

П.Г.Матяж, магістрант
Науковий керівник – к.т.н., проф. Лоєв В.Ю.
Житомирський державний технологічний університет

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ПЕРЕДНЬОЇ ОПОРИ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ НА ТОЧНІСТЬ І ЯКІСТЬ ОБРОБКИ

Шпиндельні вузли є найбільш відповідальними механізмами верстатів. Від досконалості конструкції, а також від якості виготовлення й складання шпиндельного вузла залежить точність обробки.

Шпинделі служать для закріплення й обертання різального інструменту і забезпечують його задане положення по відношенню до інших вузлів верстата. Для забезпечення необхідної точності верстата в межах необхідного терміну служби шпинделі повинні мати:

- а) жорсткість, достатню для запобігання неприпустимих деформацій від сил різання і приводу;
- б) стабільність положення осі при обертанні і поступальному русі;
- в) зносостійкість шийок, посадкових та базуючих поверхонь під патрони, планшайби і інструмент.

За умовами роботи шпинделі можуть бути розділені на наступні групи:

1) шпинделі, піддаються згинаючим і крутним впливам (токарних, фрезерних, шліфувальних і інших верстатів);

2) шпинделі, схильні переважно крутним впливам і тому мало впливають на точність і шорсткість оброблених поверхонь (свердлильних, різьбонарізних верстатів).

В останні роки в практиці верстатобудування намітилася тенденція до створення жорстких конструкцій шпинделів. Підвищення жорсткості шпинделів досягається за рахунок збільшення діаметру або площі поперечного перерізу, застосування додаткових опор, підвищення жорсткості опор кочення за рахунок створення попереднього натягу і т.д.

Підвищені вимоги до технічного рівня і якості шпиндельних вузлів призвели до значних змін їх конструкції. Використані раніше схеми шпиндельних вузлів зараз вже не забезпечують отримання необхідних показників якості через недостатню швидкохідність упорних кулькових підшипників. Практично не випускаються верстати з раніше розповсюдженими трьох- та чотирьохопорними шпиндельними вузлами (виключення становлять шпиндельні вузли для шліфування глибоких отворів). В основу нових типових конструктивних схем шпиндельних вузлів покладені нові види підшипників кочення.

Використання упорно – радіальних кулькових підшипників з кутом контакту 60° , прецизійних конічних роликпідшипників, радіально – упорних кулькових підшипників по схемі «триплекс» та так званих шпиндельних кулькових підшипників дозволило провести конструктивну уніфікацію шпиндельних вузлів.

Аналіз конструкцій високошвидкісних шпиндельних вузлів та параметрів їх швидкохідності дозволяє зробити висновок, що більше 90% створених високошвидкісних шпиндельних вузлів випускаються на підшипниках кочення, причому 75% конструкцій в передній опорі встановлені радіально – упорні кулькові підшипники по схемі «триплекс». Використання радіально – упорних кулькових підшипників в шпиндельних вузлах металообробних верстатів буде поширюватись.

Розрахунок статичної жорсткості (радіальної і осьової), проводять з метою порівняння жорсткості спроектованого вузла, з жорсткістю існуючих вузлів того ж розміру при виборі типу опор або серії підшипників кочення, а також для визначення мінімально допустимої відстані між опорами і величин пружних деформацій, приведених в зону різання. Жорсткість підшипників кочення сильно залежить від величини зазору-натягу, яка в свою чергу суттєво змінюється в результаті нагріву. Тому при розрахунку жорсткості шпиндельного вузла необхідно використовувати не монтажну величину зазору-натягу, а фактичну з врахуванням нагріву.

Динамічна якість верстата визначається стійкістю системи і характеристикою її реакції на зовнішні впливи. Якщо, в спроектованому вузлі власна частота обертання недостатньо висока, то досліджуються можливості її підвищення. Налаштування від резонансних частот здійснюється завдяки зміні основних параметрів шпиндельного вузла і приводу: діаметру шпинделя або відстані між опорами, вильоту переднього кінця шпинделя, типорозміру шпиндельних підшипників або величини попереднього натягу в них, жорсткості з'єднуючих елементів шпинделя з приводом, розмірів і схем розташування приєднувальних мас.

Аналіз результатів температурних розрахунків шпиндельного вузла верстатів фрезерно-розточної групи показав характерну залежність температури опор від частоти обертання. Конструктивні

особливості корпусу ШВ і шпинделя, а також особливості системи змащення, характеристики і кількості мастильного матеріалу, який подається в опори, можуть впливати на умови тепловідлення і тепловідводу від підшипників. Складність теплофізичних процесів які відбуваються в опорах високошвидкісних ШВ при нових ефективних змащеннях, змушує на практиці, замість дослідження на розрахунковій моделі проводити експеримент на дослідному зразку ШВ.

У ході роботи випробування проводяться на холостому ходу, з тих міркувань, що похибки виготовлення мають істотне значення тільки при чистовій обробці, тобто при малих навантаженнях верстата, коли втрати на тертя незначно більші, ніж при холостому ходу, а випробування на холостому ходу значно спрощують проведення досліджень.

Слід, однак, мати на увазі, що при роботі верстата з навантаженням внаслідок зростання втрат на тертя температурні деформації вузла шпindelної бабки будуть протікати більш інтенсивно.

Температурні деформації виникають у зв'язку з нагріванням шпindelного вузла і, як наслідок, відбувається подовження шпинделя, що веде до зменшення розміру оброблюваної деталі. Уникнути такої деформації неможливо, так як нагрівання - неминучий наслідок впливу сил тертя. Однак можна мінімізувати похибки, якщо враховувати час, необхідний для встановлення теплової рівноваги, тобто дати верстату час нагрітися на холостому ходу для того, щоб зменшити надалі відсоток браку.

Технічний рівень сучасних високошвидкісних шпindelних вузлів в багатьох випадках залежить від температурного аналізу на різних стадіях проектування. Якщо раніше проектування шпindelного вузла могло базуватися на подібності з добре зарекомендованими себе конструкціями, то в сучасних умовах необхідно проводити температурний розрахунок з оптимізацією розмірів вузла, систем охолодження і змащування.

В аналіз температурних характеристик шпindelного вузла входять:

- оцінка впливу конструкційних параметрів (конструктивної схеми, типорозмірів опор, конструкції шпинделя і корпусу) на температурні характеристики вузла;
- оцінка впливу умов роботи (охолодження, змащування, монтажних зазорів-натягів в підшипниках і т.д.);
- оцінка температурних полів і величини температурних деформацій;
- оцінка змін характеристик шпindelного вузла (жорсткості, динамічні характеристики, енергетичні затрати) завдяки нагріву.

Аналіз температурних характеристик можна провести на стадії ескізного проектування та створенні технічного проекту. На першій стадії перевіряється доцільність вибраного схемного рішення, на другій оцінюється вплив окремих розмірів, правильність вибору величин монтажних зазорів-натягів та кількості змащувального матеріалу, що забезпечують кращі температурні характеристики вузла.

Енергетичні характеристики розраховують при виборі типу опор (кочення, гідростатичних) та для визначення потужності привода. Із збільшенням частоти обертання енергетичні характеристики зростають і при високих швидкостях досягають суттєвих значень.

Проаналізувавши вище наведене можна зробити висновок, що поведінку шпинделя під навантаженням потрібно передбачити уже на стадії проектування, тобто слід зробити прогнозування його точності і надійності. Забезпечити якість і надійність сучасного металообробного обладнання є одною з найбільш важливих проблем машинобудування. Вирішення цієї проблеми зробить значний вплив для підвищення ефективності виробництва.