

Струтинський В. Б.
Федориненко Д.Ю.

Національний технічний
університет України
«Київський
політехнічний
інститут»

УДК 621.822.172

СТАТИЧНІ ДЕФОРМАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГУЛЬОВАНИХ ШПИНДЕЛЬНИХ ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОР

Рассмотрены вопросы разработки и исследования статических характеристик регулируемой конструкции гидростатических опор шпинделя.

The problems of development and research of static descriptions of the adjustable construction of the spindle hydrostatic bearings are considered.

Вступ

На сьогоднішній день в умовах жорсткої конкуренції на ринках збуту продукції актуальною проблемою є підвищення якості машинобудівних виробів, продуктивності виробництва та скорочення термінів його технічного підготовки. Проблема якості та продуктивності безпосередньо пов'язана з точністю та продуктивністю механічної обробки, і, передусім, з точністю та робочими швидкостями шпиндельних вузлів, як однієї з основних формуючих ланок динамічної системи верстата.

Тенденція розвитку світового верстатобудування виявляє необхідність забезпечення точності обертання шпиндельних вузлів в межах десятків часток мікрометра поряд із значним зростанням їх робочих швидкостей (у діапазоні 8000-18000 хв⁻¹).

Одними з найбільш перспективних типів шпиндельних опор для забезпечення прецизійної високошвидкісної обробки є гідростатичні підшипники, які поряд з високою жорсткістю та демпфіруючою здатністю дозволяють керувати вихідними параметрами точності обертання шпинделя. Слід зазначити, що існуючі конструкції гідростатичних опор (ГСО) не можуть бути використані в прецизійних шпиндельних вузлах з частотою обертання понад 10000 хв⁻¹. Це, насамперед, пов'язано з відсутністю ефективних засобів зниження вібрацій під час експлуатації шпиндельних вузлів.

Аналіз останніх досліджень

Закордонними розробниками [1] випробувані фрезерні головки з гідростатичним шпинделем на спеціальному малов'язкому мащенні. Там же відмічається, що на високих швидкостях обертання (понад 30000 хв⁻¹) для

високопотужної обробки гідростатичні підшипники на малов'язкому мащенні мають істотні переваги над шпиндельними підшипниками кочення завдяки чималій демпфірувальній здатності.

Можливість керування точністю, жорсткістю, вібростійкістю ГСО опор створює передумови для їх застосування в системах адаптивного керування точністю механічної обробки [2].

Визначальним параметром ГСО з точки зору забезпечення стабільності положення осі обертання шпинделя під впливом зовнішнього навантаження є розмір мастильного шару в опорах [3]. В наш час використовують різноманітні способи керування параметрами мастильного шару в ГСО, але поряд зі значними перевагами вони мають ряд недоліків, що стримують промислове використання регульованих шпиндельних опор.

Наприклад, існуюча конструкція регульованої ГСО [4] не відповідає умовам максимальної жорсткості підшипника. Окрім того, наявність довгої конічної поверхні обумовлює нерівномірність деформації гідростатичної втулки на опорній довжині підшипника. Так, в процесі регулювання радіального зазору при осьовому русі цанги через похибки виготовлення двох довгих спряжених конічних поверхонь виникають додаткові деформації втулки в аксіальному напрямку, що обумовлює нерівномірність радіального зазору [5].

Розробка ефективних способів керування мастильним прошарком в шпиндельних ГСО під навантаженням дозволить істотно підвищити точність та продуктивність обробки різанням.



Постановка задач дослідження

Задачею даної роботи є розробка та дослідження деформацій нової конструкції регульованої ГСО з метою підвищення точності обертання шпindelного вузла в процесі механічної обробки заготовок.

Результати досліджень

Однією з основних характеристик, що впливає на точність обертання шпindelа на ГСО, є величини статичного та динамічного радіального зазору в його опорних вузлах. Важливим також бачиться питання забезпечення сталості величини регульованого зазору в опорі, оскільки, з одного боку, її зменшення призводить до збільшення статичної підйомної сили, жорсткості мастильного прошарку, демпфірування колівань і зменшення витрат рідини, проте, з іншого боку, істотно зростають втрати потужності на тертя, інтенсивніше відбувається нагрівання мастила за рахунок його дроселювання, та зменшується здатність компенсувати похибки виготовлення опорних шийок шпindelа.

Для забезпечення можливості регулювання жорсткості, витрати рідини та з метою підвищення точності обертання шпindelа запропонована оригінальна конструкція деформованої гідростатичної втулки регульованої опори.

Гідростатична втулка (рис. 1, 2) включає групу пазів криволінійного профілю, між якими утворені кармани, які підключені через постійні дроселі до джерела стисненої рідини, причому зазначені пази розташовані в безпосередній близькості один від одного, а сусідні пази виконані по чергово на внутрішній та зовнішній поверхнях втулки. На зовнішній поверхні гідростатичної втулки виконані два конічних пояски (кут нахилу рухомої частини $\beta = 15^\circ$), які в процесі регулювання радіального зазору взаємодіють з конічними поверхнями нерухомої втулки підшипника. При деформуванні втулка дозволяє регулювати діаметральний зазор з утворенням біля кожного карману несучого мастильного шару.

Базовою деталлю регульованого радіального гідростатичного підшипника є корпус 1 (рис. 1). В отвір корпуса встановлено з натягом втулку 3, що має на внутрішній поверхні два конічних пояски, по яким ковзатиме гідростатична втулка 6. Гідростатична втулка 6 виконана з системою поздовжніх пазів 12, між якими утворені п'ять карманів 4. Також вона має напрямний поясок та шпонку (на рисунку не показані), що остаточно орієнтують її в корпусі. З робочої сторони підшипника нерухома втулка 3

підтискається фланцем 7. На хвостовій частині гідростатичної втулки виконано різь, яка призначена для нагвинчування на неї гайки 2, що упирається в торець корпуса 1 і виконує роль натяжного елемента. В отвори гідростатичної втулки з різью загвинчено штуцери 5, що мають можливість вільно переміщуватись разом з втулкою в межах регулювання зазору. Для розвантаження опорної частини підшипника від осьових зусиль в різьовому з'єднанні на хвостовій частині втулки 6 виконані в тангенціальному напрямку десять наскрізних отворів 13.

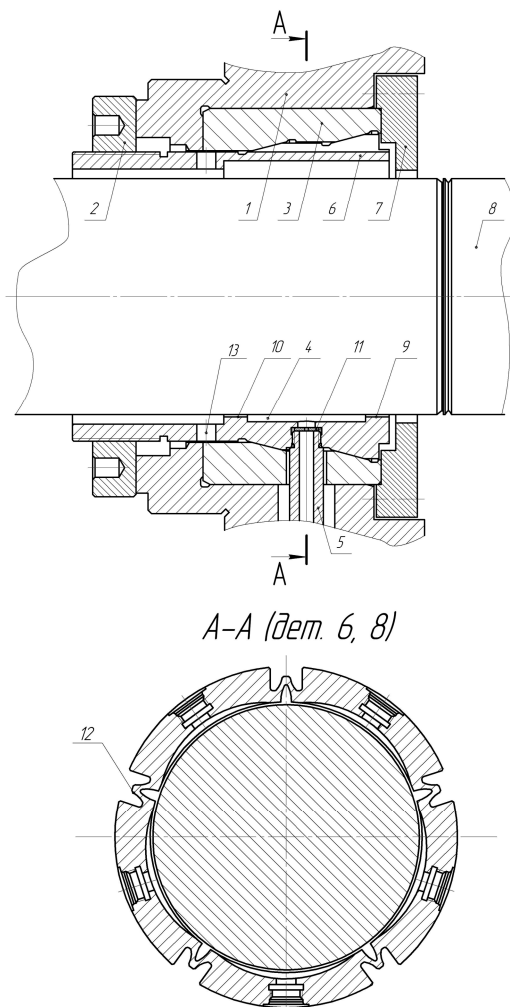


Рис. 1 Конструкція регульованої ГСО

Регульований радіальний гідростатичний підшипник працює наступним чином. Робоча рідина під тиском від насоса подається через штуцери 5 і дросельні шайби 11 до карманів 4 гідростатичної втулки 6, де створюється несучий шар робочої рідини, яка підтримує шпindel 8 в певному положенні. Вихід рідини в картер шпindelної бабки з карману відбувається через перемички 9 і 10, що