

МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНОЇ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ МЕТАЛООБРОБКИ

Вступ. Високий темп технологічного розвитку на сучасному етапі призводить до швидких змін як в механічній, так і в електричній частинах верстата та системі ЧПК. До того ж підвищення стандартів якості на тлі загострення конкуренції в світі призводить до появи нових режимів різання, зокрема високошвидкісного фрезерування, які характеризуються високими швидкостями подачі і руху інструмента. За рахунок використання такого режиму різання можна значно зменшувати час обробки, здійснювати повний технологічний цикл на одному верстаті і обробляти заготовані заготовки, що стимулює появу в галузі верстатобудування класу верстатів, орієнтованих на режими швидкісної обробки. У зв'язку з цим виникають нові вимоги до електричних і механічних частин верстата. Тому особливо актуальними є питання проектування нових систем подачі та модернізація існуючих. При проектуванні електроприводів з заданими динамічними властивостями та вимогами до точності позиціонування слід розуміти, що приводи верстата слід розглядати з урахуванням їх взаємопов'язаності через процес фрезерування. З появою новітніх режимів різання і зростанням швидкості руху основних робочих вузлів верстатів в декілька разів виникає необхідність додаткових досліджень цієї проблематики.

Постановка задачі дослідження. За рахунок впровадження нових технологій в технологічні процеси різання шляхом модернізації обладнання або проектування нового можна підвищити якість деталей на виході, зменшити час обробки, скоротити парк технологічних одиниць. Як приклад доцільності нововведень можна привести експлуатацію на теренах України великої кількості горизонтально-фрезерних верстатів, спроектованих в 60-70 роках минулого сторіччя з трьома керованими координатами. Одними з таких верстатів є морально застарілі фрезерні верстати МА-655, які можуть виконувати лише чорнову обробку деталей складної форми з невисокою точністю. Як вихід можна запропонувати модернізацію, яка б дозволяла реалізувати на верстаті високошвидкісну обробку, проводити чистову обробку та повністю автоматизувати виготовлення готової деталі. Для цього необхідне збільшення кількості керованих координат верстата на дві, рис. 1, вибір та налагодка нових приводів подачі та привода головного руху верстата, і найскладніше, розробка програми ЧПК та САК приводів такими, що дозволяли б отримувати керовану форму та задану якість поверхні заготовки, що обробляється.

Виходячи з вище наведеного, зрозуміло, що для досягнення поставлених перед електроприводами верстата задач необхідно враховувати перехідні процеси в функціональних складових привода та сили які, виникають при фрезеруванні, і моменти опору, приведені до двигунів верстату, під час відпрацювання технологічного циклу переміщень. Для дослідження можна використовувати методи від безпосереднього експерименту на фізичному об'єкті до теоретичного вивчення. Найбільш вдалим компромісом, з огляду на точність та вартість досліджень, є метод математичного моделювання з застосуванням сучасних математичних програмних пакетів. Моделюючи верстат слід розуміти, що це взаємопов'язана електромеханічна система, тому що в кожен момент часу обробки заготовки привод головного руху та приводи подачі верстата сполучені між собою механічним зв'язком. В ролі механічної з'єднуючої ланки виступають механічні з'єднання, ШГП та взаємодія інструмент-заготовка, в подальшому зона різання (ЗР). В процесі обробки приводи прикладають момент до виконуючих механізмів, звідти ж отримують момент опору, обумовлений як тертям у механічній передачі, так і роботою у ЗР інших приводів. Тому обов'язково необхідно розглядати роботу всіх приводів верстата разом.

Матеріали дослідження. Математична модель процесу фрезерування при розгляді його як безінерційного стаціонарного може бути описана схемою, де вихідна змінна – потужність різання P_z , а вхідні змінні – глибина фрезерування t_p , подача на один зуб фрези s_z , ширина фрезерування B , швидкість обертання інструмента n , діаметр фрези D та кількості зубів фрези z [2].

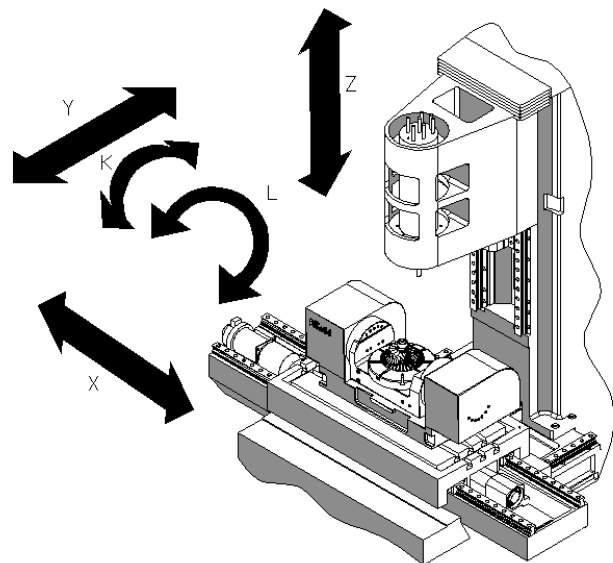


Рис. 1. Схема переміщень робочих органів верстату

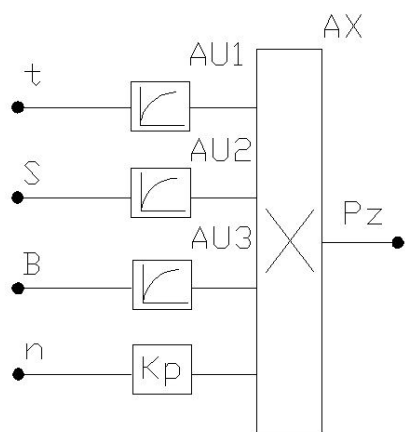


Рис. 2. Схема процесу фрезерування

фрезерування, не важко знайти головну складову сили різання за формулою

$$F_{Tz} = \frac{P_z}{v},$$

де v - швидкість різання, мм/хв; P_z - потужність різання, Н.

Розглянемо схему розташування головної складової сили різання та її проєкцій сил в 3Р для торцевих фрез, схему наведено на рис. 3 [1].

В торцевій фрезі якісним параметром є кут нахилу ріжучих лез. Для фрези Т5К10 справедливим буде наступне співвідношення сил в зоні різання [1]:

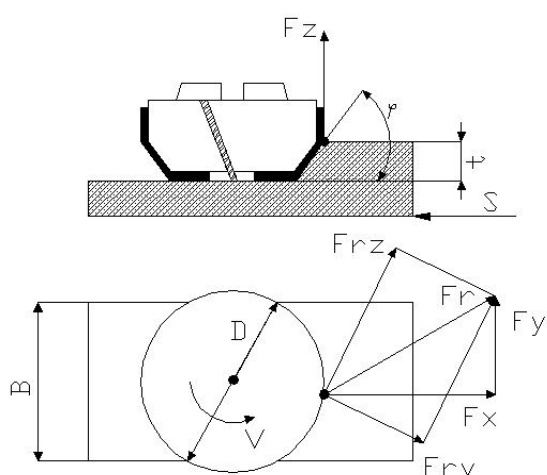


Рис. 3. Схема діючих сил в зоні різання

Для привода головного руху момент опору буде визначатися за формулою, Н·м:

$$M_{\text{над}} = F_{Zr} \cdot \frac{D}{2},$$

де F_{Zr} - головна складова сили різання, Н; D - діаметр фрези, м.

Висновок. Використовуючи одержані системи для знаходження потужності фрезерування, головної складової сили різання, розподілу сил в 3Р та моментів опору, можна скласти математичну модель електромеханічної системи металообробки та, застосовуючи стандартні моделі приводів подачі, можна змоделювати повну картину електромеханічної взаємопов'язаної системи горизонтально-фрезерного верстата.

Література.

1. Косилов А.Г., Мещерякова З.К. Справочник технолога машиностроителя в 2 томах, том 2. – М.: Машиностроение, 1986. – 658 с.
2. Мельниченко Ж.Б., Янголь Т.В. Расчет автоматизированных электроприводов систем управления металлообработкой. – К.: Лыбидь, 1992. – 269 с.
3. Косилов А.Г., Мещерякова З.К. Справочник технолога машиностроителя в 2 томах, том 1. – М.: Машиностроение, 1986. – 495 с.

Схема, наведена на рис. 2, містить в собі три блоки нелінійності AU1, AU2, AU3, в котрих враховується тип інструмента, властивості заготовки та режим різання, коефіцієнт K_p для врахування незмінних параметрів процесу фрезерування і блок перемноження AX.

Для заготовки з вуглецевої сталі, яка обробляється торцевою фрезою з напайками з твердого сплаву Т5К10 діаметром 30 мм, числом зубців 6, емпірична формула потужності різання матиме наступний вигляд [2], Н:

$$P_z = 4,22 \cdot n \cdot B^{1,1} \cdot D^{-0,1} \cdot s_z^{0,8} \cdot z \cdot t^{0,95} \cdot 10^{-5},$$

де n - частота обертання інструмента, об/хв; D - діаметр фрези, мм; t - глибина фрезерування, мм; z - число лез фрези, шт.; s_z - подача на зуб, мм; B - ширина фрезерування, мм.

Використовуючи наведену математичну модель, можна дослідити потужність різання в динаміці. Знаючи потужність

$$F_y \div F_{Tz} = 0.4 ;$$

$$F_x \div F_{Tz} = 0.85 ;$$

$$F_{Ty} \div F_{Tz} = 0.3 ;$$

$$F_z \div F_{Tz} = 0.5 ,$$

де F_y, F_z, F_{Ty}, F_{Tz} - складові сили різання, Н.

Зі співвідношення сил в зоні різання та величини головної складової сили різання F_{Tz} можна записати наступні формули розрахунку моментів опору, прикладених 3Р до приводів подачі, Н·м:

$$M_{cx} = F_x \cdot \frac{d_v}{2} \cdot k_t ;$$

$$M_{cy} = F_y \cdot \frac{d_v}{2} \cdot k_t ;$$

$$M_{cz} = F_z \cdot \frac{d_v}{2} \cdot k_t ,$$

де d_v - діаметри гвинта ШГП, м; k_t - емпіричний коефіцієнт для врахування тертя в ШГП.