

УДК 004.896

*Є.В. Богачов, магістрант гр. ПБ-61м, к.т.н., доц. Шевченко В.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

АДАПТИВНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

Анотація. У даній статті розглядається модель вібраційної системи, яка базується на вимірюванні сигналу віброакустичної емісії. Вона дозволяє контролювати інтенсивність зношування різального інструменту та прогнозувати його працездатність, що дає можливість підвищити точність, якість та ефективність механообробки. Після цього адаптивною системою керування здійснюється генеруючий сигнал на корекцію режимів різання для запобігання поломки інструменту та забезпеченню необхідної якості продукції.

Ключові слова: адаптивне керування, процес різання, зношення інструменту, віброакустична емісія.

ВСТУП

Виробничі обсяги на даний момент мають чітку тенденцію до зростання, вимоги до нової продукції змушують шукати нові технології виробництва та вдосконалювати вже відомі. У таких умовах, для виготовлення якісної продукції у великих кількостях, необхідно проводити ретельний моніторинг і контроль виробництва на всіх етапах виготовлення виробів. Надзвичайно важливою складовою є діагностика різального інструменту на зношення безпосередньо в момент процесу механічної обробки деталі та коректування за допомогою адаптивної системи режимів різання згідно цих даних. В даний час існує безліч систем діагностики різального інструменту, заснованих на вимірі сигналу акустичної емісії, сили різання, електричних параметрів і ін., які дозволяють відслідковувати стан різального інструменту безпосередньо в процесі різання. Але, незважаючи на все це, проблема підвищення надійності, точності, швидкодії, а також простоти технічного використання систем діагностики залишається актуальним. Вдосконалення існуючих систем діагностики має бути орієнтовано на підвищенні точності, надійності технічної простоти реалізації в умовах автоматизованого виробництва [1].

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У процесі механічної обробки, робочі поверхні різального інструменту піддаються впливу дій різного роду факторів, таких як фізико-механічного, та хімічного складу, що зменшує працездатність різального інструменту через вплив пластичної деформації, пошкодження чи зношення інструменту. Поступово зростаючий розмір зношення, як по задній, так і по передній поверхні інструменту призводить до руйнування конструктивних елементів різального інструменту. В результаті, знижується якість і точність механічної обробки, зростає відсоток браку, знижується продуктивність. Виробництво стає недоцільним і економічно збитковим [2].

Тому вкрай необхідним є використання діагностики різального інструменту, безпосередньо в процесі механічної обробки, що дасть можливість своєчасно проводити заміну різального інструменту, а також виключить можливість непередбаченого виходу з ладу самого інструменту, втрати працездатності та корекція режимів різання на основі вимірюваних параметрів за допомогою адаптивної системи керування.

Модель діагностики різального інструменту повинна забезпечувати отримання точної інформації про стан різального інструменту, проводити контроль стану різального інструменту в режимі реального часу, виключати непередбачені відмови в своїй роботі, а також знизити ймовірність неправильної оцінки працездатності різального інструменту, і невірних дій системи автоматизованого контролю процесу обробки. Також модель діагностики повинна мати можливість використання в умовах автоматизованого виробництва без особливих конструктивних змін технологічно-оброблювальних систем (ТОС) [3].

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ

При побудові математичної моделі були прийняті наступні допущення:

- динамічна система складається з двох наведених мас – різця та заготовки;
- різець і заготовка мають по 3 ступеня свободи (різець може переміщатися уздовж осей x , y і z , заготовка – переміщатися уздовж осей y і z і обертатися навколо своєї осі);
- в системі відсутні випадкові збурення.

Різець і заготовка здійснюють малі коливальні переміщення. Ці переміщення та їх швидкості визначають миттєві режими різання, відхиляючи їх значення від номінальних. Виходячи з цього, були виведені залежності миттєвих режимів різання від малих переміщень і їх швидкостей [4]:

$$\begin{aligned} V_{\phi} &= (\omega + \dot{\phi}_2) \cdot \sqrt{(z_1 - z_2)^2 + (R_0 - t_0 - y_1 + y_2)^2} - \dot{z}_1 + \dot{z}_2 \\ t_{\phi} &= R_0 - \sqrt{(z_1 - z_2)^2 + (R_0 - t_0 - y_1 + y_2)^2}, \end{aligned} \quad (1)$$

де ω – кутова швидкість обертання заготовки; t_0 , S_0 – номінальні значення глибини різання і подачі; V_{ϕ} , t_{ϕ} , S_{ϕ} – фактичні значення швидкості, глибини різання і подачі; R_0 – номінальне значення радіусу заготовки.

Знайдені залежності були підставлені в емпіричні формули для визначення складових сил різання. Виходячи з цього, була складена система рівнянь (2), що описує коливання при точінні:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{z}_1 + b_1 \dot{z}_1 + c_1 z_1 = Pz(z_1, z_2, y_1, y_2, x_1, \dot{z}_1, \dot{z}_2, \dot{\phi}_2), \\ m_2 \ddot{z}_2 + b_2 \dot{z}_2 + c_2 z_2 = -Pz(z_1, z_2, y_1, y_2, x_1, \dot{z}_1, \dot{z}_2, \dot{\phi}_2), \\ m_1 \ddot{y}_1 + b_1 \dot{y}_1 + c_1 y_1 = -Py(z_1, z_2, y_1, y_2, x_1, \dot{z}_1, \dot{z}_2, \dot{\phi}_2), \\ m_2 \ddot{y}_2 + b_2 \dot{y}_2 + c_2 y_2 = Py(z_1, z_2, y_1, y_2, x_1, \dot{z}_1, \dot{z}_2, \dot{\phi}_2), \\ m_1 \ddot{x}_1 + b_1 \dot{x}_1 + c_1 x_1 = -Px(z_1, z_2, y_1, y_2, x_1, \dot{z}_1, \dot{z}_2, \dot{\phi}_2), \\ J_1 \ddot{\phi}_1 + b_1 \dot{\phi}_1 + c_1 \phi_1 = M(z_1, z_2, y_1, y_2, x_1, \dot{z}_1, \dot{z}_2, \dot{\phi}_2). \end{cases} \quad (2)$$

де m , b , c – приведена маса, коефіцієнт дисипації і коефіцієнт жорсткості різця (1) і заготовки (2); Px , Py , Pz – осьова, радіальна і тангенціальна складові зусилля різання; $M = M_d - Py(z_2 - z_1) - PzR\phi$ – крутний момент; M_d – крутний момент на двигуні; $R\phi$ – фактичний радіус деталі.

Система рівнянь вирішувалася чисельно центрованим методом Ейлера з кроком інтегрування 10^{-5} . Отримані результати порівнювалися з досвідченими даними, за кількома критеріями. Для стислості викладу наведемо порівняння тільки по двох з них.

Згідно з результатами експериментів, сила різання при відштовхуванні різця від заготовки більше, ніж при врізанні. А значить, сила різання не визначається однозначно відносним становищем різця і заготовки. Цей же результат отримано нами теоретично (Рис. 1).

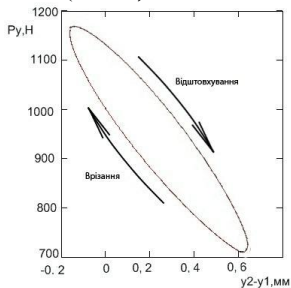


Рисунок 1. Залежність радіальної сили від відносних радіальних переміщень різця і заготовки

Крім того, згідно дослідним даним, максимум сили P_z при різанні збігається з максимумом сили P_y , тобто радіальна і тангенціальна сили змінюються синфазно, що також випливає з розробленої теоретичної моделі (рис. 2).

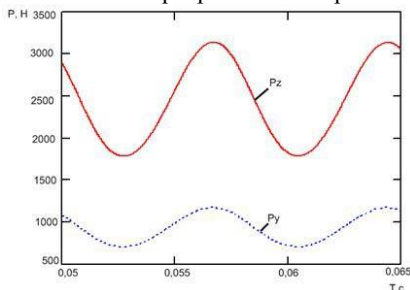


Рисунок 2. Графік, що ілюструє синфазність радіальної і тангенціальної складових сили різання

З вищевикладеного можна зробити висновок, що розроблена математична модель не суперечить результатам експериментів за наступними критеріями:

1. радіальна сила при врізанні більше, ніж при відштовхуванні, тобто не визначається однозначно відносними радіальними переміщеннями різця і заготовки;
2. радіальна і тангенціальна сили в процесі різання змінюються синфазно.

ВИСНОВКИ

З усього вищесказаного можна зробити висновок, що створена математична модель досить точно описує динамічну систему точіння, оскільки отримані теоретичні результати не суперечать практичним даним інших авторів. Вона підтверджує припущення про те, що вібрації при різанні металу не є вимушеними (крім випадків, коли присутня зовнішня збуджувальна сила), а являють собою процес, обумовлений самим різанням. Тобто вібрації при різанні є автоколиваннями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шевченко В.В. Контроль состояния режущего инструмента с помощью электрических сигналов / В.В. Шевченко // Сборник научных трудов V научно-технической конференции Приборостроение: возможности и перспективы. (Киев, 25-26 апреля 2006 г.). – Киев, 2006. – С. 112-113.
2. Адаптивная система управления / В.А. Остафьев, Г.С. Тымчик, В.В. Шевченко // Механизация и автоматизация управления. – Киев, 1983, №1. – С. 18–20.
3. Скороход А. А., Шевченко В. В. Система диагностики работоспособности режущего инструмента в условиях автоматизированного производства. Современные научные исследования и инновации. 2014. № 4 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/04/33014>.
4. Вибрации при обработке лезвийным инструментом / И.Г. Жарков // Машиностроение. – Ленинград, 1986. – 184 с.