**Данильченко Юрій Михайлович. Наукові основи створення швидкохідних прецизійних шпиндельних вузлів металорізальних верстатів: дисертація д-ра техн. наук: 05.03.01 / Національний технічний ун-т України "Київський політехнічний ін- т". - К., 2003**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Данильченко Ю.М.** Наукові основи створення швидкохідних прецизійних шпиндельних вузлів металорізальних верстатів. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – Процеси механічної обробки, верстати та інструменти. – Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, Київ, 2003.  В дисертації висвітлені проблеми створення швидкохідних прецизійних шпиндельних вузлів (ШВ) на опорах кочення, представлені загальні основи формування їх вихідної точності, методологічні основи та результати досліджень.  Метод комплексного теоретичного і експериментального дослідження ґрунтується на використанні власної віброактивності ШВ на опорах кочення і полягає у визначенні амплітуд резонансних коливань і похибки обертання шпинделя в зонах локальних резонансів на частотах вимушених коливань, що генеруються підшипниками опор, на що отримано два авторських свідоцтва на винаходи (способи). Базу теоретичних досліджень складають геометрична і пружно-деформаційна моделі неідеального радіально-упорного кулькового підшипника та математична модель точності ШВ, в якій враховуються як похибки виготовлення й збирання вузла, так і наслідки дії зовнішнього навантаження будь-якого фізичного походження.  За результатами досліджень виявлені закономірності формування вихідної точності ШВ і розроблені рекомендації по використанню її резерву. | |
| |  | | --- | | 1. Розроблено наукові основи вирішення науково-технічної проблеми підвищення точності швидкохідних прецизійних ШВ на опорах кочення на підставі встановлення закономірностей впливу факторів функціонального, конструктивного і технологічного характеру на формування точності, та їх використання для забезпечення максимальної точності роботи ШВ, потреб їх контролю та діагностики. 2. На основі теоретичних та експериментальних досліджень доведено, що гранична точність швидкохідних прецизійних ШВ на опорах кочення визначається внутрішніми кінематичними збуреннями, викликаними похибками виготовлення доріжок кочення кілець і тіл кочення підшипників опор, а зменшення точності - змінністю (трансформацією) кінематичного збурення внаслідок дії навантажень різного фізичного походження (силових, монтажних, теплових тощо). Гранична точність швидкохідних прецизійних ШВ з шпинделями, встановленими на радіально-упорних кулькових підшипниках 2-го класу точності становить 0,030,1 *мкм*. 3. В робочих діапазонах частот обертання швидкохідних прецизійних ШВ на опорах кочення похибка обертання шпинделя є змінною величиною, залежною від прояву резонансних явищ на частотах внутрішніх кінематичних збурень підшипників опор. За результатами математичного моделювання та натурних випробувань ШВ з шпинделями, встановленими на радіально-упорних кулькових підшипниках 2-го класу точності, визначено, що при відсутності дії зовнішнього навантаження похибка обертання шпинделів в не резонансних зонах становить 0,20,5 *мкм*, а в окремих резонансних - перевищує 6 *мкм*. Розбіжність теоретично та експериментально отриманих значень не перевищувала 1025%. 4. Для оцінки точності швидкохідних прецизійних ШВ на опорах кочення в робочому діапазоні частот обертання необхідно крім регламентованих перевірок стабільності положення вісі шпинделя при його повільному обертанні проводити перевірку, що полягає у вимірюванні амплітуд резонансних коливань шпинделя на частотах внутрішнього кінематичного збурення, генерованого підшипниками його опор. Поєднання натурних випробувань ШВ в резонансних і не резонансних зонах дозволяє за рахунок визначення характеру зміни виміряних амплітуд коливань виключати з результатів вимірювання похибки схем і засобів вимірювання та здійснювати розрахунок залежності похибки обертання шпинделя від частоти його обертання. 5. При розробці математичних моделей, що описують процес формування точності підшипників кочення і використовуються для розрахунку викликаного ними кінематичного збурення необхідно враховувати, що зміщення центру внутрішнього кільця підшипника відносно номінального положення є векторною сумою початкового і пружного зміщень. Величина і характер результуючого кінематичного збурення підшипника визначається ступінню деформованості контактних груп і залежить від умов їх початкового контакту та напрямку й величини прикладеного до підшипника навантаження. 6. При розробці математичних моделей, що описують процес формування точності ШВ на опорах кочення необхідно враховувати як змінний характер внутрішнього кінематичного збурення підшипників опор, так і залежність значень частот власних коливань шпинделя від інерційних та пружних характеристик закріпленого в ньому інструменту (заготовки). 7. На основі теоретичних та експериментальних досліджень встановлено такі закономірності формування точності швидкохідних прецизійних ШВ з радіально-упорними кульковими підшипниками в опорах:   в робочому діапазоні частот обертання шпинделя існує декілька зон із підвищеною інтенсивністю радіальних коливань. Причиною утворення цих зон є збіг частот вимушених коливань (насамперед *fт/з*, *fт/в*± *f*0, 2*f*0, 3*f*0) із нижніми частотами власних коливань системи “шпиндель-оправка”. При цьому похибки виготовлення бігових доріжок і тіл кочення підшипників мають найбільший вплив в діапазоні частот обертання, що відповідають зонам локальних резонансів на характерних частотах вібраційних збурень підшипників (*fт/з*, *fт/в*± *f*0), а дія монтажних та зовнішніх навантажень – на частотах 2*f*0, 3*f*0;  для ШВ, зібраних на підшипниках одного класу точності залежно від якості збирання похибка обертання шпинделя в зоні локального резонансу на подвійній частоті його обертання (2*f*0) може відрізнятися більш ніж в 20 разів;  забезпечення максимальних значень демпфування для обраного типу підшипників і з’єднання шпинделя з оправкою дозволяє зменшити величину похибки обертання шпинделя в резонансних зонах в 1,72 рази.   1. На ВАТ “Львівський завод фрезерних верстатів” і заводі “Кристал” (м. Вінниця) впроваджено рекомендації по використанню підшипників легких серій в конструкціях ШВ при їх модернізації із збереженням габаритних розмірів, які дозволили підвищити статичну жорсткість системи “шпиндель-оправка” в 1,41,9 рази, динамічну жорсткість в 1,9 рази на першій формі і 3,56,0 разів на другій формі коливань, зменшити діапазони підвищеної віброактивності (похибка обертання шпинделя 0,5 *мкм*) з 21% робочого діапазону до 1013%. 2. Для ВАТ “Тернопільський комбайновий завод” запропоновані технологічні та експлуатаційні рекомендації, які дозволили підвищити ефективність процесу обробки деталей шліфувальними головками за рахунок виходу з зон локальних резонансів шляхом розмежування (в межах ± 6%) частот вимушених і власних коливань системи “шпиндель-оправка”. | |