

ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗМІВ ПАРАЛЕЛЬНОЇ КІНЕМАТИКИ В УСТАНОВКАХ ДЛЯ ВІБРОАБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

В даній статті розглядаються розширення можливостей технологічних процесів галтування, віброабразивної фінішної обробки і безрозмірного шліфування складно-просторових внутрішніх та зовнішніх поверхонь деталей, шляхом використання механізмів паралельної кінематики у верстатах для вібраційної обробки.

В данной статье рассматриваются расширения возможностей технологических процессов галтовки, виброабразивной финишной обработки и безразмерного шлифования сложно-пространственных внутренних и наружных поверхностей деталей, путем использования механизмов параллельной кинематики в станках для вибрационной обработки.

Для сучасної машинобудівної галузі характерною особливістю є випуск складних високоточних виробів, до складу яких досить часто входять деталі складної конфігурації, що потребують обробки у вигляді очищення зовнішніх і внутрішніх поверхонь від окалини, оксидів, бруду перед нанесенням покриттів фізико-хімічними методами або фарбуванням, безрозмірне шліфування або поверхневе зміцнення. На класичну обробку поверхонь подібних деталей витрачається вартісний інструмент або застосовуються шкідливі для довкілля методи хімічної очистки.

З відомих способів обробки вищевказаними способами деталей складної конфігурації найпоширенішим є спосіб віброабразивної обробки на спеціальному вібраційному обладнанні із різними типами приводів з використанням одновісного вібронавантаження деталей. Дослідженнями багатьох авторів встановлено, що це обладнання є недостатньо продуктивне при обробці виробів складної конфігурації.

Найперспективнішим для реалізації способу віброабразивної обробки деталей складної конфігурації є обладнання з гідроімпульсним приводом, який забезпечує складно-просторовий режим вібронавантаження. Гідроімпульсний привод дозволяє відносно просто регулювати частоту і амплітуду проходження силових імпульсів і енергію одного робочого ходу по кожному з напрямків вібронавантаження.

Авторами конструктивну схему (рисунок 1) для віброабразивної обробки деталей складної конфігурації [1, 2]. Також дана установка може використовуватись для здійснення галтування деталей "в суху", або ж з використанням хімічних засобів.

Установка побудована на основі класичної УВО (I) з U-подібним бункером, що установлений на демпфувальних елементах 2 на віброізолюваній станині 3 та приводу (II) примусового переміщення оброблюваної заготовки 6, що складається із в даному випадку із механізму паралельної кінематики типу "трипод" та мотор-шпинделя. Привод (II) змонтовано на двох стійках 7.

Просторове вібронавантаження створюється 3-ма виконавчими гідроциліндрами 4, які розташовані у 3-х ортогональних площинах. Пульсації тиску створюються золотниковими віброзбуджувачами 5 із запірними елементами у вигляді кульки. Створене вібронавантаження призводить до переміщення у просторі абразивної маси (галтувальних тіл) в U-подібному бункері по траєкторії, що є результатом складання переміщень виконавчих гідроциліндрів 4.

Привод (II) забезпечує розміщення оброблюваних поверхонь деталі під необхідним кутом (кутом атаки) до траєкторії руху абразивної маси.

Розглянуті механізми паралельної кінематики застосовуються вже досить давно. Одними з перших механізмів даного класу є механізм побудований Гауфом (рисунок 2), платформа Стюарта (рисунок 3), маніпулятор Данилевського (рисунок 4) і деякі інші [3, 4]. Ці механізми мають шість ступенів свободи та шість кінематичних ланцюгів, крім платформи Стюарта, що містить три кінематичні ланцюги із двома приводами в кожному. Кінематичні ланцюги з'єднують вихідну ланку й основу. У кожному ланцюзі є два типи шарнірних пар, із двома й трьома ступенями свободи, і поступальним, яка оснащена приводом.

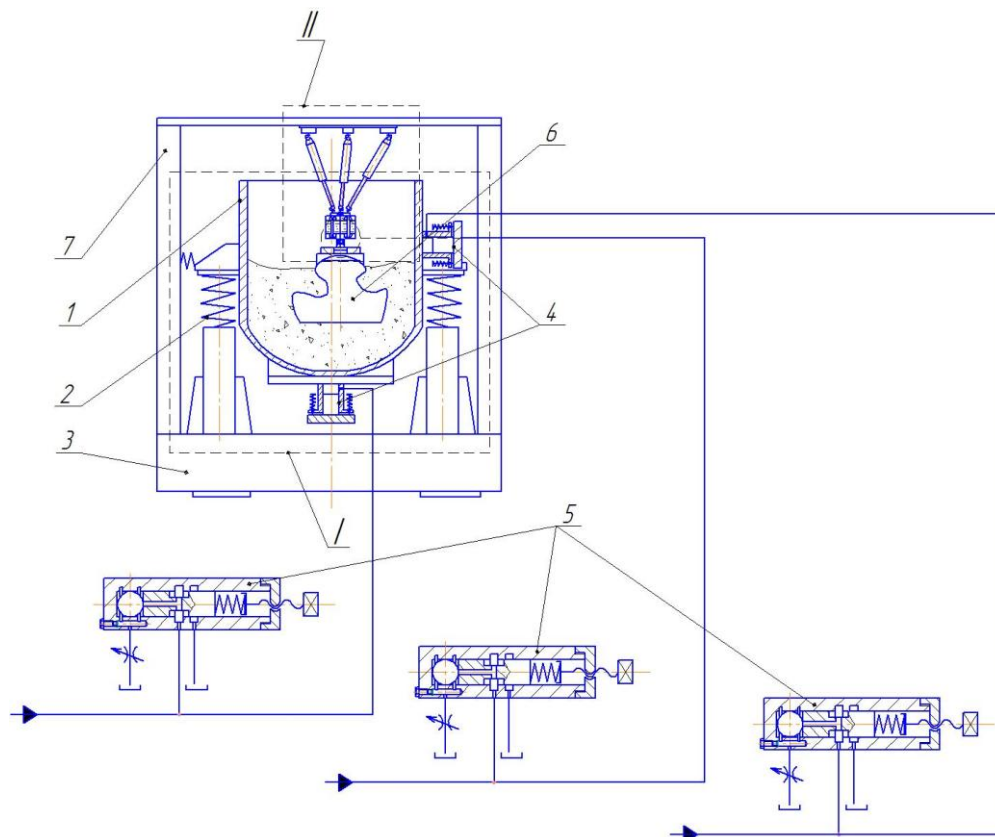


Рисунок 1 – Конструктивна схема віброустановки

Розглянуті структури являють собою просторові механізми з вихідною ланкою у вигляді платформи яка орієнтується в просторі по шести ступенях свободи.

У механізмі Гауфа та у маніпуляторі Данилевського число ступенів вільності вихідної ланки збігається із числом з'єднувальних ланцюгів. Однак, число з'єднувальних ланцюгів і число ступенів свободи може не бути рівним шести. Число, вид, порядок розташування кінематичних пар може бути різним, що ми і спостерігаємо в платформі Стюарта.

В авіації на основі цих механізмів створюються тренажери імітації польотів. Модель кабіни встановлюється на вихідній платформі (вихідній ланці) механізму, що може бути орієнтована по шести ступенях свободи (механізм аналогічний платформі Стюарта) (див. рисунок 3) що дозволяє імітувати умови польоту [4].

Дослідження у цьому напрямку інтенсивно ведуться на протязі останніх 20 років. Розроблено багато різноманітних схем машин які базуються на застосуванні механізмів паралельної структури. Розроблено і виготовлено значну кількість ефективних механізмів з паралельною кінематикою, наприклад, «триглайди», «гексаподи» (рисунок 5) [4].

Детальний аналіз сучасного стану досліджень в галузі розробки технологічного обладнання з паралельною кінематикою виконано в роботах [6, 5, 4]. В цих роботах сформульовані основні напрямки розробки обладнання, досягнуті результати, перспективи розвитку.

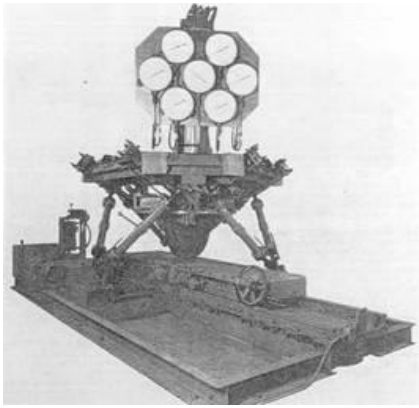


Рисунок 2 – Механізм Гауфа

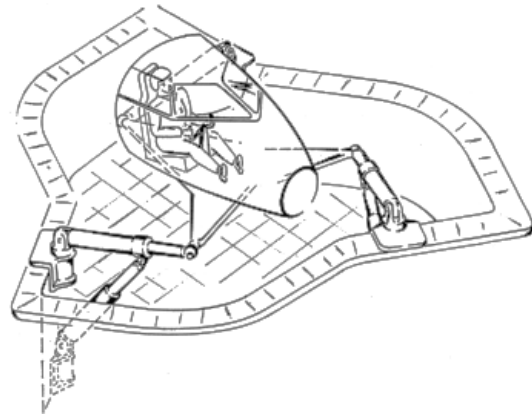


Рисунок 3 – Платформа Стюарта

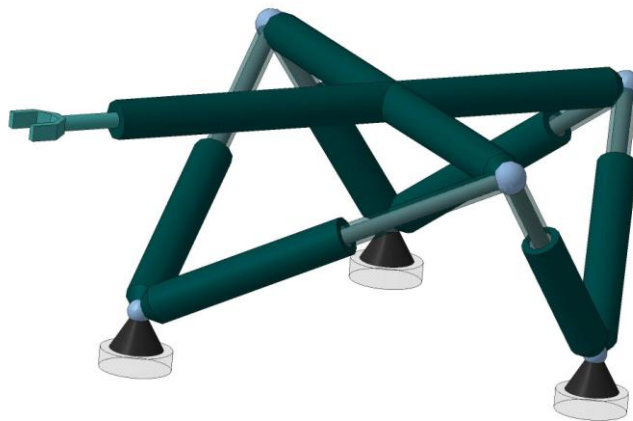


Рисунок 4 – Маніпулятор Данилевського: 1 — основа; 2 — кінематичні ланцюги в вигляді штанг змінної довжини; 3 — вихідна ланка, яка являє собою хрестоподібну деталь оснащену захватом

«Трипод» – це механізми паралельної кінематики із трьома ступенями свободи, що дозволяє у повній мірі задовольнити технологічні і конструктивні вимоги. Так, наприклад, відпадає необхідність в обов'язковому використанні елементів верстатів традиційного виконання. Всі необхідні рухи (у цьому випадку не більше трьох) реалізуються самим механізмом паралельної кінематики [7, 8].

Розглянемо два найбільш типові та загальноповживані механізми з паралельною кінематикою «трипод» та «гексапод».

Прикладом технологічного обладнання на основі такої структури є багатоцільовий верстат Ulyses від Fatronic (Іспанія) [71]. Структура верстата показана на (рисунок 6, а). Вихідна ланка (1), на якій встановлено шпиндель, який зв'язаний зі станиною (2) чотирма кінематичними ланцюгами.

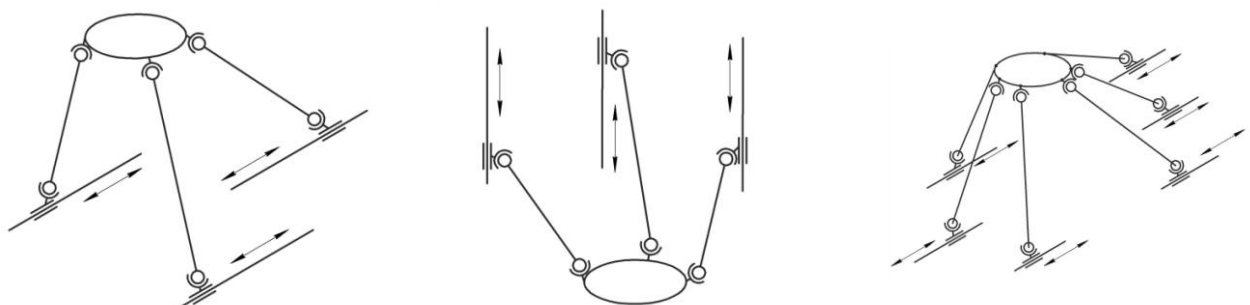


Рисунок 5 – Класифікація механізмів з паралельною кінематикою

Три з них активні, які містять приводи (3). Вони виконані по схемі телескопічних штанг, тобто це штанги змінної довжини на основі кулькової гвинтової пари. Інший

кінематичний ланцюг (4) пасивний. Він не містить приводу. Вихідна ланка має три ступені свободи (у цьому випадку переміщення по осям X , Y і Z). Технологічні можливості даного обладнання можуть бути розширені установкою додаткового приводу стола верстата.

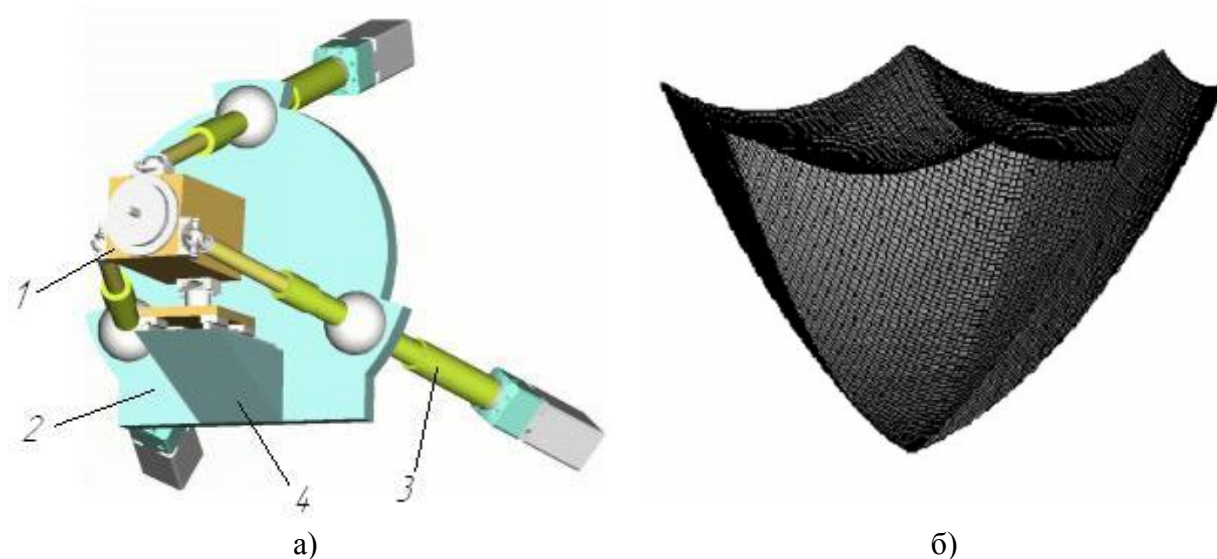


Рисунок 6 – Структурна схема верстата Ulyses від Fatronic (Іспанія) (а) та робоча зона механізму з паралельною кінематикою типу «трипод» (б)

Робоча зона «трипода» подана на рисунку 6, б.

З усіх механізмів паралельної кінематики "гексаподи" реалізують у собі всі переваги механізмів паралельної кінематики, адже він має дещо вищу жорсткість конструкції, ніж «трипод», дозволяє орієнтувати вихідну ланку по шести ступенях свободи.

Одночасно "гексапод" є конструктивно складнішим, і саме головне забезпечити керування подібним механізмом є досить важким завданням.

Існує значна кількість верстатних комплексів побудованих на основі структур зі змінними довжинами штанг. Так, наприклад, розглянемо верстат HEXEL (США) (рисунок 7, а) виконаний на основі «гексапода» [9, 1]. Дана модель має об'єм робочого простору $600 \times 600 \times 600$ мм³, вихідна ланка встановлена на кінцях шести штанг із корпусами з вуглецевого пластика. У цьому випадку ці штанги не телескопічні. За допомогою сферичних шарнірів вони з'єднані з корпусом верстата. Корпус виконаний у вигляді збірної рами. Кінці штанг виступають із верхньої частини шарнірів. Від шести серводвигунів, розташованих у верхній платформі, здійснюється привід кулькової гвинтової передачі. У результаті цього штанги входять у робочу зону або виходять із неї. На вихідній ланці встановлена додаткова насадка для збільшення величини граничного нахилу шпинделя. Шпиндель може нахилитися на кут до 90° . На вихідній ланці встановлено кілька змінних шпинделів.

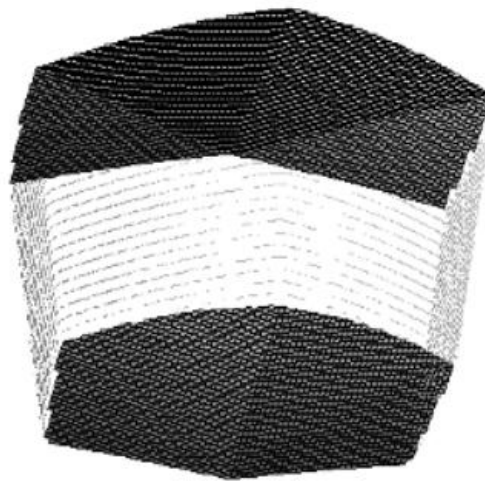
Робоча зона верстата HEXEL побудованого на основі механізму типу «гексапод» подана на рисунку 7, б.

У запропонованій нами УВО немає потреби орієнтувати вихідну ланку по шести ступенях свободи, тому нами запропоновано використовувати у якості приводу примусового руху оброблюваної деталі «трипод» – механізм паралельної структури з трьома штангами змінної довжини, що конструктивно простіший за «гексапод» і реалізувати керування яким значно легше, а також форма робочої зони механізму «трипод» є найближчою до внутрішньої форми U-подібного вібробункера, що використовується як робочий органа у запропонованій установці для очищення поверхонь деталей складної конфігурації.

Для розширення технологічних можливостей встановимо мотор-шпиндель на рухомій платформі «трипода», що дозволить надавати обертальний рух оброблюваної деталі навколо її осі.



а)



б)

Рисунок 7 – Верстат HEXEL (США) (а) та робоча зона механізму з паралельною кінематикою типу «гексапод»

Висновки

Створення на основі паралельно-кінематичних механізмів нових верстатів механічної обробки, зокрема віброабразивної, значно розширить можливості технологічних процесів фінішної обробки складно-просторових внутрішніх та зовнішніх поверхонь деталей, які іншими способами обробити неможливо або вкрай важко.

Література

1. Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович. Спеціальний верстат для віброабразивної обробки деталей складної конфігурації / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Ю.В. Булига, О.Д. Манжілевський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – №6(87). – С. 86-89. – ISSN 1997-9266.
2. Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович. Використання елементів паралельної кінематики в установках для віброабразивної обробки виробів складної форми / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Ю.В. Булига, О.Д. Манжілевський // Вібрації в техніці та технологіях. – 2009. – №3(55). – С. 66-68. – ISBN 5-7763-9123.
3. Афонин Вячеслав Леонидович. Обработывающее оборудование нового поколения. Концепция проектирования / В.Л. Афонин, А.Ф. Крайнев, В.Н. Ковалев [и др.]; под ред. В.Л. Афонина. – М.: Машиностроение, 2001.–256 с. –ISBN 5-217-03093-3
4. Бушуев Виталий Васильевич. Механизмы параллельной структуры в машиностроении. / В. В. Бушуев, И. Г. Хольшев // СТИН. – 2001. – №1. – С. 3 – 8.
5. Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович. Сучасне обладнання для віброабразивної обробки деталей складної конфігурації / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Ю.В. Булига, О.Д. Манжілевський // Наукові нотатки: міжвузівський збірник. Луцьк. – 2011. – №31. – С. 134–138. – УДК 621.(0)÷629.7; 539.
6. Глазунов Виктор Аркадьевич. Пространственные механизмы параллельной структуры: / В.А. Глазунов, А.Ш. Колискор, А.Ф. Крайнев. – М.: Наука, 1991. – 95 с. – ISBN 5-02-006759-8.
7. Schoppe E. Tripod Machine SKM 400 Design, Calibration and Practical Application. / E. Schoppe, A. Ponisch, V. Maier, T. Puchtler, S. Ihlenfeldt // 3-rd Chemnitz Parallel Kinematics Seminar: Development Methods and Application Experience of Parallel Kinematics. – Chemnitz, 2002. – P. 579–594.
8. Neumann K.E. Tricept Applications. 3-rd Chemnitz Parallel Kinematics Seminar: Development Methods and Application Experience of Parallel Kinematics. / K.E. Neumann // Chemnitz, 2002. – P. 547–551.

9. Bonev I. A. Geometric Analysis of Parallel Mechanisms. / I. A. Bonev // Ph.D. dissertation, University of Laval, Quebec, Canada, – 2002. – 28 p.

Автори статті:

Манжілевський Олександр Дмитрович - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри металорізальних верстатів та обладнання автоматизованого виробництва Вінницького національного технічного університету;

Булига Юрій Володимирович - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри металорізальних верстатів та обладнання автоматизованого виробництва Вінницького національного технічного університету.