

УДК 681.5:621.7:004.9

Луценко Д.І., студент групи 131-21-1, спеціальність 131 Прикладна механіка  
 Науковий керівник: Дербаба В.А., к.т.н., доцент, завідувач кафедри технологій  
 машинобудування та матеріалознавства  
 (Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

### МОНІТОРИНГ ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕПРЯМОГО МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ

У сучасному виробництві актуальною є тема діджиталізації, яка інтегрується навіть у малих та середніх виробничих компаніях. Інтелектуальні системи на основі датчиків в режимі реального часу забезпечують зворотній зв'язок про процес обробки та дають змогу виявити знос або спрогнозувати поломку інструменту.

Перспективними вважаються непрямі методи вимірювання, де стан інструменту контролюється за допомогою аналізу фізичних параметрів. Найпоширенішими методами непрямого вимірювання є обчислення потужності шпинделя, акустичної емісії та вібрацій.

Тож, була поставлена задача – створити систему для прогнозування стану зносу ріжучої кромки. В експериментах використовувались фрезерні верстати з ЧПК - Hermle UWF 1202H та MTE BF2200. Як матеріал було обрано EN-GJL-250 та 16MnCr5. Для фрезерування були підготовлені поверхні шириною 80 мм і довжиною 800 мм.

Як інструмент була використана фрезерна головка фірми Avantec Zerspanwerkzeuge GmbH з Іллінгена/Німеччина, діаметром 160 мм, з вісьмома змінними пластинами типу WSP.HE.2207.002.04SKY77AC з шістьма ріжучими кромками з кутом клину - 70°. Для фіксування датчиків, розміщення проводки та електроніки, був перероблений прототип інструменту (рис. 1) – додали розширювальне кільце, та розсвердлили деякі поверхні.



Рисунок 1 – Прототип ріжучого інструмента

Електроніка складається з 3 друкованих плат, мікроконтролера Atmel типу ATmega2560, восьми підсилювачів сигналу типу HX711, восьми термопар Мах6675, датчиком прискорення і гірометром MPU6050, системи управління енергопостачанням і модулем BLE для бездротової передачі сигналів датчиків та тензорезисторів типу QFLAB-3-11 фірми Tokyo Sokki Kenkyujo з температурною компенсацією.

Відповідно до конструкції ріжучої пластини, щоб виміряти ріжучу кромку, необхідно було нахилити вісь A на 35°. Тому додатково був виготовлений тримач для приведення змінної пластини в оптимальне вимірювальне положення.

Тож, під час експерименту виміряні дані були збережені в базі даних. Дані в режимі реального часу можуть передаватись на систему прийому або навіть на мобільні пристрої, де можливо їх візуалізувати у вигляді графіків. Метою експерименту було

визначення та прогнозування зносу інструменту. Для цього був розрахований альтернативний параметр, енергію різання, що розраховували на основі вимірних сил в залежності від часу. Це інтеграл від сили різання під час обробки, графічно показаний як площа. При навантаженні 400 Н протягом 300 с і навантаження 50 Н протягом 170 с (синя крива) еквівалентні середньому навантаженню (помаранчева зона) – 260 Н (рис. 2) за весь період вимірювання.

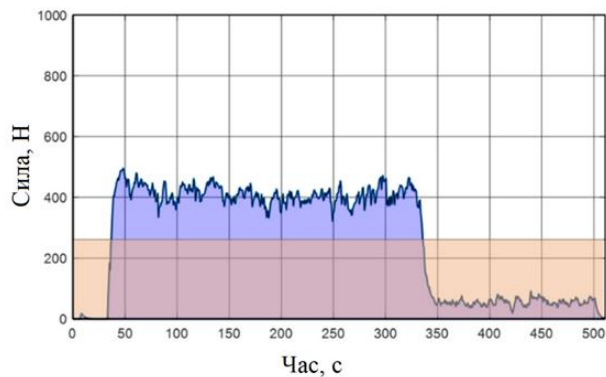


Рисунок 2 – Графік отриманих значень сили різання (синій) з накладеною площею енергії різання (помаранчевий)

З вимірних значень можна отримати інформацію про стан зносу змінних ріжучих пластин. Інші вагові коефіцієнти можуть бути визначені аналогічним чином за допомогою інших вимірних змінних, таких як температура, швидкість або вібрація.

Моніторинг обробки відбувається в режимі реального часу за допомогою мобільних пристроїв, ПК, смарт-годинників.

Був розроблений додаток (рис. 3) для представлення даних та інформації, як безпосередньо з інструменту, так і через базу даних. Додаток був створений для прогнозування навантаження, а також стан пластин, термін їх служби і знос.



Рисунок 3 – Додаток з налаштуваннями та відображенням в реальному часі в лінійному вигляді та гістограмі для декількох інструментів

#### Список використаних джерел:

1. Totis, G.; Adams, O.; Sortino, M. et al: Development of an innovative plate dynamometer for advanced milling and drilling applications. Measurement 49 (2014). pp 164-181.
2. Möhring, H.-C., Nguyen, Q.P., Kuhlmann, A., Lerez, C., Nguyen, L.T., Misch, S.: Intelligent tools for predictive process control. Procedia CIRP 57 (2016). 539-544.
3. Möhring, H.-C; Maier, W; Werkle, K: Increasing the Accuracy of an Intelligent Milling Tool with Integrated Sensors. 18th Int. Conf. & Exhibition Euspen 2018
4. Möhring, H.-C., Wiederkehr, P., Lerez, C., Schmitz, H., Goldau, H., Czichy, H.: Sensor Integrated CFRP Structures for Intelligent Fixtures. Procedia Technology 26 (2016) 120-128.