

## РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЮ ЛІНІЄЮ ОБРОБКИ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАТЧИКІВ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

*В статті викладено схеми керування технологічною лінією обробки листового металу з використанням датчиків адаптивного керування для підвищення якості. Відмінною рисою адаптивної системи управління для досягнення високої точності при обробці деталі на різальному верстаті з ЧПУ є коригування приводів виконавчих робочих частин верстата за поточною інформацією про підконтрольні процеси і значення параметрів обробки*

### ВСТУП

Різання металу гільйотиною відбувається за принципом «ножиці», коли оброблюваний матеріал подається з рольгангів в робочу зону і, на відведену заздалегідь відстань, опускається масивний ніж гільйотини. Під тиском ножа метал розривається на частини – цей процес і називають рубкою плоского прокату (наприклад, гарячекатаного листа). Точність різки, як правило, не перевищує 1–2 мм, проте залежить від товщини прокату – заготовки.

Гільйотина використовується для рубки листового прокату товщиною від 0,5 до 12 мм., Максимальна довжина різки 6100мм.

Переваги рубки гільйотиною:

- Низька енергоємність процесу рубки.
- Відсутність відходів (стружки). Рубка металів гільйотиною дозволяє максимально виключити втрати металу при виготовленні кінцевих виробів.
- У порівнянні з термічним розкромом – мінімізація технологічних залишків, використання повної довжини заготовки, відсутність окалини на кромці – це дає суттєву економію часу та коштів на подальшу обробку, а головне – дозволяє максимально використовувати в справу всю площу аркуша.

Відмінною рисою адаптивної системи управління для досягнення високої точності при обробці деталі на різальному верстаті з ЧПУ є коригування приводів виконавчих робочих частин верстата за поточною інформацією про підконтрольні процеси і значення параметрів обробки.

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

Загальним для більшості існуючих систем адаптивного управління при обробці металевих виробів на верстаті з ЧПУ є використання в якості каналу регулювання тільки приводу подач. При цьому за умовами вимог точності обробки, особливо контурній кінцевими фрезами, в повному обсязі використовується потужність приводу головного руху і відповідно – втрата продуктивності. Наявність запасу потужності приводу головного руху уможливує і актуальним адаптивне управління динамічним налаштуванням по двох каналах – приводу подач і приводу головного руху.

Специфіка технологічних процесів різання та контурної обробки деталей на верстатах з ЧПУ визначає вимоги, що висувуються до адаптивної системи – поєднання чорнової і чистової обробок в одній програмі, тобто – виконання чорнової обробки при максимальному навантаженні на інструмент за критерієм його міцності та виконання чистової обробки при максимальній швидкості з забезпеченням точності розміру поверхонь деталей, що формуються.

Пропоновані методи вирішення. Розглядаючи розроблену адаптивну систему числового програмного керування контурною обробкою на верстатах типу Haas SF, Haas VL, можна помітити, що система по каналах головного руху і подачі контурною обробкою забезпечує одночасне граничне регулювання швидкості приводу головного руху в межах, що обмежується нормативною стійкістю, і подач за критерієм точності розміру деталі при максимальному використанні потужності приводу токарно-револьверного верстата з ЧПУ з кроковим приводом.

При контурному точінні підрізними різцями специфічним є також та обставина, що часто чорнова вибірка маси металу супроводжується чистовим формуванням поверхні, що обробляється

торцем інструмента. З огляду на те, що специфіка деформації інструменту тягне за собою розворот площині його торця щодо оброблюваної поверхні, необхідно в цьому випадку за критерій обробки приймати не міцність інструменту, а якість формованої чистової поверхні.

Отже, адаптивна система ЧПУ повинна підтримувати на заданому рівні навантаження на інструмент за критерієм міцності для чорнової обробки [1, 2-5] і за критерієм точності при чистовій обробці з максимальним використанням потужності регульованого приводу головного руху [2, 4-7] в межах нормативної стійкості і подач в межах заданих обмежень.

Зазначені вимоги диктують необхідність контролю поточних значень параметрів, пов'язаних з процесом регулювання потужності, величини подачі на зуб, частоти обертання і навантаження на інструмент при чорновому і чистовому режимах із заданням відповідних обмежень.

В адаптивних системах ЧПУ використовують датчики поточної інформації про значення обраних параметрів обробки. При управлінні чорновою обробкою застосовують силові датчики: крутного моменту, сили різання і її складових, амплітуди коливань, пружної деформації інструменту і виконавчих органів, наприклад, шпинделя верстата.

За отриманою від датчика поточною інформацією автоматично коригуються траєкторія руху інструмента і оптимізується (стабілізується) режим різання при непередбачених, випадкових змінах умов обробки. Для оптимізації процесу обробки використовують крім силових датчики температури в зоні різання, зносу інструменту та ін. При чистовій обробці найбільш оптимальним буде адаптивне управління за інформацією про поточні значення розмірів оброблюваних поверхонь і їх якості.

Специфічною особливістю силових датчиків адаптації є те, що вони включаються в пружну систему СНІД і повинні мати високу жорсткість і одночасно високу чутливість [3, 8, 9]. При цьому, щоб уникнути поломки швидкодія має бути високою (близько 0,01 с). Високу чутливість мають датчики, засновані на використанні магнітопружного ефекту. Це видно з порівняння: коефіцієнт тензочутливості магнітопружних перетворювачів досягає 400; напівпровідникових перетворювачів – 100; дротяних тензорезисторів – 2.

Датчик складається з корпусу, зафіксованого і закріпленого в ньому магнітопружного перетворювача і кришки. Магнітопровід складається з пакетів, зібраних з тонких листів електротехнічної сталі, склеєних між собою. Крайні пакети мають в 2 рази більше полюсних виступів, ніж середній з «безкаркасними» котушками збудження. На виступах крайніх пакетів змонтовані вимірювальні котушки. Котушки збудження з'єднані так, що магнітні полюси на сусідніх виступах чергуються [3]. При включенні живлення змінним струмом частотою 500-1500 Гц котушки збудження створюють магнітний потік, який замикається через чутливі елементи (вал, шпиндель, втулку) і наводить ЕРС в кожному з плечей вимірювальних котушок.

Коли крутний момент передається через колесо, то робочим буде правий датчик, а компенсаційним – лівий. Відповідно до величини крутних моментів, що передаються колесами, товщина стінок чутливого елемента неоднакова (правий тонший), що підвищило чутливість датчика в області малих моментів. Використання компенсаційних і робочих датчиків забезпечило зменшення пульсацій результуючого вихідного сигналу в 5-6 разів в порівнянні з вихідним сигналом робочого датчика.

В адаптивній системі оптимізації (АСО) фірми Naas, призначеної для підвищення ефективності чистової обробки на верстаті, керованому від ЕОМ, використані датчики для вимірювання швидкості обертання шпинделя, крутного моменту і вібрацій. Критерієм оптимізації служить максимальна швидкість зняття припуску при забезпеченні заданої шорсткості поверхні. Отже, для більшої оптимізації процесу обробки на верстаті з ЧПУ необхідно коригувати параметри вже в кодї керуючої програми, що, виходячи із отриманих експериментальних даних, зменшує час обробки в 1,4-3,2 рази.

## ВИСНОВОК

Проведені експериментальні роботи, промислове випробування верстатів з адаптивними системами ЧПУ доводять їх перспективність в підвищенні ефективності (продуктивності, якості, зниження собівартості) обробки деталей.

Адаптивне управління є дієвим методом підвищення ефективності обробки на верстатах з ЧПУ. Однак, незважаючи на простоту ідеї адаптивного управління, реалізація її ускладнена через низку ще не вирішених проблем. Головними з них є дві. Одна з них пов'язана з неповнотою наявних уявлень про явища, що відбуваються при різанні, і створенням промислових засобів вимірювання; інша – з необхідністю реалізації значного числа нелінійних функцій, таких як запам'ятовування інформації датчиків, логічні і арифметичні операції і т. д. Інтенсивні дослідження з цих проблем вже дають

результати. Застосування в адаптивних системах редагування коду на програмному рівні дозволяє істотно розширити і ускладнити алгоритми оптимального та граничного регулювання без значного збільшення витрат і зменшення необхідності в спеціальній апаратурі.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматизированное проектирование металлорежущего инструмента / В. А. Гречишников, Г. Н. Кирсанов, А. В. Катаев и др. – М. : Мосстанкин, 1984. – 107 с.
2. Грановский Г. И. Резание металлов / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. – М. : Высшая школа, 1986. – 304 с.
3. Речишников В. А. Системы автоматизированного проектирования режущих инструментов / В. А. Речишников. – М. : ВНИИТЭМР, 1987. – Вып. 2. – Сер. 9. – 52 с.
4. Адаптивное управление технологическими процессами / Ю. М. Соломенцев [и др.]. — М. : Машиностроение, 1980. — 536 с.
5. Дегтярев Ю. И. Методы оптимизации : учеб. пособие для вузов / Ю. И. Дегтярев. – М. : Сов. радио, 1980. – 272 с.
6. Чистяков А. В. Оптимизация эксплуатационно-технологических процессов в машиностроении / А. В. Чистяков, В. И. Бутенко, А. Я. Гоголев ; Новочерк. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск : НГТУ, 1997. – 228 с.
7. Кузнецов Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ : справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – М. : Машиностроение, 1975. – 391 с.
8. Маслов А. Р. Современные тенденции в конструировании специального режущего и вспомогательного инструмента для автоматизированных производств / А. Р. Маслов. – М. : ВНИИТЭМР, 1985. – 48 с.
9. Pearce R. 4000 Years of Sheet Metal Forming. // Formability of Metallic Materials – 2000 A. D., ASTM STP 753. ASTM, 1982. – С. 3–18.

#### REFERENCES:

1. Automate the design of cutting tools / V. A. Grechishnikov, G. N. Kirsanov, A. V. Kataev and others. М. : Mosstankin, 1984. – 107 p.
2. Granovsky G. I. Cutting metals / . G. I. Granovsky, V. G. Granovsky М. : Higher School, 1986. – 304 p.
3. Rechishnikov V. A. Computer-aided design of cutting tools / V. A. Rechishnikov М. : VNIITEMR. Ser. 9. 1987. Vol. 2. – 52 p.
4. Adaptive control of technological processes / U. M. Solomencev [ and ect.]. – М. Mashinostroenie, 1980. – 536 p.
5. Methods of optimization. Text. / U. I. Degtyarev – Ucheb. manual for schools. М. : Sov. radio - 1980 – 272 p.
6. Optimization of operational and technological processes in mechanical engineering / A. V. Chistyakov, V. I. Butenko, A. Y. Gogolev, Novoчерк. state. tehn. Univ. Novoчерkassk: Novosibirsk State Technical University - 1997. - 228 p.
7. Kuznetsov Y. I. Accessories for CNC: manual /Y. I. Kuznetsov, A. R. Maslov, A. N. Bayikov. М. : Mechanical Engineering, 1975. – 391 p.
8. Maslov A. R. Current trends in the design of a special cutting and auxiliary tools for automated production / A. R. Maslov. – М. : VNIITEMR, 1985. – 48 p.
9. Yatsenko V. S. Microcontrollers MICROCHIP, a practical guide / V. S. Yatsenko. – М. : Radio and communication, 2005. – 452 p.
10. Pearce R. 4000 Years of Sheet Metal Forming. // Formability of Metallic Materials – 2000 A. D., ASTM STP 753. ASTM, 1982. – С. 3-18.

## РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЮ ЛІНІЄЮ ОБРОБКИ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАТЧИКІВ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

Об'єкт дослідження – різальні верстати з ЧПУ, автоматичні гільйотинні ножиці.

Мета роботи – підвищення якості обробки металу різанням з використанням датчиків адаптивного керування та розробка принципової схеми керування технологічною лінією обробки листового металу з використанням датчиків адаптивного керування.

Різання металу гільйотиною відбувається за принципом «ножиці», коли оброблюваний матеріал подається з рольгангів в робочу зону і, на відведену заздалегідь відстань, опускається масивний ніж гільйотини. Загальним для більшості існуючих систем адаптивного управління при обробці металевих виробів на верстаті з ЧПУ є використання в якості каналу регулювання тільки приводу подачі.

Специфіка технологічних процесів різання та контурної обробки деталей на верстатах з ЧПУ визначає вимоги, що висувуються до адаптивної системи – поєднання чорнової і чистової обробок в одній програмі, тобто – виконання чорнової обробки при максимальному навантаженні на інструмент за критерієм його міцності та виконання чистової обробки при максимальній швидкості з забезпеченням точності розміру поверхонь деталей, що формуються.

Розглядаючи розроблену адаптивну систему числового програмного керування контурною обробкою на верстатах типу Haas SF, Haas VL, можна помітити, що система по каналах головного руху і подачі контурною обробкою забезпечує одночасне граничне регулювання швидкості приводу головного руху в межах, що обмежуються нормативною стійкістю, і подач за критерієм точності розміру деталі при максимальному використанні потужності приводу токарно-револьверного верстата з ЧПУ з кроковим приводом.

При контурному точінні підрізними різцями специфічним є також та обставина, що часто чорнова вибірка маси металу супроводжується чистовим формуванням поверхні, що обробляється торцем інструмента. З огляду на те, що специфіка деформації інструменту тягне за собою розворот площини його торця щодо оброблюваної поверхні, необхідно в цьому випадку за критерій обробки приймати не міцність інструменту, а якість формованої чистової поверхні.

Отже, адаптивна система ЧПУ повинна підтримувати на заданому рівні навантаження на інструмент за критерієм міцності для чорнової обробки і за критерієм точності при чистовій обробці з максимальним використанням потужності регульованого приводу головного руху в межах нормативної стійкості і подач в межах заданих обмежень .

Зазначені вимоги диктують необхідність контролю поточних значень параметрів, пов'язаних з процесом регулювання потужності, величини подачі на зуб, частоти обертання і навантаження на інструмент в чорновому і чистовому режимах із заданням відповідних обмежень.

В адаптивних системах ЧПУ верстатами використовують датчики поточної інформації значень обраних параметрів обробки. При управлінні чорною обробкою застосовують силові датчики: крутного моменту, сили різання і її складових, амплітуди коливань, пружної деформації інструменту і виконавчих органів, наприклад, шпинделя верстата. Адаптивне управління є дієвим методом підвищення ефективності обробки на верстатах з ЧПУ.

Застосування в адаптивних системах редагування коду на програмному рівні дозволяє істотно розширити і ускладнити алгоритми оптимального та граничного регулювання без значного збільшення витрат і зменшення необхідності в спеціальній апаратурі.

**Ключові слова:** листовий метал; рубка, гільйотинні ножиці; точне різання; адаптивні датчики; верстати з ЧПУ.

*Віштак Інна Вікторівна*, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: inna.vishtak@rambler.ru

*Кобилянський Євгеній Олександрович*, інженер кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: Jen4Y@yandex.ru

## DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF TECHNOLOGICAL LINE SHEET METAL USING A SENSOR ADAPTIVE MANAGEMENT TO IMPROVE QUALITY

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University

Object of study – cutting machines, CNC automatic guillotine shears.

Purpose – improving the quality of metal cutting using sensors and adaptive control of the development of the concept of management of technological line processing of sheet metal using adaptive control sensors.

Metal cutting guillotine is on a "scissors" when the material is processed with roller table in the work area, the pre-designated distance falls massive than guillotine Common to most of the existing systems of adaptive management in the processing of metal products for CNC machine is used as a channel regulation only subject innings.

The specificity of the processes of cutting and contour machining of parts on CNC machines specifies requirements for adaptive system: a combination of roughing and finishing in one program; performance roughing at maximum load on the tool by the criterion of its strength; performance finishing at maximum speed with providing precision molded surfaces of size. Considering the developed adaptive system numerical control contouring machines such Haas SF, Haas VL can see the system through the main movement and feed contouring provides simultaneous limiting speed control over the main movement within the limited regulatory resistance, and feeds the criterion of accuracy size details at maximum power use over-revolving lathe CNC with stepper drive.

When contour turning cutters cutting specific is also the fact that the often rough sample mass of metal finishing is accompanied by the formation surface of the treated end face of the instrument. Given the fact that the specific deformation tool entails turning the plane of its end on the treated surface, it is necessary in this case, a criterion not accept treatment tool strength and quality of the formed surface finishing.

Thus, adaptive CNC system must be maintained at a given level of load on the tool by the criterion of strength for roughing and the criterion of accuracy when finishing with the maximum use of capacity controlled drive head movement within the limits of sustainability and feed within the specified limits.

These requirements dictate the need for ongoing monitoring parameters associated with the process of power control, the value of applying for a tooth, speed and load on the tool in draft mode and finish the task the relevant restrictions.

In adaptive systems CNC machines use current sensor data values selected processing parameters. In managing roughing used force sensors, torque, cutting force and its components, amplitude, elastic deformation tool and executive bodies, such as the spindle of the machine. Adaptive management is an effective method of improving the efficiency of processing on CNC machines. The use of adaptive systems code editing in software can significantly extend and complicate algorithms are optimal and marginal adjustment without significantly increasing costs and reducing the need for special equipment.

**Key words:** sheet metal cutting; guillotine shears; accurate cutting; adaptive sensors; CNC machines.

*Vishtak Inna*, Ph.D., Senior Lecturer of Department of Life Safety and Security Education, Vinnitsya National Technical University, e-mail: inna.vishtak@rambler.ru

*Kobylyansky Evgeny*, engineer of Department of life safety and Security Education, Vinnitsya National Technical University, e-mail: Jen4Y@yandex.ru

И. В. Виштак<sup>1</sup>, Е. А. Кобылянский<sup>1</sup>

## РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИЕЙ ОБРАБОТКИ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКОВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет

Объект исследования – режущие станки с ЧПУ, автоматические гильотинные ножницы.

Цель работы – повышение качества обработки металла резанием с использованием датчиков адаптивного управления и разработка принципиальной схемы управления технологической линией обработки листового металла с использованием датчиков адаптивного управления.

Резка металла гильотиной происходит по принципу «ножницы», когда обрабатываемый материал подается с рольгангов в рабочую зону, на отведенное заранее расстояние, опускается массивный нож гильотины.

Общим для большинства существующих систем адаптивного управления при обработке металлических изделий на станке с ЧПУ является использование в качестве канала регулирования только привода подач.

Специфика технологических процессов резки и контурной обработки деталей на станках с ЧПУ определяет требования, предъявляемые к адаптивной системе: сочетание черновой и чистовой обработки в одной программе; выполнение черновой обработки при максимальной нагрузке на инструмент по критерию его прочности; выполнение чистовой обработки при максимальной скорости с обеспечением точности размера формируемых поверхностей деталей.

Рассматривая разработанную адаптивную систему числового программного управления контурной обработкой станках типа Haas SF, Haas VL можно заметить, что система по каналам главного движения и подачи контурной обработкой обеспечивает одновременное предельное регулирование скорости привода главного движения в пределах, ограничивающих нормативную устойчивость и подачу по критерию точности размера детали при максимальном использовании мощности привода токарно-револьверного станка с ЧПУ с шаговым приводом.

При контурном точении под разными резцами специфическим является также то обстоятельство, что часто черновая выборка массы металла сопровождается чистовым формированием обрабатываемой поверхности торцом инструмента. Учитывая то, что специфика деформации инструмента влечет за собой разворот плоскости его торца относительно обрабатываемой поверхности, необходимо в этом случае в качестве критерия обработки принимать не прочность инструмента, а качество формируемой чистовой поверхности.

Итак, адаптивная система ЧПУ должна поддерживать на заданном уровне нагрузки на инструмент по критерию прочности для черновой обработки и по критерию точности при чистовой обработке с максимальным использованием мощности регулируемого привода главного движения в пределах нормативной устойчивости и подач в пределах заданных ограничений.

Указанные требования диктуют необходимость контроля текущих значений параметров, связанных с процессом регулирования мощности, величины подачи на зуб, частоты вращения и нагрузки на инструмент при черновом и чистовом режимах с задачей соответствующих ограничений.

В адаптивных системах ЧПУ станками используют датчики текущей информации значений выбранных параметров обработки. При управлении черновой отделкой применяют силовые датчики: крутящего момента, силы резания и ее составляющих, амплитуды колебаний, упругой деформации инструмента и исполнительных органов, например, шпинделя станка.

Адаптивное управление является действенным методом повышения эффективности обработки на станках с ЧПУ.

Применение в адаптивных системах редактирования кода на программном уровне позволяет существенно расширить и усложнить алгоритмы оптимального и предельного регулирования без значительного увеличения расходов и уменьшения необходимости в специальной аппаратуре.

**Ключевые слова:** листовый металл; рубка; гильотинные ножницы; точная резка; адаптивные датчики; станки с ЧПУ.

*Виштак Инна Викторовна*, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности и педагогики безопасности, Винницкий национальный технический университет, e-mail: inna.vishtak@rambler.ru

*Кобылянский Евгений Александрович*, инженер кафедры безопасности жизнедеятельности и педагогики безопасности, Винницкий национальный технический университет, e-mail: Jen4Y@yandex.ru