

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ РОБОТАМИ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Рассказчиков Н.Г.

Ключевые слова: технологический робот, позиционно-силовое управление, адаптивное управление, абразивная зачистка, моделирование.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы применения технологических роботов для операции абразивной зачистки. Для управления роботом предлагается использование алгоритмов позиционно-силового управления. В режиме контурной обработки для обеспечения высокой производительности процесса реализовано управление по алгоритму с поддержанием постоянной мощности, затрачиваемой на подачу в условиях переменного припуска на шлифование.

TECHNOLOGICAL ROBOTS CONTROL FOR MECHANICAL PROCESSING

Rasskazchikov N.G.

Keywords: technological robot, position-force control, adaptive control, abrasive grinding, simulation.

Abstract. The article discusses the use of technological robots for the operation of abrasive grinding. To control the robot, the use of position-force control algorithms is proposed. In the mode of contour processing, in order to ensure high productivity of the process, an algorithm control with the maintenance of a constant power expended on the feed in the conditions of variable allowance for grinding is implemented.

Технологические роботы (ТР) предназначены для автоматического и дистанционного выполнения операций механообработки, например, механической резки, фрезерования, сверления, абразивной зачистки. Необходимость роботизированного выполнения таких операций возникает как в промышленности, так и при работах в экстремальных условиях. Поэтому актуальной является задача разработки методов управления ТР, обеспечивающих достижение наибольшей производительности ТР при требуемой гарантированной точности исполнительных движений.

На рис. 1 приведен пример использования промышленного робота "БЕТА" (IR 601/60) на операции абразивной зачистки отливок [1].

В конструкции робота сварочные клещи были заменены на пневматический инструмент ИП-200 и установлен 6-ти компонентный силомоментный датчик.

Основные проблемы при выполнении этой операции:

- обеспечение достаточной жесткости системы «робот – инструмент – деталь»;
- быстрый износ инструмента;
- переменная и заранее неопределенная величина подлежащего удалению припуска;
- управление точностью движения по заданной траектории и режимами резания для обеспечения максимальной производительности.

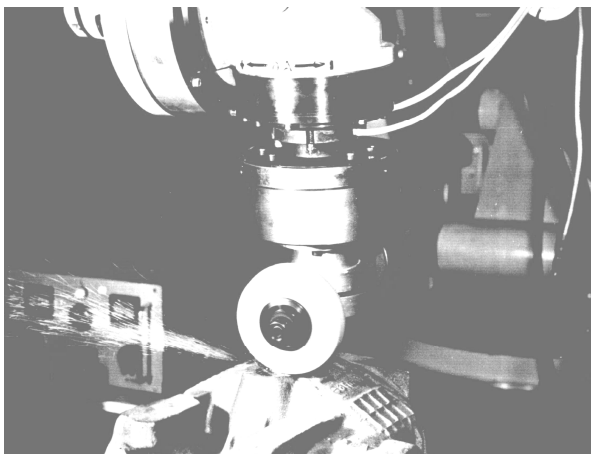


Рис. 1. Пример использования промышленного робота на операции абразивной зачистки отливок

Серьезным недостатком шарнирно-рычажных манипуляторов является их недостаточная жесткость, усложняющая управление ими, затрудняющая использование высокоэнергетического обрабатывающего инструмента и достижение высокой точности обработки. Имеется достаточно технических решений, например, введение управляемой опоры, замыкающейся на последнее кинематическое звено манипулятора [2], которые позволяют повысить жесткость технологической системы. Дальнейшее развитие они получили в станках с параллельной кинематикой [3]. Наиболее известным примером механизма с параллельной кинематикой (МПК) является гексапод или платформа Стюарта, которая состоит из двух пластин, шарнирно соединенных шестью поступательными парами. При изменении длины этих пар происходит пространственное перемещение верхней пластины относительно нижней.

Для мобильных роботов, выполняющих операции в экстремальных условиях, может быть эффективно использована следующая структура: транспортный робот – несущий манипулятор – технологический манипулятор. Транспортный робот осуществляет перемещение к объекту работ, несущий манипулятор выполнен по традиционной кинематической схеме шарнирно-рычажного механизма, на его последнем звене закрепляется подвижная платформа МПК с рабочим органом, а неподвижная платформа жестко закрепляется или на объекте работ, или вблизи него. Такие манипуляторы могут быть использованы для разделки на утилизацию корпусов кораблей и других крупных объектов с использованием различных инструментов (лазерный или воздушно-плазменный резак, разделочный шлифовальный круг).

В качестве средств коррекции движения инструмента относительно детали, имеющей значительные отклонения формы или неравномерный припуск, заусенец и т.д. могут быть использованы элементы пассивной адаптации без использования датчиков для управления процессом. Наиболее

распространенным техническим решением является упругое закрепление инструментальной головки или детали.

Активная коррекция движения возможна, если для регулирования процесса резания используется информация от датчиков. Силомоментное управление или управление податливым движением (compliant motion control) позволяет разрабатывать системы управления многостепенными манипуляторами, способными обеспечить перемещение по сложным пространственным траекториям вдоль различных поверхностей и требуемое силовое воздействие на эти обрабатываемые поверхности. Чаще всего для формирования сигналов обратной связи в подобных системах используются силомоментные датчики.

Для управления ТР предлагается использование алгоритмов позиционно-силового управления [1]. В режиме контурной обработки для обеспечения высокой производительности процесса реализовано управление по алгоритму с поддержанием постоянной (максимальной) мощности резания [4], реализуемое с помощью исполнительных электроприводов промышленного робота.

Описанный в [4] алгоритм поддержания постоянной мощности подачи $N = \text{const}$ позволяет управлять процессом абразивной зачистки в условиях переменного припуска h за счет изменения скорости подачи V_n , используя информацию с датчика силы резания F_z . В контуре вычисления требуемой скорости подачи $V_{n,mp}$, определяется по формуле $V_{n,mp} = N/F_z$. В работе [5] проведены исследования периодических движений в системе методом гармонической линеаризации и синтез корректирующего устройства линеаризованного привода с поддержанием постоянной мощности на подачу.

Анализ динамики синтезированного привода проводился цифровым моделированием. Модель привода, представленная в MATLAB (Simulink), приведена на рис. 2.

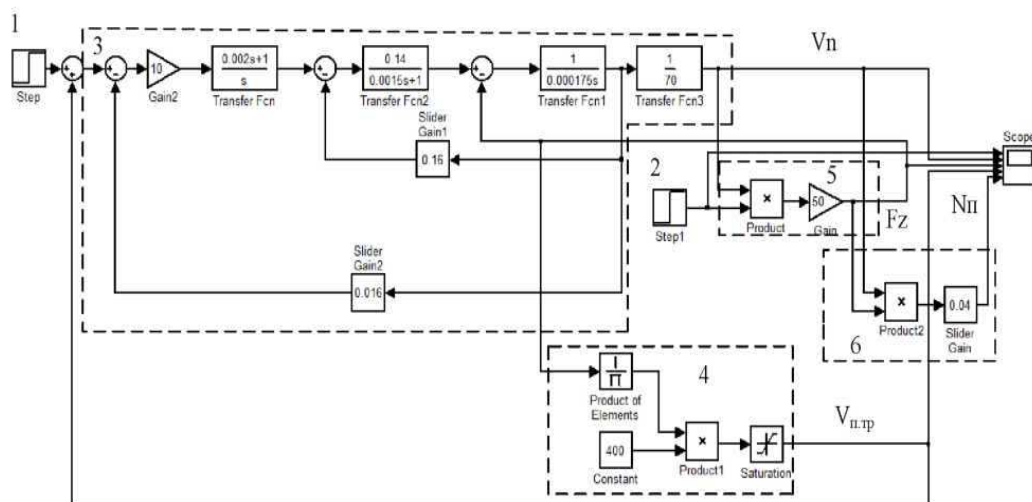


Рис. 2. Модель привода в Simulink

Модель реализует отдельные блоки структурной схемы: задатчик направления подачи 1, задатчик величины припуска 2, регулируемый по скорости привод 3, вычислитель 4 требуемой скорости $V_{n,тр}$, вычислитель 5 силы резания F_z , вычислитель 6 действительной мощности на подачу N_n , V_n – скорость подачи. Результаты моделирования приведены на рис. 3.

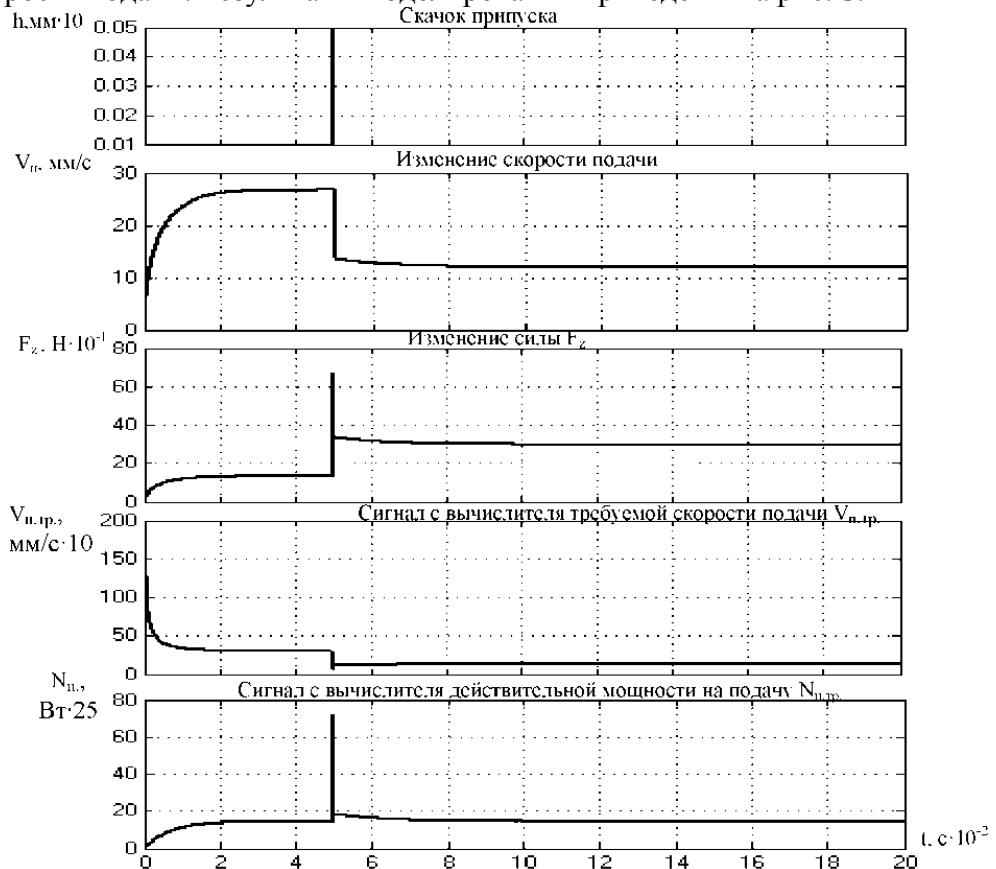


Рис. 3. Результаты моделирования

В ходе исследований приводов промышленного робота в MatLab (Simulink) были получены графики переходных процессов [1]. Скачок припуска на шлифование компенсируется изменением скорости подачи за время меньше 0,05 с.

Анализ теоретических исследований, натурных экспериментов и результатов компьютерного моделирования позволяет сделать вывод, что система с контуром самонастройки обеспечивает максимальную производительность в соответствии с заданной величиной мощности за счёт изменения величины скорости подачи в функции текущей силы резания. Стабилизация и ограничение силы резания предотвращают поломки инструмента и элементов привода.

Выполненные автором работы подтверждают эффективность использования для управления ТР силомоментной информации и адаптивных систем управления.

Список литературы

1. Рассказчиков Н.Г. Управление промышленными роботами для абразивной зачистки с использованием силомоментной адаптации // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=16772>
2. А.с. №1369889 СССР. Робототехнический комплекс для зачистки литья / Афонин В.Л., Рассказчиков Н.Г., Годзиковский В.А., Глейзер Л.Я., Егоров И.Н., Чинаев П.И. – опубл. 30.01.1988.
3. Афонин В.Л. Обработывающее оборудование нового поколения. Концепция проектирования. / В.Л. Афонин, А.Ф.Крайнев, В.Е.Ковалев, Н.Г.Рассказчиков, П.И. Чинаев. – М.: Машиностроение, 2001. – 256с.
4. А.с. №1240559 СССР. Устройство поддержания мощности при обработке абразивным кругом / Афонин В.Л., Рассказчиков Н.Г., Жаббаров А.Ф., Годзиковский В.А., Лифанов И.И. – опубл. 30.06.1986.
5. Афонин В.Л. Управление технологическими роботами и гибкими модулями / В.Л. Афонин, В.Е. Ковалев, С.В. Колодезев, Н.Г. Рассказчиков, П.И. Чинаев. – М.: Наука, 1992. – 143с.

References

1. Rasskazchikov N.G. Industrial robots control for abrasive cleaning using force-moment adaptation // Modern problems of science and education. - 2014. - № 6. - URL: www.science-education.ru/120-16772
2. A.S. USSR №1369889. Robotic complex for stripping casting / Afonin V.L., Rasskazchikov N.G., Godzikovsky V.A., Gleizer L.Ya., Egorov I.N., Chinaev P.I. – publ. 30.01.1988.
3. Afonin V.L., Kraynev A.F., Kovalev V.E. and others. Processing equipment of new generation. Design concept. M.: Mechanical Engineering, 2001. – 256p.
4. A.S. USSR №1240559. Device for maintaining power during processing by abrasive wheels / Afonin V.L., Rasskazchikov N.G., Zhabbarov A.F., Godzikovsky V.A., Lifanov I.I. – publ. 30.06.1986.
5. Afonin V.L. Technological robots control and flexible modules / V.L. Afonin, V.E. Kovalev, S.V. Kolodezev, N.G. Raskazchikov, P.I. Chinaev. - M.: Science, 1992. - 143p.

Рассказчиков Николай Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизация технологических процессов, Владимирский государственный университет, г.Владимир, Россия, rasskazchikov_ng@mail.ru

Rasskazchikov Nikolai Gennadievich – candidate of technical science, associate professor, associate professor of the Department of automation of technological processes, Vladimir State University, Wladimir, Russian Federation, rasskazchikov_ng@mail.ru

Received 03.04.2019