
УДК 621.9

ТЕОРЕТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕХАНІЗМІВ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗОНИ НАВАНТАЖЕННЯ

Дмитрієв Д.О., Русанов С.А.

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

Анотація: В роботі показано алгоритм вибору заходів, які дозволяють зменшити впливи технологічних факторів на точність обробки механізмами паралельної структури на прикладі вибору розташування заготовки при обробці на верстаті з паралельною кінематикою. Алгоритм заснований на послідовному використанні програмних продуктів для аналізу роботи глайд-обладнання Tools Glide та Tools Response. Простежено зміну параметрів точності аналізованого обладнання як функції еліпсоїдів податливостей аж до прорахунку відхилень для заданої навантажувальної сили. Вказані можливості дозволяють надати рекомендації вибору компоновки механізму паралельної структури і дозволять оптимізувати обробку в ракурсі найменшого відхилення від заданої кінцевої форми. Дані рекомендації можуть бути виконані з мінімальної кількості технологічних операцій або ж лише тільки за рахунок правильного встановлення заготовки, якщо наперед вибрана та чи інша стратегія обробки.

Ключові слова: пружні властивості, еліпсоїд податливості, стратегії обробки, компоновка, механізми паралельної структури.

Механізми паралельної структури (МПС) займають сьогодні значний масив обладнання в багатьох технологічних галузях. В даних механізмах вихідна ланка з'єднана з основою декількома кінематичними ланцюгами, кожен з яких або містить привід, або накладає деяке число зв'язків на рух вихідної ланки. Особливості таких механізмів приводять до зменшення розмірів і мас рухомих ланок зі збереженням рухливості вихідної ланки, що найчастіше й обумовлює область застосування [1, 2].

Разом з широким охопленням галузей існує різноманітність типів механізмів паралельної структури, а в рамках кожного типу є множина можливих компоновок. При синтезі технологічного обладнання або вибору тієї чи іншої компоновки такого роду обладнання доводиться вирішувати безліч проміжних задач, серед яких присутні прямі й зворотні кінематичні задачі, задачі статичного та динамічного відклику конструкцій з врахуванням зворотного зв'язку в системі, задачі оптимізації тощо. Задачі кінематики (пряма та зворотня) МПС, задачі по їх напружено-деформованому стану та його впливу на точність обробки постають не тільки на етапі компоновок та проектування механізмів, але й при вирішенні більш вузьких проблем, таких як оптимізація на рівні вузлів та агрегатів, складання стратегій обробки для оброблювального обладнання з МПС та ін. Взаємовплив ступенів свободи ускладнює задачу керування такими механізмами. Одна з таких задач – задача правильного взаємного орієнтування системи «каркас – деталь – інструмент» [3-5].

Метою даної роботи є розгляд та чисельне вирішення вказаної задачі в ракурсі взаємного розташування системи «каркас – деталь» наперед заданій компоновці та для обраної типової стратегії обробки з напрацюванням алгоритму рішення та висвітленням усіх етапів розрахунків.

В якості дослідної компоновки прийнято верстат з паралельною кінематикою СФВПК-4 пірамідальної форми по патенту України № 86533, для якої проведено генерування зворотної задачі кінематики в Tools Glide [6] з отриманням відповідних L -координат та зон обробки. Масив даних, що описує геометрію та результати рішення задачі зворотної кінематики надалі було імпортовано в блок Tools Response [7, 8]. Параметром, що досліджується, була висота встановлення заготовки уздовж вертикальної осі z (рис. 1, а).

Tools Response дозволяє отримати серію анімацій еліпсоїдів податливостей. Такі дані однозначно вказують на вимогу найнижчого розташування заготовки (рис. 1, б).

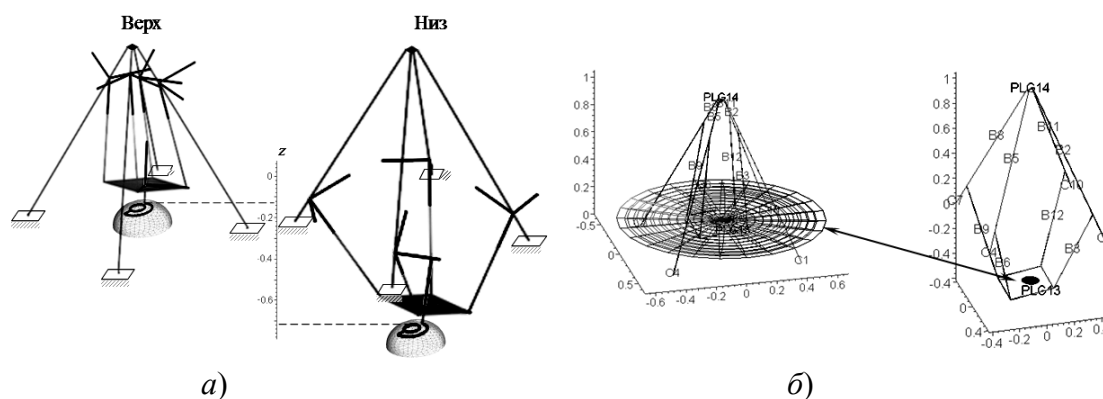


Рис.1. Можливі розташування заготовки по координаті z в робочому просторі верстату (а) і еліпсоїди податливостей при переході від верхнього розташування заготовки до нижнього (б)

Важливим тут є поточне співвідношення жорсткостей стрижнів, що несуть навантаження, наприклад, відношення крутильної жорсткості стрижня до жорсткості відносно згину. При превалюванні в загальній деформації (що визначається відтискуванням інструменту на рухомій платформі) згинної складової над крутильною (за співвідношенням відповідних моментів інерції), ми отримуємо наступні результати.

Можливості системи Tools Response дозволяють простежити актуальність такої рекомендації аж до прорахунку та порівняння відхилень при обробці для деякої наперед заданої сили обробки (сили різання) при різних варіантах закріплення заготовки. В роботі, як приклад, силу \mathbf{P} було задано уздовж вектору дотичної $\boldsymbol{\tau}$ для всієї довжини обробки (орієнтація осі інструменту – по нормалі до поверхні в опорних точках траєкторії) як

$$\mathbf{P} = P\boldsymbol{\tau}. \quad (1)$$

Серія розрахунків для стратегії руху інструменту спіраль на сфері (див. рис. 1, а) зі зміною висоти розташування заготовки показує поступове зменшення похибки обробки (рис. 2 а). На нижньому положенні відбувається «видавлювання» деформацій напрямних з залишенням похибки, що виникає за рахунок лише деформації штанг глайд-обладнання (рис. 2, б).

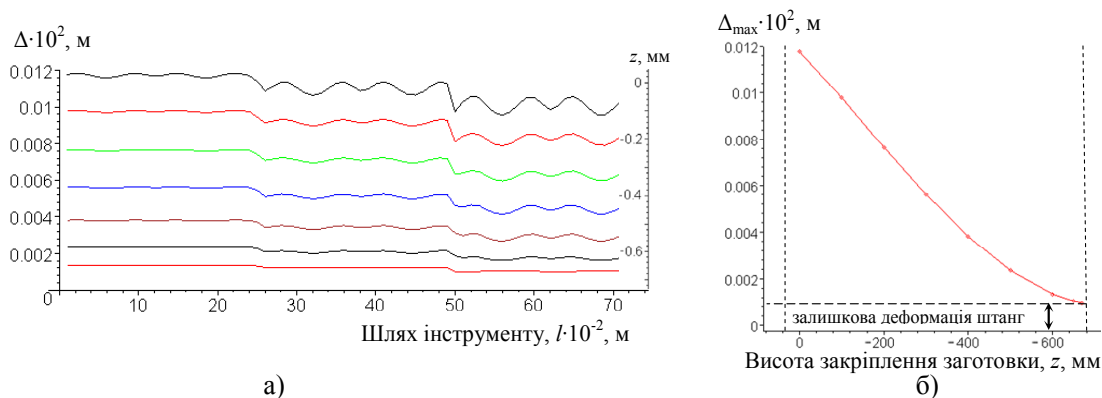


Рис. 2. Зменшення похибки обробки для різних розташувань заготовки – похибки як функції шляху інструменту (а) та максимальні похибки в залежності від розташування (б)

Висновки. В роботі показано алгоритм щодо вибору заходів, які дозволяють зменшити впливи технологічних факторів на точність обробки механізмами паралельної структури на прикладі вибору розташування заготовки при обробці на верстаті з паралельною кінематикою СФВПК-4 пірамідальної форми. Алгоритм заснований на послідовному використанні програмних продуктів для аналізу роботи глайд-обладнання Tools Glide та Tools Response та може бути використаний для широкого спектру компоновок. В роботі простежено зміну параметрів точності аналізованого обладнання як функції еліпсоїдів податливостей аж до прорахунку відхилень для заданої сили навантаження.

Список літератури:

1. *Афонин В.Л., Крайнев А.Ф., Ковалев В.Е. и др. Обработкающее оборудование нового поколения. Концепция проектирования / Под ред. В.Л. Афонина. – М.: Машиностроение, 2001.-256 с., ил.*
2. *Кузнецов Ю.М. Компоновки верстатів з механізмами паралельної структури: Монографія / Ю.М. Кузнецов, Д.О. Дмитрієв, Г.Ю. Діневич; під ред. Ю.М. Кузнецова. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – 456 с.*
3. *Кузнецов Ю.Н. Упруго-напряженное состояние несущей системы станка пирамидальной компоновки / Кузнецов Ю.Н., Кеба П., Неделчева П.М. // Международная научно-практическая конференция UNITECH'13, г.Габрово, (Болгария), 2013*
4. *Кузнецов Ю.Н. Исследование влияния угла наклона граней каркаса на его упруго-напряженное состояние / Кузнецов Ю.Н., Неделчева П.М., Степаненко А.А., Манжола М.Ю. // Международная научно-практическая конференция UNITECH'13, г.Габрово, (Болгария), 2013*
5. *The development of the design theory of new machine-tools configurations based on system analysis and synthesis of mechanisms of parallel structure // Research report №2267-F, Research director. professor Yu.M. Kuznetsov, NTUU "KPI", Kyiv.-2011.-284 p.*
6. *Комп'ютерна програма "ToolsGLIDE". Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №57913. / С.А. Русанов, Д.О. Дмитрієв, П.В.Кеба, Ю.М. Кузнецов. – Заявл. 03.11.2016; Опубл. 29.12.2016.*
7. *Русанов С.А. Комплексний аналіз механізмів паралельної структури засобами цільових систем автоматизованого моделювання / С.А. Русанов, Д.О. Дмитрієв // Тези доповідей VII міжнародної науково-технічної конференції «Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти», Київ – Херсон, 2016, с. 152-155.*
8. *Дмитрієв Д.О. Розробка технічних засобів проектування технологічного і верстатного обладнання каркасних просторових компоновок / Д.О. Дмитрієв, С.А. Русанов, А.А. Омельчук, Д.Д. Федорчук // Mechanics and Advanced Technologies Вісник НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського». Серія машинобудування. Вип.3 (81). – К: НТУУ «КПІ», 2017. - С. 54-62*