

УДК 004.896

Шевченко В.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Засць С.С.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Богачов Є.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Коробцов Є.І.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ НА ВЕРСТАТАХ ІЗ ЧПК

У статті розглядається система діагностики працездатності різального інструменту в умовах автоматизованого виробництва, яка базується на вимірюванні сигналу акустичної емісії та потужності різання. Вона дозволяє контролювати інтенсивність зношування різального інструменту та прогнозувати його працездатність, що дає можливість підвищити точність, якість та ефективність механообробки.

Ключові слова: діагностика, процес різання, автоматизація, різальний інструмент, зношення, працездатність різального інструменту.

Вступ. Виробничі обсяги мають чітку тенденцію до зростання, вимоги до нової продукції змушують шукати нові технології виробництва та вдосконалювати вже відомі. За таких умов для виготовлення якісної продукції у великих кількостях необхідно проводити ретельний моніторинг і контроль виробництва на всіх етапах виготовлення виробів. Надзвичайно важливою складовою частиною є діагностика працездатності різального інструменту безпосередньо в момент процесу механічного оброблення деталі. Натепер існує безліч систем діагностики різального інструменту, заснованих на вимірі сигналу акустичної емісії, сили різання, електричних параметрів тощо, які дозволяють відслідковувати стан різального інструменту безпосередньо в процесі різання [1]. Незважаючи на все це, проблема підвищення надійності, точності, швидкодії, а також простота технічного використання систем діагностики залишається актуальною. Удосконалення існуючих систем діагностики має бути орієнтованим на підвищенні точності, надійності

технічної простоти реалізації в умовах автоматизованого виробництва.

Постановка проблеми. У процесі механічного оброблення робочі поверхні різального інструменту піддаються впливу різних роду, зокрема фізико-механічного та хімічного складу, що зменшує працездатність різального інструменту через вплив пластичної деформації, пошкодження чи зношення інструменту. Поступово зростаючий розмір зношення як на задній, так і на передній поверхні інструмента призводить до руйнування конструктивних елементів різального інструмента. Унаслідок цього, знижується якість і точність механічного оброблення, зростає відсоток браку, знижується продуктивність. Виробництво стає недоцільним і економічно збитковим [4].

Тому вкрай необхідним є використання системи діагностики працездатності різального інструменту, безпосередньо в процесі механічного оброблення, що дасть можливість своєчасно проводити заміну різального інструменту, а також

виключить можливість непередбаченого виходу з ладу самого інструменту, втрати працездатності.

Система діагностики працездатності різального інструменту повинна забезпечувати отримання точної інформації про стан різального інструменту, проводити контроль стану різального інструменту в режимі реального часу, містити непередбачені відмови у своїй роботі, а також знизити ймовірність неправильної оцінки працездатності різального інструменту і неправильних дій системи автоматизованого контролю процесу оброблення. Також система діагностики повинна мати можливість використання в умовах автоматизованого виробництва без особливих конструктивних змін технологічно-оброблювальних систем (далі – ТОС) [5].

Постановка завдання. Метою роботи є удосконалення існуючих систем діагностики шляхом створення системи на основі контролю параметрів акустичної емісії та потужності різання.

Виклад основного матеріалу досліджень. Процес різання супроводжується різноманітними фізико-хімічними явищами (механічними, електричними, тепловими, адгезійними, дифузійними тощо), які виникають в результаті взаємодії інструменту із заготовкою. Усі ці явища у своїх параметрах несуть відображену інформацію про процес різання, знаючи їх залежність від зносу, можна оцінити величину зносу різального інструменту, а також залишкову стійкість [6].

На підставі проведених експериментальних досліджень, можна зробити висновок, що найбільш інформативними параметрами, із яких можна з упевненістю судити про стан різального інструменту, є акустична емісія і потужність різання [2].

Тому, система діагностики працездатності різального інструменту має бути заснована на вивченні сигналу акустичної емісії та потужності різання.

Але переважальним параметром вважається акустична емісія зони різання, яка виникає внаслідок дії домінуючих фізико-механічних процесів різання і повністю характеризує процеси, які виникають під час різання [3], тому в цій системі, основна оцінка стану інструменту і коригування процесу обробки, буде проводитися за сигналом акустичної емісії (далі – АЕ).

Ця система діагностики працездатності різального інструменту має два контури контролю. Перший контур – швидко реагуюча підсистема аварійної зупинки, яка на підставі потужності різання, у випадку її виходу з допустимої межі, виробляє

швидко, але безпечно (без непередбачуваних наслідків) аварійну зупинку. Аварійна зупинка може бути викликана різким підвищення сили різання, причиною чого може бути затуплення різального інструменту, наявність у матеріалі заготовки твердих включень або непередбачуване збільшення глибини різання при чорновому обробленні деталі. Також основною причиною аварійної зупинки може бути пошкодження інструмента. Усі ці непередбачені фактори легко відстежити і відреагувати на них, аналізуючи зміни потужності різання [7].

Другий контур – підсистема оцінки і прогнозування стану різального інструменту, що здійснюється на основі комбінаційного параметра АЕ [3], який має вигляд:

$$W_M = \frac{A^2 * N_{\Sigma}}{P_c}, \quad (1)$$

де $A^2 * N_{\Sigma}$ – потужність акустичної емісії; A – амплітуда сигналу АЕ; N_{Σ} – активність сигналу АЕ; P_c – потужність різання [11].

Значення амплітуди і активності сигналу АЕ визначається аналізом вимірюваного сигналу акустичної емісії, а потужність різання розраховується за такою формулою [8]:

$$P_c = \frac{V_c * t * f_n * k_{c0.4} * k_{p\phi} * k_{pf}}{60 * 10^3}, \quad (2)$$

де V_c – швидкість різання; t – глибина різання; f_n – подача на оберт; k_{pf} – поправочний коефіцієнт на величину подачі; $k_{p\phi}$ – поправочний коефіцієнт на головний кут у плані; $k_{c0.4}$ – питома сила різання, залежить від виду і властивостей оброблюваного матеріалу і дорівнює нормальній силі різання при зрізанні стружки перетином 1 мм² з подачею 0.4 мм/об.

Знаючи співвідношення комбінаційного параметра АЕ (W_M) і величини зносу різального інструмента, проводиться аналіз ступеня зносу різального інструмента h_u , розраховується інтенсивність зносу і проводиться моделювання математичних моделей зносу різального, за якими здійснюється прогнозування зношення інструмента. Аналізуючи ступінь зношення, інтенсивність зношення і прогнозоване раніше зношення, робиться висновок про можливість коригування режимів оброблення для зниження зношення [9].

Математична модель зношення різального інструменту виглядає так:

$$h_u = \Delta h_u + \frac{k_w * j_u * A^2 * N_{\Sigma}}{V_c * t * f_n * k_{c0.4} * k_{p\phi} * k_{pf}}, \quad (3)$$

де Δh_u – наявне зношення, мм; j_u – інтенсивність зношення ($j_u = \frac{h_u(i)}{h_u(i-1)}$); k_w – поправочний коефіцієнт щодо співвідношення

зношення інструмента і комбінаційного параметра АЕ, який визначається експериментально для різних комбінацій матеріалів «інструмент – деталь» і заноситься в базу даних.

Розрахунок прогнозованого зношення різального інструменту здійснюється за такою формулою [10]:

$$h_{\text{прогноз}}(i + 1) = j_u * \left(\frac{h_u(i) + h_u(i - 1)}{2} \right). \quad (4)$$

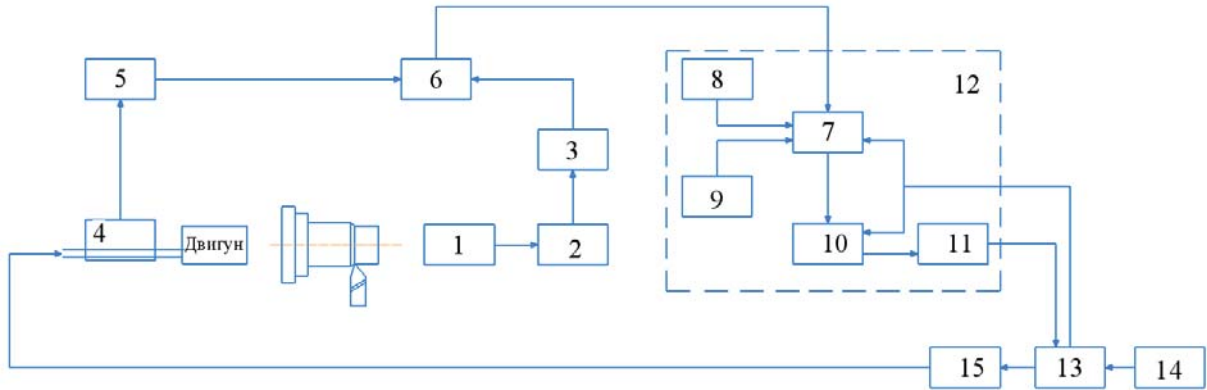


Рис. 1. Блок-схема системи діагностики працездатності ріжучого інструмента в умовах автоматизованого виробництва

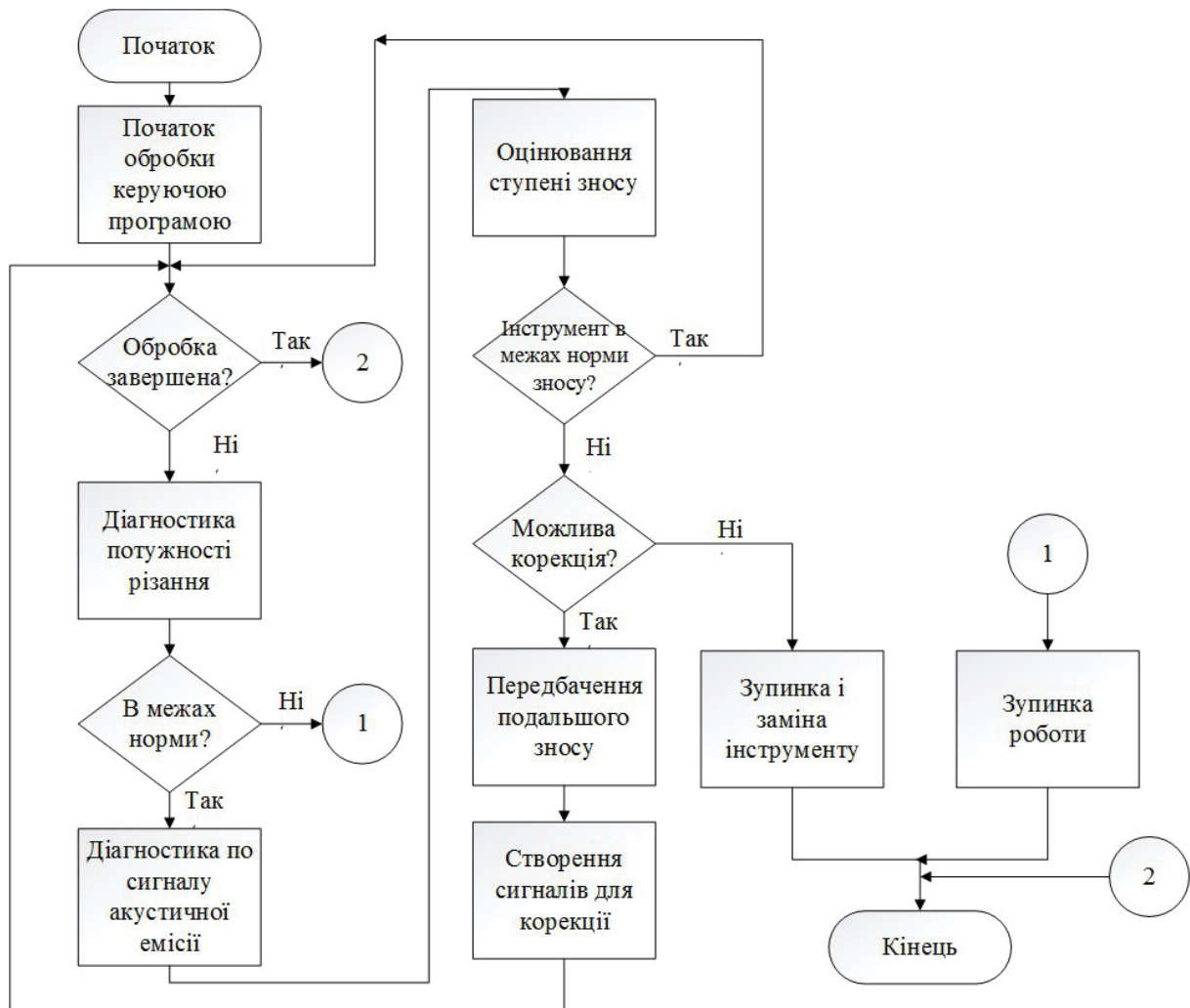


Рис. 2. Алгоритм функціонування системи діагностики працездатності різального інструменту

Загальна функціональна блок-схема системи діагностики працездатності різального інструменту представлена на рис. 1, а алгоритм функціонування системи діагностики різального інструменту представлений на рис. 2.

Система діагностики працездатності різального інструменту складається з датчика вимірювання сигналу акустичної емісії 1 (рис. 1), сигнал від якого, через підсилювач 2 і фільтр низьких частот 3, надходить на вхід аналогоцифрового перетворювача (АЦП) 6. Інший діагностичний сигнал від датчика вимірювання потужності різання 4, через підсилювач 5, також надходить на вхід АЦП. Подальше оброблення й аналіз параметрів проводиться за допомогою ЕОМ 12, до складу якої входить: блок оцінки інтенсивності і розміру зносу 7, де на підставі даних про максимальне і мінімальне значення потужності різання 8 здійснюється моніторинг аварійного стану, у разі виходу значення потужності різання з допустимих меж на виконуючий механізм 15 (блок керування двигуном, блок керування приводом подання тощо.) подаються відповідні сигнали аварійної зупинки. Також у блоці 7 спостерігається інтенсивність і значення зношення різального інструменту, у якому використовується поправочний коефіцієнт k_w , який знаходиться в БД 9. При оцінюванні зношення інструменту враховуються режими роботи ТОС, які передаються блоку 7 від блоку ЧПК 13, який керує процесом оброблення на основі керуючої програми 14. Після визначення зношення дані

про нього, передаються на блок 10, де відбувається моделювання процесу оброблення, за допомогою якого обчислюється залишкова стійкість інструмента, а також проводиться прогнозування зношення інструмента на основі даних, отриманих від ЧПК. У блоці 11 формуються керуючі, корекційні сигнали зі зміни режимів оброблення, які надходять на блок ЧПК. Якщо корекція процесу оброблення неможлива, то здійснюється зупинка процесу оброблення або заміна різального інструменту. У блоці ЧПК, на основі керуючих сигналів від блоку 11, вносяться зміни в команди управління, які надходять на виконуючі механізми 15.

Висновки. Представлена система діагностики працездатності різального інструменту, яка базується на зміні сигналу акустичної емісії і потужності різання, дає можливість проводити більш ефективний контроль зношення і відмови різального інструмента, підвищує надійність і точність як процесу механічного оброблення, так і технологічно-оброблюваної системи (далі – ТОС) загалом, дозволяє зменшити кількість бракованих деталей, що є вимогою до автоматизованого виробництва. Подальшим розвитком, на основі цієї системи, може бути розроблено систему автоматизованого контролю стану всіх вузлів ТОС і процесу оброблення в цілому, що дасть можливість не тільки абсолютно виключити непередбачені відмови оброблювальних систем, підвищити точність і надійність ТОС, а також підвищити якість і надійність кінцевої продукції.

Список літератури:

1. Григорьев С.Н. Диагностика автоматизированного производства. Москва: Машиностроение, 2011. 600 с.
2. Шевченко В.В. Контроль состояния режущего инструмента с помощью электрических сигналов. Сборник научных трудов V научно-технической конференции Приборостроение: возможности и перспективы. (Киев, 25-26 апреля 2006 г.). Киев, 2006. С. 112-113.
3. Подураев В.Н., Барзов А.А., Горелов В.А. Технологическая диагностика резания методом акустической эмиссии. Москва: Машиностроение, 1988. 56 с.
4. Остафьев В.А., Тымчик Г.С., Шевченко В.В. Адаптивная система управления. Механизация и автоматизация управления. 1983. № 1. С. 18–20.
5. Скороход А.А., Шевченко В.В. Система диагностики работоспособности режущего инструмента в условиях автоматизированного производства. Современные научные исследования и инновации. 2014. № 4. Ч. 1. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/04/33014> (дата звернення: 12.03.2018).
6. Залого В.А., Зинченко Р.Н., Шаповал Ю.В. Современное состояние вопроса о диагностике состояния режущего инструмента при фрезеровании. Резание и инструмент в технологических системах. 2013. № 83. С. 118-126.
7. Симута М.О., Румбешта В.О., Підвисоцька В.С. Діагностика технічного стану різального інструмента при обробці. Вісник НТУУ «КПІ». Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. 2010. № 39. С. 111-116.
8. Деревянченко А.Г., Павелко В.Д., Андреев А.В. Диагностирование состояния режущих инструментов при прецизионной обработке. Одесса: Астропринт. 1999. 195 с.
9. Подураев В.Н., Барзов А.А. Анализ и прогнозирование процесса резания методом акустической эмиссии. Перспективы развития режущего инструмента. 1978. С. 323-328.

10. Алешин А.К., Гуцин В.Г. Метод диагностики состояния инструмента. Вестник научно-технического развития. 2009. № 2. С. 3-6.

11. Шевченко В.В., Заєць С.С., Олінійчук А.І. Аналіз акустичної емісії в процесах механічного оброблення з використанням вейвлет-пакетів. Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ» : зб. наук. пр. Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях. 2017. № 7(1229). С. 233-238.

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКАХ С ЧПУ

В данной статье рассматривается система диагностики работоспособности режущего инструмента в условиях автоматизированного производства, основанная на измерении сигнала акустической эмиссии и мощности резания. Она позволяет контролировать интенсивность износа режущего инструмента и прогнозировать его работоспособность, что позволяет повысить точность, качество и эффективность механообработки.

Ключевые слова: диагностика, процесс резки, автоматизация, режущий инструмент, износ, работоспособность режущего инструмента.

DIAGNOSTICS SYSTEM OF THE CUTTING TOOL ON MACHINE-TOOL WITH NUMERICAL CONTROL

In this paper we consider the system of diagnostics of the efficiency of the cutting tool in the conditions of automated production, which is based on the measurement of the acoustic emission signal and cutting power. It allows you to control the intensity of wear and tear of the cutting tool and predict its efficiency, which makes it possible to improve the accuracy, quality and efficiency of machining.

Key words: diagnostics, cutting process, automation, cutting tool, tool wear, working tool of cutting tool.