

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СВЕРДЛІННЯ ОТВОРІВ МАЛОГО ДІАМЕТРА В ДЕТАЛЯХ З ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Дудка В.Ю.

Науковий керівник – проф. каф. «Технологія машинобудування»,

докт. техн. наук Ларшин В.П.

Ресурс стійкості ріжучого інструменту відноситься до одного з найважливіших технологічних резервів підвищення продуктивності лезової та абразивної обробки ризанням при необхідних за кресленням шорсткості поверхонь деталі, точності їх розмірів, форми і взаємного розташування. Відомі наступні основні напрямки підвищення стійкості ріжучого інструменту [1]:

- використання ефективних технологій нанесення на інструмент спеціальних зносостійких покриттів (TiCN, TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiN) з наступним поліруванням цих покриттів для зменшення внутрішніх напруг, що розтягують;
- вибір і застосування при обробці ефективних мастильно-охолоджуючих технологічних засобів (МОТЗ): рідких, твердих і газоподібних, тип яких залежить від вихідної сполучної основи (вода, мінеральне або синтетичне масло, жирні насичені і ненасичені органічні кислоти). МОТЗ надає охолоджувальну, мастильну, миючу, хімічну та адсорбційну дію.

Відомо, що в ряді випадків застосування рідких МОТЗ утруднено або неприпустимо. У таких випадках застосовують тверді технологічні мастила (ТТМ). Це має місце при роботі на верстатах, не оснащених системою підведення рідких МОТЗ (свердління, шліфування), а також в разі, коли рідкі МОТЗ неприпустимі. Наприклад, в ряді випадків застосування рідких МОТЗ призводить до появи мікротріщин на оброблюваній поверхні або закриває її огляд: зубошліфування тарілчастими кругами на верстатах типу МААГ, заточування різального інструменту та інші. В літературі не знайшло належного відображення напрямку, пов'язаний із застосуванням ТТМ під час свердління отворів і шліфуванні «всуху». При свердлінні дрібних отворів (діаметром менше 5 мм) свердла не вимагають додаткового охолодження, оскільки тепло, яке виділяється при різанні, поглинається оброблюваною заготовкою за рахунок того, що навколо працюючого свердла є металеве довкілля, що відводить тепло. У той же час використовувані композиції ТТМ істотно впливають на змащувальну, хімічну та адсорбційну дію. Композиції ТТМ наносять шляхом імпрегнування ріжучого інструменту (абразивний круг) або нанесення їх на робочу поверхню інструменту (свердло, мітчик).

Звісно також, що перспективним напрямком підвищення стійкості ріжучого інструменту є принципово новий підхід, заснований на застосуванні мастильних ремонтно-відновлювальних составів на основі, наприклад, серпентініта [1]. Такі состави дозволяють не тільки знизити тертя між ріжучим інструментом і заготівлею, але також відновлювати контур леза інструменту завдяки ефекту виборчого перенесення хімічних елементів состава ТТМ на зношені ділянки інструменту в умовах високих тисків і температур, які виникають в зоні контакту.

Велику групу ТТМ становлять состави на основі жирних органічних кислот, наприклад, на основі стеаринової кислоти, а також на основі суміші стеаринової та олеїнової кислот [1]. Добавки, що вносяться до ці склади ТТС, дозволяють цілеспрямовано змінювати їх технологічні властивості. Виникає запитання проведення порівняльного аналізу різних ТТМ з метою визначення найбільш ефективних, наприклад, на операції свердління малорозмірних отворів (діаметром 2 ... 5 мм). Аналізу підлягають результати вимірювання параметрів, що характеризують процес різання. Наприклад, під час свердління дрібних отворів до числа таких параметрів відносяться крутний момент на свердлі та осьова сила різання, які в ряді випадків є причиною вібрацій під час свердління.

Для проведення аналізу необхідно мати відповідні інструментальні засоби, які вбудовані в металорізальний верстат і володіють необхідною чутливістю і лінійністю характеристик первинних перетворювачів інформації [2]. Їх відсутність або низька якість по чутливості, швидкодії, лінійності характеристик не дозволяють отримати достовірні результати про ефективність процесу різання із застосуванням різних составів ТТМ. Фірмою ТОВ «Станкоцентр» розроблена система ЧПУ «Flex NC», що має відкриту архітектуру, вбудовану вимірювальну систему та систему автоматичного збору даних.

Випробування составів ТТМ проводили на координатно-розточувальному верстаті мод. 24К40СФ4, оснащеному системою ЧПУ «Flex NC», під час свердління глухих отворів (глибина свердління 10 мм) в заготівлі зі сталі 35 (НВ 190 ... 210). Режими свердління: частота обертання свердла 2000 об/хв; подача 50 мм/хв. Свердла: сталь Р18, діаметр 2,85 мм. Кількість просвердених отворів для кожної рецептури ТТМ – 30 шт. Для підвищення надійності експериментальних даних кожен дослід повторювали три рази з подальшим усередненням результату.

В процесі експерименту вимірювали з частотою 200 Гц крутний момент і осьову силу різання під час свердління. У якості сигналів загального крутного моменту і загальної осьової сили різання використовували квадратурні струми відповідних приводів верстата: приводу головного руху і приводу вертикальної подачі. Ці сигнали використовуються в зазначених приводах для прецизійного автоматичного регулювання частоти обертання відповідних асинхронних електродвигунів. В системі ЧПУ «Flex NC» ці сигнали зроблені доступними для проведення діагностики технологічної системи механічної обробки. При роботі верстата автоматично формуються файли, що містять вимірювальну інформацію в форматі *.ppl*.

Для того, щоб обробити велику кількість експериментальних даних, зручно застосувати пакет MATLAB – середу і мову програмування для комп'ютерної обробки даних. Це викликано тим, що можливості стандартного файлу програми Excel обмежені числом вимірів, що не перевищує 65536, і можливістю побудови графіка за результатами перших 32000 вимірювань.

Методика обробки вимірювальної інформації наступна.

1. У додатку Excel відкрити первинний файл вимірювальних даних з розширенням *.ppl*, в якому видалити службову інформацію.

2. Вибрати вид апроксимуючої залежності, необхідної для вирішення завдання, наприклад, «ковзне усереднення», що дозволяє виділити тренд з поточних високочастотних вимірювань.

3. Так як в додатку Excel вихідні файли даних в форматі *.ppl* обмежені кількістю точок вимірювань (60766), об'єднати ці файли в єдиний файл за допомогою менеджера файлів, яким може бути, наприклад, FAR manager.

4. У середовищі MATLAB створити *m*-файл, тобто програму на мові MATLAB, в якій реалізований обраний алгоритм обробки даних типу «ковзне усереднення». Для обробки отриманого єдиного файлу запустити програму MATLAB, в робочому вікні якого необхідно ввести назву *m*-файлу і єдиного файлу *.ppl*. Отриманий після обробки остаточний файл, який читається в додатку Excel, має два стовпці нових даних, що відповідають двом інформаційним сигналам: загальному крутному моменту і загальній осьовій силі.

5. У середовищі MATLAB створити *m*-файл, який дозволяє з інформації, яка є в файлі (див. п.4), виділити тренд зміни корисного крутного моменту різання і корисної осьової сили різання. Таким чином, можна простежити зміну цих сигналів в межах свердління, наприклад 30-ти отворів.

Побудова і перетворення математичної моделі вимірюваних сигналів можна пояснити наступним чином.

Первинний сигнал перетворюють, застосовуючи до нього метод "ковзне усереднення". Це дозволяє скоротити обсяг вимірювальної інформації шляхом її усереднення, зберігаючи при цьому внесок всіх первинних даних в математичну модель сигналу. Відповідно до алгоритму вводять чисельні значення верхнього та нижнього порогів сигналу, які характеризують два стана технологічної системи: різання і холостий хід. Якщо поточний рівень сигналу перевищує верхній поріг, то його на цій ділянці перевищення усереднюють за алгоритмом "середнє арифметичне". Якщо поточний рівень сигналу нижче, ніж нижній поріг, то його так само усереднюють за вказаному алгоритму на відповідній ділянці зниження. В результаті формується чергова математична модель сумарного сигналу. Для виділення корисного сигналу – корисного крутного моменту і корисній осьової сили різання – знаходять різницю між середніми його значеннями. Цю різницю знаходять двічі: на передньому і задньому фронтах сигналу, відповідно. Наприклад, 30-ти просвердленим отворами будуть відповідати 60 точок, що характеризують корисний сигнал.

Відповідно до моделі формування різниці рівнів сигналу формують масив вимірювальної інформації, що характеризує зміну корисного сигналу під час роботи верстата. Заключним етапом моделювання сигналу є виділення відповідного тренда, що характеризує роботу свердла у часі. Це може бути лінійна або поліноміальна апроксимація цього сигналу.

Проведені дослідження дозволили встановити нові закономірності процесу різання під час свердління: сигнали сумарного крутного моменту на шпинделі і сумарній осьової сили різання мають різний характер зміни. Причому сумарний крутний момент на ділянці різання не зазнавав істотних змін, тобто не залежить від глибини оброблюваного отвору, в той час як сумарна осьова сила різання завжди закономірно зростає в міру поглиблення свердла. Крім того, сумарна осьова сила різання починає збільшуватися значно раніше відповідного збільшення сумарного крутного моменту.

Список літератури

1. Ларшин В.П. Экспериментальное исследование технологических смазок при сверлении / В.П. Ларшин, Н.В. Лищенко, Е.А. Трифонова // Тр. ученых Одес. политехн. ун-та. – Одесса, 2009. – Вып.2(32). – С.31-36.
2. Ларшин В.П. Исследование вибраций при сверлении отверстий малого диаметра / В.П. Ларшин, Н.В. Лищенко, Р.Р. Башаров // Перспективні технології та прилади. – Вип. 6 (травень, 2015). – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – С. 25-28.