатах.

Кільцевий магазин розділений концентричними перегородками, які формують шляхи для руху кульок, таким чином, що кожна кулька під дією дисків-притирів, закінчивши круговий рух по одному жолобі, поступає в робочу зону на другу доріжку, закінчуючи при обробці циклу рух від центру робочого диску до його периферії або навпаки.

На рисунку 1 зображено запропонований пристрій (вид зверху); на фиг. 2 – розріз по А-А на фиг 1.

Пристрій представляє собою два концентрично розміщених диска-притира, із яких нижній 1 обертається з опорою 2, а верхній 3 з опорою 4 нерухомі. В нижньому диску 1 знаходяться чотири жолобчастих доріжки 5, яких може бути і більше, для проведення по них кульок 6, в той час як верхній має плоску робочу поверхню. У ньому знаходиться сектороподібний виріз, розмір якого приблизно відповідає куту 70 градусів.

Диски-притири 1 і 3 розміщені концентрично всередині кільцевого магазину 7, причому центри дисків і кільцевого магазину лежать на відстані x один від одного на діаметрі 8, який являється бісектрисою сектороподібного вирізу. Направлення обертання диску 1 вказано стрілкою 9. Кільцевий магазин 7

обертається в протилежну сторону, вказану стрілкою 10, хоча обертання можливо і в одному напрямку.

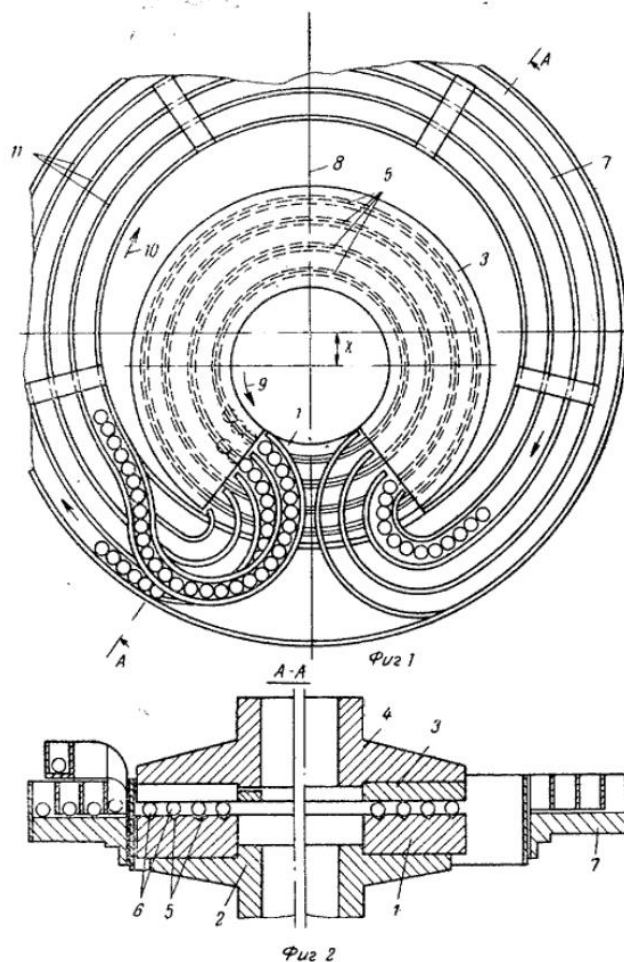


Рис. 1 – Пристрій для притирки і шліфування кульок

Кільцевий магазин 7 має відповідну кількості канавок диску-притира шляхи руху, які утворені перегородками 11 і обертаються разом зі кільцевим магазином 7. Шляхи руху кільцевого магазину приєднанні до вирізів диску-притира 3.

Кількість доріжок на диску може бути лубим, але вирішальне значення грає діаметр кульки. [1]

2. Спосіб оброблення між двома дисками у канавці розташованій з ексцентриситетом

Був розроблений новий ексцентричний доводочний верстат, власні прототипи авторів (рис 3). Основна відмінність між цим ексцентриковим притиранням і звичайним концентричним притиранням полягає в тому, що є

зміщення між обертовими віссю і центром кругової V-подібною канавки на нижній пластині, а верхня - плоска і нерухома.

Через цю ексцентричність кінематика і динаміка ексцентрикового притирання набагато складніше ніж при звичайному концентричному притиранні. Спостерігається прискорення і уповільнення швидкості циркуляції при кожному оберті нижньої пластини, а кут обертання кулі і кутова швидкість змінюються постійно. У певні моменти, при кожному оберті мікропросковзування між кульками і пластини були очікуваними. Два види ізостатичних гарячепресованих (HIPed) кульок з нітриду кремнію були притерті на цій машині. Швидкість притирання було досягнуто 68 мм / год, що в 15 разів більше, ніж при звичайному концентричному притиранні (зазвичай 3-4 мм / годину). Економічна ефективність цього ексцентрикового притирання очевидна на першому етапі обробки - притиранні (за умови, що час чистової обробки пропорційний до вартості). Неясно, чи є це ексцентричне притирання як і раніше рентабельне на другому етапі обробки - поліруванні, через індивідуальне підхід до полірування.

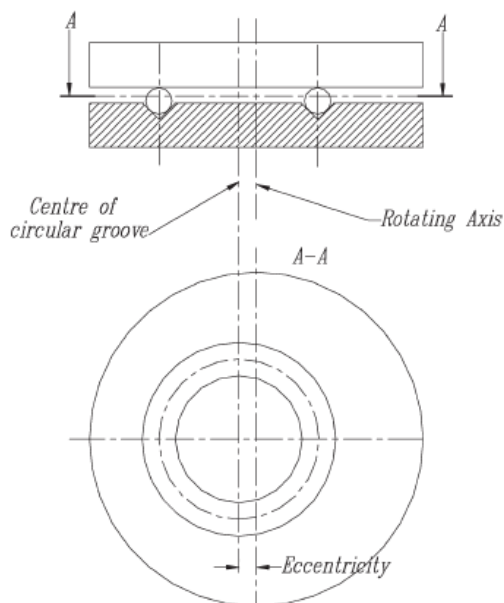


Рис. 3 – Пристрій з ексцентрично розміщеною канавкою

Були проведені експериментальні дослідження на новій ексцентриковій притиральній машині. Пара притискних пластин з м'якої сталі були використані для випробування на полірування. Випробування на полірування проводили на двох типах куль з HIPed нітриду кремнію.

До і після кожного тесту на полірування, кульки та притиральні пластини очищали за допомогою ультразвукової ванни; кожен діаметр кульки вимірювали до 1 мм, і спостереження за мікроскопом, округлість кулі та проведено вимірювання шорсткості поверхні. Кожне тестування на полірування тривало 24 години. Полірувальна рідину перекачували через трубку до центр верхньої пластини за допомогою ProMinent - мембранний дозуючий насос. Полірувальна рідина являла собою суміш алмазної паста та мастильної рідини в концентрації 1 г/ 100 мл. Це було змішано і підтримувалося в рівних концентраціях магнітною мішалкою. Кількість застосовуваної полірувальної рідини контролювали за допомогою насосу і таймеру. Час нанесення становив 5 хв кожні 4 год, встановлювався періодами ввімкнення та вимкнення таймера. Насос і магнітна мішалка активуються одночасно з період включення таймера. Таким чином, кожні 4 год – 5 мл суміші полірувальної рідини додавали до пластин через трубу в центрі верхньої тарілки.

Значення ерозійного процесу в поліруванні було виявлено випадково. Початковий намір полягав у розміщенні однієї або двох кульок меншого діаметру між поліровани кульки для того, щоб усунути зазор і щоб уникнути зіткнення між кулями (рис. 3). Було встановлено, що після процесу полірування поверхні шорсткість цих менших кульок значно покращилася, і навіть діаметр кулі зменшився, хоча менші кулі не торкалися верхньої плити, і на них не було полірувального навантаження. В основному їх шліфували ерозійним процесом.

В ерозії масштаб зносу залежить від кількості та маси окремих частинок, що вражають поверхню, і їх швидкості удару. У даному випадку сили викликаючи швидкість удару частинки алмазу буде головним чином сила опору полірувальної рідини, сили удару сусідніх частинок алмазу, керамічний куля, нижня пластина та відцентрова сили. Ерозивний процес включає як пластичну деформацію та крихкий перелом. Більш детальний опис ерозійного процесу можна знайти в посиланні].

З обмеженої кількості експериментальних досліджень, можуть бути зроблені попередні висновки.

1. На початковому етапі полірування, полірувальне навантаження становить переважаючий фактор. Більше полірувальне навантаження може призвести до швидкого зменшення шорсткості поверхні значення Ra. На

початковому етапі полірування – полірування швидкість і розмір частинок алмазу не є важливо.

2. На пізній стадії полірування ерозійний процес (без полірувального навантаження) зіграв головну роль в подальшому зменшенні величини шорсткості поверхні Ra. Однак високі піки шорсткості не можуть бути вилученими лише ерозійним процесом.

3. Найкращі результати полірування були досягнуті, коли притискання верхньої пластини було в "дзеркально блискучих" умовах. Експериментальні результати показують, що в для досягнення бажаної шорсткості поверхні, початкова якість поверхні верхнього плита повинна бути досить високою.

5. Глибокі подряпини, залишені на поверхні кулі частинками алмазу під час попереднього притирання важко видаляється в процесі полірування. Це свідчить про те, що, для того, щоб отримати кращу якість поверхні, розмір алмазних частинок слід зменшувати поступово у попередньому процесі притирання, щоб уникнути залишення будь-яких глибоких подряпини на поверхні кулі.

6. Найкращі результати полірування на сьогодні поліровані кулі типу 2 - це куля округлості 0,08–0,09 мм, що вище рівня 5 і близький до 3 ступеня специфікації для точності кулі та шорсткість поверхні Ra 0,003 мкм, і середньоквадратичне значення (Rq) значення 0,004 мкм, що перевищує 3 ступеня специфікації для точних підшипникових куль. Це доводить, що ця ексцентрикова притиральна машина також підходить для полірування керамічних куль.[2]

3. Запропонований росіянами безцентровий суперфініш кульок

Виготовлення кульок у підшипниковій промисловості традиційно реалізується між двома дисками з кільцевими канавками. Така технологія забезпечує високу точність форм і малу шорсткість поверхні, але має низьку продуктивність і здатна формувати дефектний шар з поганим розподіленням остаточних напружень.

Спроби вирішити дану проблему привели до створення схем безцентрального шліфування кульок на станках з повздовжньою подачею. На відміну від відомої схеми обробки циліндричних заготовок провідний круг був

виконаний з гвинтовою канавкою несиметричного профілю, а шліфувальний круг оснащений кільцевими канавками. Таке рішення забезпечило обертання кульок від сильного тертя з провідним кругом та додатковим обертанням за рахунок періодичного переривання контакту із шліфувальним кругом. Основна перевага розробленого методу обробки закладаються у високій продуктивності процесу. Разом з цим точковий контакт заготовок із шліфувальним кругом і малим часом контакту, обмежених довжиною кругів, кроком гвинтової канавки та частоти обертання провідного круга, не дозволяють досягти малої хвилястості і шорсткості поверхні оброблюваних куль, тому доцільним буде введення подальшої фінішної обробки абразивними брусками.

Геометрично правильне формоутворення сферичної поверхні кулі може бути забезпечено тільки при рівномірному зніманні припуску шліфувальним бруском з усією площі оброблюваної поверхні заготовки. В процесі обробки довільно обрана точка на поверхні кулі рухається по складній просторовій траєкторії, яка може бути визначена при відомій швидкості цієї точки в будь-який момент часу. Заготовка приводиться в рух за рахунок сил тертя в результаті рівномірного обертання навколо нерухомих перехресних осей двох валків верстата. Швидкість обертання, міжосьова відстань і кут між осями обертання являють собою параметри налагодження устаткування, тому траєкторія руху центру мас кулі є функція, яка визначається профілем валків і параметрами геометричній налагодження валкового пристрою, одержуваними з рішення геометричній завдання формоутворення [3].

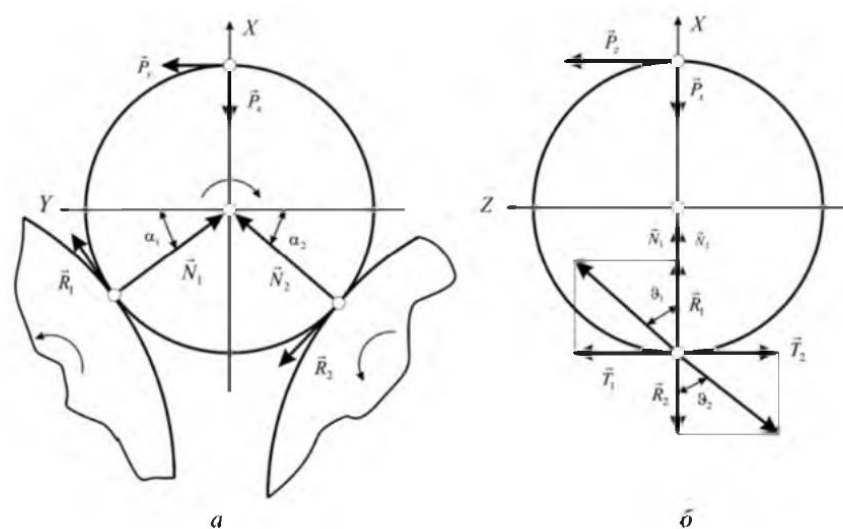


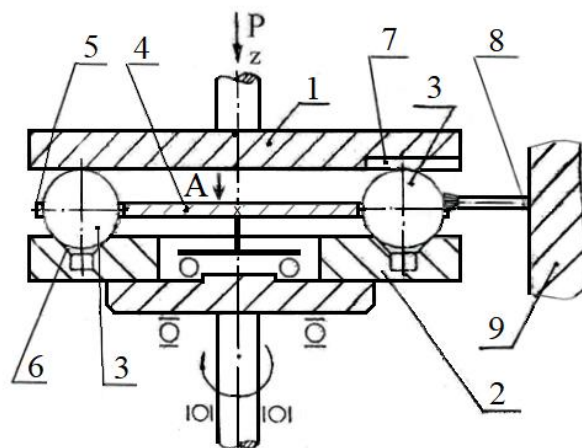
Рисунок 4 – Силова схема безцентрового суперфінішування кульки:

а – поперечна січна площина; б – повздовжня січна площина

4. Метод оброблення з однією концентричною канавкою і сепаратором.

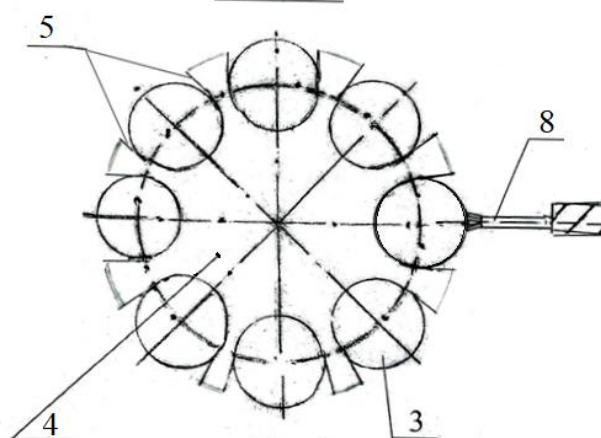
Корисна модель відноситься до галузі машинобудування, а саме до процесу виготовлення точних кульок для запірної гідроапаратури або шарикопідшипників і може бути використана для шліфування чи доведення суспензією абразивного порошку прецизійних кульок з металу чи керамічних матеріалів – наприклад, оксидної, карбідної чи нітридної кераміки.

Завдання вирівнювання сітки слідів обробки на поверхні кульок досягається тим, що у пристрої для обробки кульок у складі змонтованих співвісно обертового і необертового дисків-притирів, нижній з яких має на поверхні виконану концентричною кільцевою жолобчату канавку, а верхній має можливість пружно притискати обертові кульки до стінок канавки, а також сепаратора, який розподіляє кульки рівномірно по окружності, і встановлений з можливістю вільного обертання, згідно **корисної моделі** змонтований без торкання обох дисків сепаратор має вигляд тонкого металевого диску з відкритими по периферії наскрізними радіальними пазами для розподілу трьох або більше кульок, а необертовий верхній диск має один або більше також радіальних пазів для періодичного вивільнення кожної наступної кульки з-під навантаження. Крім того у пристрій введені один або більше пружних гальмівників, закріплених на станині верстату з боку відкритих пазів сепаратора так, що завдяки гальмуванню забезпечують додаткове обертання ненавантажених кульок навколо нормалі до площини їхнього руху, що й забезпечує вирівнювання сітки слідів обробки на поверхні кульок завдяки періодичному змінюванню положення миттєвої осі обертання під час руху однією канавкою, що сприяє підвищенню геометричної точності оброблюваних кульок і насамкінець продуктивності обробки невеликих партій кульок.



Фіг. 1

Вид А



Фіг. 2

Рисунок 5 – Пристрій для доводки кульок

Висновки:

Порівнявши наведенні приклади і підходи до доведення прецизійних кульок, можна зробити висновок, що кожний приклад дозволяє покращити процес доведення кульок, але забезпечує різну зміну необхідних характеристик в кінцевому результаті. З цього випливає, що в теперішніх умовах розвитку технології, немає єдиного правильного способу отримання прецизійних куль, але є низка варіацій технологічних процесів, з яких кожний виробник може вибрати ефективний, виходячи з умов даного виробництва.[4]

Список використаних джерел

1. Патент СССР № 213715 / 20.04.1964

Устройство для притирки и шлифования шариков // ЦНИИПИ при совете Министров СССР» г Москва / С. Мессершмидт

2. Jinsheng K. The polishing process of advanced ceramic balls using a novel eccentric lapping machine / K. Jinsheng, M. Hadfield. // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B Journal of Engineering Manufacture. – 2004. – №7. – С. 493–503.

3. Захаров О. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ И СИЛОВЫЕ АСПЕКТЫ СУПЕРФИНИШИРОВАНИЯ ШАРОВ АВИАЦИОННЫХ ПОДШИПНИКОВ / О. Захаров, А. Складорова. // 17. – 2015. – №4. – С. 90–100.

4. Сохань С. Змінювання показників алмазного доведення керамічних куль з карбїду бору й нїтриду кремнію / С. Сохань, А. Майстренко, А. Боримський. // НАДТВЕРДІ МАТЕРІАЛИ. – 2021. – №2. – С. 72–82.