

УДК 621.9.06

ДОСВІД СТВОРЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

Кириченко А. М.

Кіровоградський національний технічний університет

Сучасний стан розвитку технологічного обладнання паралельної структури у світі характеризується кількома тенденціями.

Стрімка еволюція 3D принтерів надала значний поштовх розвитку певних механізмів паралельної структури, зокрема для механізму «лінійний дельта» достатньою для промислового застосування мірою вирішено задачі кінематики, геометричної оптимізації, і найважливіше – автоматичного калібрування.

Механізми «дельта» з поворотними приводами широко використовуються у швидкісних промислових роботах для сортувально-пакувальних операцій. Хоча роботи SCARA практично наздогнали їх за характеристиками швидкодії (Stäubli TP80), беззаперечною перевагою паралельних роботів є мала вага робочого органа, що забезпечує менше навантаження на приводи, краще відтворення траєкторії, зменшує зношування. Таким чином, роботи паралельної структури міцно займають нішу швидкісного маніпулювання невеликими об'єктами.

Принципова відмінність верстатів від роботів та принтерів – на кілька порядків більша маса робочого органа, жорсткість і геометрична точність, що значно обмежує перспективи застосування механізмів паралельної структури.

За характеристиками швидкості (90-120 м/хв) та прискорення (до 2-3g) серійні промислові 3-осьові верстати для високошвидкісної обробки (а також 5-осьові з поворотним столом) зрівнялись з відомими верстатами паралельної структури, не маючи при цьому їх недоліків. Хоча верстати паралельної структури можуть забезпечити більш високу швидкість, необхідність створення таких верстатів практично відсутня, тим більше з врахуванням їх підвищеної складності.

Багатокоординатні верстати паралельної структури не здатні конкурувати з традиційними 5-осьовими верстатами внаслідок обмежених кутів повороту робочого органа, тому їх можна застосовувати лише для окремих операцій механічної обробки (гексаподи Mikrolar). Певні перспективи мають багатокоординатні верстати комбінованої структури (Metrom, Exechon). Доцільним є також створення легких мобільних верстатів паралельної структури для роботи у польових умовах.

З урахуванням наведених тенденцій у лабораторії мехатроніки ХНТУ спроектовано та виготовлено кілька дослідних зразків обладнання паралельної структури.

1. 3D принтер «лінійний дельта»: технологія наплавлення, матеріали ABS, PLA та інші, максимальний розмір виробу $\varnothing 450 \times 700$ мм, товщина шару 0,1-0,5 мм, продуктивність до $25 \text{ мм}^3/\text{с}$. Система управління на базі спеціалізованої плати з мікропроцесором ARM, завантаження програми з ПК через локальну мережу. Автоматичне уточнення геометрії за допомогою вбудованого датчика.

2. Дельта-робот [1]: система ЧПУ LinuxCNC, переміщення деталей за допомогою магнітного захвату. Швидкість до 180 м/хв, прискорення 10g. Робоча зона $\varnothing 400 \times 150$ мм. Привід важелів від сервомоторів 50 Вт з редукцією 1:50.

3. Шестикоординатний верстат-гексапод (платформа Гауфа-Стюарта) [2]: система ЧПУ LinuxCNC, постпроцесор для 3-осьової та безперервної 5-осьової обробки. Робоча зона XYZ $300 \times 300 \times 300$ мм, ABC 60° . Швидкість переміщення XYZ до 30 м/хв, прискорення $10 \text{ м}/\text{с}^2$. Сервоприводи 1кВт, шпиндель 2.2кВт, 24000 хв^{-1} .

4. П'ятикоординатний верстат-пентапод [3, 4]: система ЧПУ LinuxCNC, постпроцесор для безперервної 5-осьової обробки. Робоча зона XYZ $200 \times 200 \times 200$ мм, A 95° , B 30° .

Швидкість переміщення XYZ до 30 м/хв, прискорення 1g. Сервоприводи 1 кВт, шпindel 2,2 кВт, 24000 хв⁻¹.

Для переліченого обладнання повністю або частково виконано наступні задачі:

- кінематичний аналіз [3, 5], розробка (вдосконалення) програмних модулів;
- визначення робочої зони [6], просторової жорсткості [4], геометрична оптимізація;
- розробка засобів непрямой ідентифікації геометричних параметрів [7];
- забезпечення точного повторюваного позиціонування у задане початкове положення (homing).

Результати досліджень та випробувань показують, що властиві механізмам паралельної структури проблеми проявляються сильніше із зростанням складності обладнання, вимог до точності та жорсткості. Розроблений 3D принтер має просту конструкцію, може використовувати дешеві шарніри, відповідає поставленому технічному завданню і повністю готовий до промислового використання. Дельта-робот потребує більш досконалих шарнірів, має певні недоліки конструктивного виконання, вимагає точного регулювання. Тоді як для промислового використання верстатів паралельної структури необхідні додаткові дослідження та дослідно-конструкторські роботи.

Виявлені проблеми визначають напрями подальших досліджень:

- розробка нових конструкцій точних, жорстких, надійних шарнірів з достатніми кутами повороту;
- розробка технічних і програмних засобів автоматизованої ідентифікації геометричних параметрів верстатів та роботів паралельної структури під управлінням LinuxCNC;
- розробка принципово нових компоновок верстатів комбінованої структури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kyrychenko A. Open source CNC software for parallel manipulators // Proceedings of the International Ukrainian-Japanese Conference on Scientific and Industrial Cooperation; 24 – 25 October 2013. – Odessa: ONPU, 2013. – 242 p.
2. Новіков М. Розроблення верстата-гексапода з шестикоординатною системою ЧПК і результати його дослідницького застосування / М. Новіков, В. Струтинський, А. Кириченко // *Машинознавство*. – Львів : ТзОВ «КІНПАТРИ ЛТД», 2011. – №5-6 (167-168). – С. 3-10.
3. Кириченко А. М. Кінематика п'ятикоординатного верстата з паралельною структурою / А. М. Кириченко, О. В. Шелепко, С. П. Сапон // *Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки»*. – Чернігів, 2013. – № 3 (67). – С.100-104.
4. Кириченко А. М. Експериментальне дослідження жорсткості шарнірів робочого органа багатокоординатного верстата паралельної структури «пентапод» / А. М. Кириченко, О. В. Шелепко // *Вісник Херсонського національного технічного університету*. – 2015. – №4(55). – С. 31-35.
5. Кириченко А. М. Особливості кінематики гексапода з карданними опорами та гвинтовими приводами ланок / А. М. Кириченко // *Вісник Тернопільського національного технічного університету*. – Тернопіль : ТНТУ, 2011. – Том 17, № 2. – С. 83-88.
6. Кириченко А. М. Геометрична побудова робочого простору обладнання з механізмами паралельної структури / А. М. Кириченко, В. Б. Струтинський // *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. – Кіровоград : ХНТУ, 2011. – Вип. 24. – С. 216-222.
7. Кириченко А. М. Підвищення геометричної точності гексапода // *Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. – Кіровоград : ХНТУ, 2013. – Вип. 43, ч. I. – С. 284-290.