

УДК 621.9-05

О.К.Цикун

Луцький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ДЛЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ШЛІФУВАННЯ ПОВЕРХНІ КОЧЕННЯ КІЛЕЦЬ ПІДШИПНИКІВ

Забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик підшипників в більшості випадків залежить від якості поверхонь обертання складових деталей. Великий вплив на довговічність підшипників здійснюють хвилястість та макрогеометричні похибки спряжених поверхонь. Пропонується ще один варіант адаптивної системи керування якістю обробки на операціях шліфування в якому в якості інформативного параметру використовується сигнал акустичної емісії.

Ключові слова: *Якість, точність, акустична емісія, система керування.*

Проблема забезпечення заданої точності виготовлення деталей на металоріжучих верстатах виникла з появою металообробки. Набутий в промисловості досвід розробки і використання систем автоматичного управління технологічним обладнанням відноситься головним чином до фінішних операцій в масовому виробництві.

Забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик підшипників в більшості випадків залежить від якості поверхонь обертання складових деталей. Руйнування деталей підшипників при їх експлуатації, як правило починається з погіршення характеристик робочих поверхонь, тому технічне вирішення проблеми підвищення якості підшипників в значній мірі пов'язане з технологічним забезпеченням якості поверхневого шару деталей, яке охоплює як геометричні характеристики, так і фізико-хімічні властивості [1].

Великий вплив на довговічність підшипників здійснюють хвилястість та макрогеометричні похибки спряжених поверхонь. Ці дефекти зменшують площу поверхні контакту збільшуючи разом з тим граничні навантаження в порівнянні з розрахунковими. Зменшуючи макрогеометричні похибки та керуючи хвилястістю доріжок кочення кілець підшипників можливо збільшити термін служби підшипників.

На відміну від параметрів шорсткості, параметрам хвилястості приділялася менша увага в плані дослідження та стандартизації. Під хвилястістю поверхні розуміють сукупність нерівностей які періодично повторюються та відстань між якими значно перевищує їх висоту. Хвилястістю поверхні вважають нерівності з кроком 1...10 мм. Висота нерівностей хвилястості та шорсткості практично однакова, проте відношення довжини кроків до висоти нерівностей істотно відрізняється. Хвилястість визначається в перпендикулярному перерізі поверхонь, виключаючи при цьому шорсткість та відхилення геометричної форми.

Наявність хвилястості на оброблюваній поверхні деталей підшипників призводить до нерівномірності глибини різання, цей фактор здійснює вплив на температуру в зоні контакту інструменту і деталі, та разом з тим, на величину розповсюдження пластичної деформації поверхневого шару. Температура в зоні контакту інструменту та деталі являється визначним параметром для процесу різання і має великий вплив на якість оброблюваної поверхні.

В утворенні нерівномірного за твердістю поверхневого шару досить велику роль відіграє структурна технологічна спадковість. При шліфуванні або суперфінішуванні хвилястість усувається, а якість поверхні значно покращується. Однак це відноситься лише до геометричних властивостей поверхні. Фізико-механічні властивості в цьому випадку отримують м'які та тверді зони. Наявність хвилястості на оброблюваній поверхні впливає і на залишкові напруження. Зі збільшенням висоти хвилі збільшується глибина проникнення і абсолютна величина стискуючих абсолютних напружень, а розтягуючі напруження – знижуються.

Підсумовуючи вище викладене можна зробити висновок про те, що експлуатаційні характеристики і властивості підшипників залежать від показників фізико-механічного стану поверхні до яких відносяться параметри мікро- та макронерівностей поверхні, а також параметри, що характеризують фізико-механічні властивості поверхневого шару – мікротвердість, поверхневі напруження і інші.

Очевидно, що проблема забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик деталей зокрема і підшипників в цілому, зводиться до технологічного забезпечення відповідних значень параметрів, що характеризують геометричний і фізико-механічний стан робочих поверхонь складових деталей.

Останні роки особливо зріс інтерес до проблеми оптимізації технологічних процесів, в тому числі і процесів металообробки. Складність цих процесів, значна кількість параметрів, що їх характеризують стали причиною виникнення в металообробці цілого ряду аспектів постановки задач оптимізації, які вирішуються не лише змістом задач, що вирішуються, а саме вибором критеріїв оптимальності, але і підходом до вирішення задач.

Вимогам сучасного виробництва не задовольняє управління, що обмежується першопочатковим налагоджуванням устаткування, підналагоджуваннями координат розміщення інструменту, або заміною неякісного інструменту.

Багато технологічних процесів вимагають використання вдосконалених засобів керування, в тому числі самоналагоджувальні системи керування, які забезпечують оптимальний хід технологічного процесу навіть при випадкових коливаннях характеристик оброблюваності матеріалу і інтенсивності зношуваності інструменту, а також при температурних, силових та інших збуреннях.

Для створення таких систем управління точністю та якістю виробів необхідне математичне описання технологічного процесу з врахуванням наслідків впливу на нього широкого спектру різномірних зовнішніх та внутрішніх чинників.

Комплексна задача підвищення точності і ефективності обробки вирішується як за рахунок використання традиційних методів підвищення точності, які ґрунтуються на покращенні технологічних характеристик верстатів і проектування технологічних процесів з заданою точністю (конструкторські методи керування точністю та керування координатами розміщення інструменту відносно заготовки), так і за рахунок безпосереднього керування режимами різання, пружною системою, збуреннями, що впливають на процес механообробки. Переваги останнього напряму полягають не тільки в можливості зменшення впливу деяких чинників, що сприяють появі похибок формоутворення, але і повного їх вилучення шляхом використання зворотних зв'язків. Дослідження взаємозв'язків між чинниками, що супроводжують процес формоутворення, являється досить складним завданням багатофакторного аналізу, вирішення якого дозволило виділити домінуючі з них, які і покладені в основу функціонування систем автоматичного та адаптивного керування процесом механічної обробки деталей.

Технологічний процес шліфування має ряд істотних відмінностей від процесів різання лезовим інструментом: хаотичне розташування і різновисотність величезної кількості дрібних зерен на робочій поверхні круга; переривчаста ріжуча кромка у шліфувального круга; неправильна геометрична форма абразивних зерен і наявність у них округлених вершин, що утворюють негативні передні кути різання від 40° до 150° ; висока твердість, гострота, крихкість і термостійкість абразивних зерен; динамічний вплив кожного зерна на оброблюваний поверхневий шар; високий ступінь нагрівання оброблюваного матеріалу і стружки; висока швидкість і мала глибина різання; диспергування (роздрібнення) стружки супроводжується значними витратами енергії на подолання тертя (у 4-5 разів більше, ніж при фрезеруванні й у 12-15 разів більше, ніж при точінні).

Залежність процесу формування поверхні при шліфуванні від властивостей матеріалу оброблюваної деталі, гостроти ріжучих зерен, хімічного споріднення контактуючих пар, пластичної деформації і вібрацій докладно розглянута в роботі [2]. Варто відзначити, що на характер нерівностей обробленої поверхні може впливати перевага одного з цих факторів. Але умови формування поверхні, внаслідок затуплення і зміни форми зерен шліфувального круга, безупинно змінюються в часі.

Значний вплив на формоутворення поверхонь деталей при шліфуванні здійснюють вібрації, що є наслідком періодично виникаючих дефектів вузлів верстата й інструмента, тертя поверхні інструмента оброблювану поверхню й інші причини. При чистовому шліфуванні на утворення хвилястості, наприклад, найбільш активно впливають коливання оброблюваної деталі, шліфувальної бабки, шліфувального круга, співвідношення швидкостей деталі і круга, їхні розміри, число проходів і зрушення фаз хвиль при наступних проходах [3].

Амплітуда і частота вібрацій залежать від вібростійкості верстата, деталі та інструмента. У ряді випадків коливання можуть мати змінну амплітуду [4], величина якої в даний момент часу

випадкова. Це вкрай ускладнює встановлення причин появи вібрацій, характеру і закономірності їхнього впливу на формування поверхні деталі при її шліфуванні.

В значній мірі вказані недоліки можна усунути в адаптивних системах керування. До них відносять системи з самоналагодженням програми і адаптивні системи з самоналагодженням програми і структури. Причому системи із самоналагодженням програми більш правильно назвати оптимальними в технологічному змісті, оскільки останні здійснюють пошук оптимальної програми роботи, яка дозволяє максимізувати технологічну цільову функцію при виконанні технологічних обмежень.

Характерною рисою більшості існуючих на даний час систем автоматичного керування металоріжучими верстатами є аналоговий принцип їх роботи. Неперервні (аналогові) системи є інерційними, оскільки в якості параметрів регулювання при шліфуванні, як правило, використовують електричні параметри електродвигуна привода шліфувального круга, які побічно характеризують параметри процесу обробки. Вибір цих параметрів для регулювання зумовлений тим, що останні можуть бути достатньо точно і просто виміряні з допомогою відповідних перетворювачів. Порядок аналогових систем автоматичного регулювання зазвичай вище другого, що ускладнює задачу забезпечення стійкості і якості регулювання.

Усунути негативний вплив інерційності замкнутої системи на процес шліфування можливо декількома шляхами: підвищенням швидкодії окремих ділянок системи автоматичного регулювання; перетворення частотного спектру регулюемого сигналу з ціллю виділення для регулювання низькочастотних складових цього сигналу, що характеризують технологічні фактори процесу; введенням в замкнутий контур системи диференціюючих ділянок.

Перший шлях, що потребує пошуку принципових конструктивних доробок вузлів верстату, не забезпечує вирішення задачі, оскільки основною інерційною ділянкою системи є електродвигун шліфувального круга. Зменшити інерційність цієї ланки традиційними методами на даний час не можливо.

Другий шлях вирішення вказаної задачі має більші можливості для реалізації, оскільки дозволяє майже на порядок зменшити динамічну похибку регулювання у стійкій системі. Інваріантність системи до високочастотних складових сигналу регулювання приводить до зменшення швидкості дії збурювань. Як наслідок, покращується якість регулювання і надійність роботи системи.

Введення в контур системи ланок диференціювання для компенсації затримки сигналів теоретично є досить ефективним методом, оскільки при правильно вибраних параметрах настроювання вказаних ланок система керування стає практично безінерційною. Однак ефективність даного методу при його практичній реалізації знижується в силу двох причин: складності синтезу потрібної передатної функції ланок диференціювання; зменшення відношення сигнал/перешкод при диференціюванні флюктуаційних складових сигналу.

Пропонується ще один варіант вирішення проблем першого методу. При шліфуванні доріжок кочення кілець підшипників маса деталі (кілець) на декілька порядків (в залежності від типу верстата) менша. Якщо не можливо зменшити інерційність ланки (шліфувальний круг і його привід) то потрібно вибрати іншу ланку як об'єкт керування – кільце.

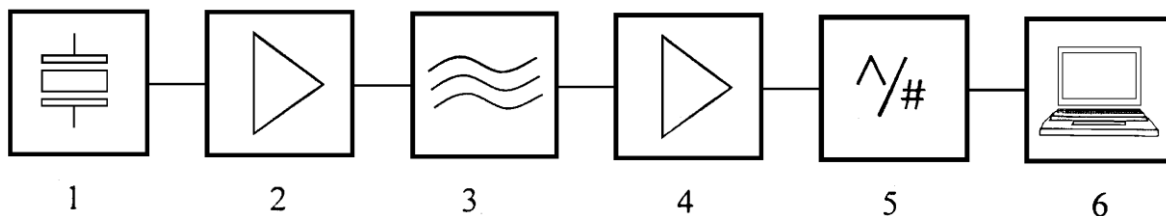


Рис.1 Структурна схема апаратури для прийому і обробки сигналу акустичної емісії

Інформацію про процес різання традиційно отримують використовуючи електричні параметри електродвигуна привода шліфувального круга, які побічно характеризують параметри процесу обробки. В той же час не слід забувати про те, що сам процес шліфування можна вважати інформативним параметром. В процесі різання (в даному випадку шліфування) генерується сигнал акустичної емісії в широкому діапазоні частот. Це викликано тим, що різання відбувається не

одним абразивним зерном, а багатьма зернами одночасно. Потужність такого сигналу, як було доведено експериментально, достатня для того щоб повністю відфільтрувати шуми верстату і отримати сигнал, що залежить лише від швидкості і глибини різання.

Існує багато виробників, які виготовляють апаратуру для реєстрації сигналів акустичної емісії. Сучасні системи акустично-емісійного контролю хоча і є універсальнішими та точнішими, але призначені в першу чергу для задач дефектоскопії і використовуються як засоби неруйнівного контролю у різних галузях промисловості. Це накладає обмеження на використання стандартної

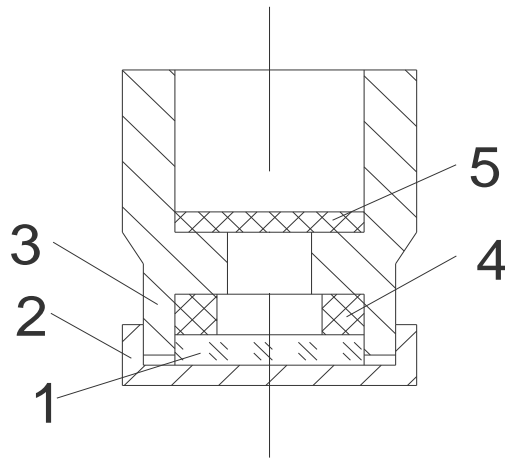


Рис. 2 Пієоперетворювач акустичної емісії

апаратури для реєстрації сигналу акустичної емісії у виробничих умовах машинобудівних підприємств для діагностування процесів обробки.

Для дослідження інформативності та взаємозв'язку сигналу акустичної емісії з іншими інформативними параметрами було сконструйовано та виготовлено апаратуру прийому та обробки сигналу акустичної емісії (рис. 2), яка складається з пієоелектричного перетворювача 1, попереднього підсилювача сигналів 2, блоку активних фільтрів 3, основного підсилювача 4, реєстратора сигналів 7, аналогово-цифрового перетворювача 5 та комп'ютерної системи прийому даних 6 для подальшої обробки сигналів.

Основним елементом датчика акустичної емісії є пієоелектричний кристал, який перетворює механічний рух (коливання) у електричний сигнал. Пієоелектричний кристал вміщується у спеціальний корпус з днищем у вигляді пластинки з гніздом. Корпус датчика було виготовлено на токарному верстаті з латунного прутка. Пієоелемент 1 з кераміки ЦЕС у вигляді диска, поляризованого по товщині, спирається по периметру на кільцеву шайбу 4 з фторопласту для ізоляції від корпуса і демпфування. До внутрішньої посрібненої поверхні кераміки підпаяний низькотемпературним припоєм (сплав Вуда) гнучкий провідник діаметром 0,07-0,1 мм. Заряди знімаються зі струмомірача 6 шайби 5, виконаної з фольгованого склотекстоліту СФ-1. Друга поверхня кераміки з'єднується з корпусом кришкою 2. Для закріплення кераміки по контуру, захисту її від механічних пошкоджень, узгодження акустичних опорів використовується латунна кришка 2. Для забезпечення надійного контакту і герметизації датчика, остання припаяна до корпусу 3 по контуру. Для захисту від потрапляння охолоджувальної рідини в датчик, його корпус заповнено епоксидним компаундом К-115. Пропонуємий підхід до вирішення проблеми адаптивного керування різанням дозволить адаптивно керувати мікрогеометрією поверхні деталі.

1. Сулима А.М., Шулов В.А., Ягодин Ю.Д. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей. – М.: Машиностроение, 1988, – 240 с.
2. Михелькевич В.Н. Автоматическое управление шлифованием. – М.: Машиностроение, 1975. – 304 с.
3. Ильницкий И.И. Колебания в металлорежущих станках и пути их устранения. – Москва – Свердловск: Машгиз, 1958. – 142 с.
4. Рагульскис К.М., Юркаускас А.Ю. Вибрации подшипников. / Под ред. К.М. Рагульскиса. – Л.: Машиностроение, ленинградское отделение, 1985, – 119 с.