

УДК 62.551.2
МРНТИ 55.30.03
DOI 10.56525/NUVI2174

КОНЦЕПЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ - КАК КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

¹А.У. Табылов., ²Huy-Tuan Pham

¹Университет Есенова, Актау, Казахстан
e-mail: tabylov62@mail.ru

²Технологический и образовательный университет города Хо Ши Мин, Вьетнам
e-mail.ru: phtuan@hcmute.edu.vn

Аннотация. В условиях современного машиностроения эффективным вариантом использования технологического оборудования для поверхностной обработки деталей различной конфигураций плазменной обработкой, являются инновационные технические средства автоматизации. Представленные в виде манипуляторов с программными обеспечениями средств автоматизации -технические средства автоматизации предназначены для реализации функций управления пространственными положениями конструктивных узлов и элементов механизма. В статье на основе конкретизации вопросов поверхностной обработки деталей различной конфигураций плазменной обработкой, определен комплекс научных взглядов на представление роботизированного устройства функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения для поверхностной обработки, реализующего деятельность координатно-измерительной машины, имеющей широкие функциональные возможности по передвижениям рабочих органов манипуляторов, выбору и использованию обобщенного класса системы технологических координат, предполагающих возможности дополнительного ввода в функцию автоматического манипулятора третьей линейной степени свободы при производстве деталей сложных конфигураций, отличных от тел вращения. Применение в производственной деятельности координатно-измерительных машин дает широкие возможности по оперативному измерению геометрических параметров простых и сложных деталей, включительно и тех, измерения которых устоявшимися общепринятыми методами нуждаются в специализированной оснастке, имеющей высокую себестоимость.

Ключевые слова: технологический манипулятор, координатно-измерительная машина, обобщенная система технологических координат, контрольный объект, рабочий орган манипулятора.

Введение.

Проектирование и конструирование дополнительного оборудования операций транспортировок, загрузок и автоматизированных ориентирований рабочих органов технологических комплексов осуществляющих рабочие процессы измерений и наружной отделки деталей различной конфигураций в мелкосерийном производстве методами плазменных напылений, плазменного резания имеют ряд проблемных вопросов связанных с эксплуатацией данных технологических комплексов. В частности, в связи с отсутствием информации о существенной части параметров технологического процесса при выполнении вышеуказанных технологических операций необходимы высокая квалификация и навыки рабочего персонала. Немаловажным фактором, определяющим проблемы в этих вопросах, являются также принципиальные мероприятия обеспечения безопасности труда при выполнениях операций плазменной обработки, имеющих специфические особенности, которые в связи негативными воздействиями пространственного электромагнитного излучения предполагают особые, предохранительные условия эксплуатации [1,2].

В процессах автоматизации дискретных производств в машиностроении возникают значительные сложности при, в частности, при реализациях технологических процессов поверхностных обработок заготовок, измерительных операций протеканий плазменных напылений, плазменной резки. При использовании технологических комплексов наружной отделки в качестве важнейшего отрицательного фактора, влияющего на безопасность рабочего персонала - выступает пространственное распределение электромагнитного излучения [3].

Материалы и методы.

Исследование и анализ обозначенных проблем, определенных специфическими особенностями процессов плазменной обработки изделий различной конфигураций определили что, оптимальным вариантом использования технологического оборудования для данного производства являются технические средства автоматизации для управления пространственными положениями конструкционных узлов и элементов механизма - манипуляторы с программными обеспечениями средств автоматизации (промышленные микроконтроллеры, интеллектуальные средства измерений). Для выполнения сложных перемещений и увеличения производительности разработаны конструкторские решения по оснащению технологических манипуляторов дополнительными степенями подвижности в прямоугольных системах координат: P_z ; P_y ; P_x , устанавливающие возможности сохранности угловых точек наклонов ориентирующих степеней свобод в ходе варьирования направлений перемещений рабочих органов касательно системы координат роботизированного манипулятора и расположения звена установки плазменного напыления [4].

При наличии у манипуляторов только одного варианта подвижности, процессы управлений передвижением в определенные точки не представляют характерных трудностей, в этом случае необходимо выполнить расчет величины угла поворота θ . Если у манипулятора существуют возможности совершать дополнительно кроме вращательных еще возвратно-поступательные движения, то для таких роботов определяются выборы некоторых вариантов перемещений включающих функции: реализация разворотов исполнительных элементов на величину угла θ , с дальнейшей реализацией движений поступательного характера на величину r по направлению радиуса кривизны до достижения точек обслуживания и обработки; совершения поступательного перемещения на определенную величину и планомерный разворот на установленный угол либо реализация согласованных разворотов до крайних углов с дальнейшими перемещениями до максимально допустимых интервалов

Наличие возможности фиксированного закрепления углов по направлению радиуса кривизны наводящих уровней свобод в процессах трансформаций направлений перемещений функциональных элементов с учетом системы координат манипулятора и установок по плазменному напылению деталей определяет основное преимущество оснащения технологических манипуляторов дополнительными степенями подвижности.

Результаты исследований.

Для осуществления контрольно-измерительных операций, присущих функциям координатно-измерительных машин в современном машиностроении используются технологические машины. К ним относятся такие координатно-измерительные машины как: типа «POLI» (Италия), ДКМ-902 (НИТИ, Россия) и ряд других. Конструктивными особенностями координатно-измерительной машины «POLI», являются наличие расширенных функциональных возможностей по прохождением и изменениям направлений движения функциональных элементов в обобщенной системе технологических координат по реализациям функций просмотров физической картины фрезерных операций изделий плоской и объемной конфигурации в режимах металлообработки фасонных поверхностей.

Одним из режимов является процесс изменения движений и нацеленное перемещение функциональных элементов координатно-измерительных машин в обобщенных системах технологических координат, обосновывающие непосредственную

связь указанных машин с классом инженерных машин, используемых в машиностроении [5,6]. Наряду с этим классу координатно-измерительных машин присуща широкая функциональная альтернатива по осуществлению поверхностных механических обработок деталей различной конфигураций на основе технологических операций фрезерования сканированных изображений.

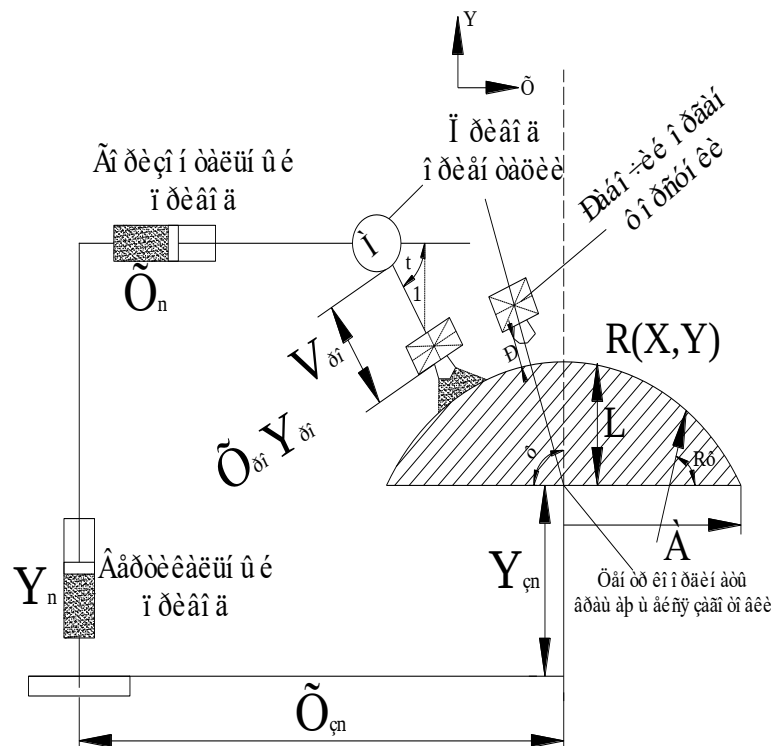


Рисунок 1 - Схема расчета перемещений функционального элемента манипулятора для поверхностной обработки:

L - высота заготовки, A - максимально допустимый размер заготовки φ - угол наклона нормали к контуру заготовки R_φ - радиус кривизны, P - управляемый и задаваемый технологический параметр расстояния по нормали от контура детали до рабочего органа манипулятора, t - угол наклона функционального элемента до горизонтали Y_0 - объем функционального элемента манипулятора, $R(x, Y)$ траектория сечения заготовки в координатах x, Y , $X_{н0}, Y_{н0}$ - координаты функционального элемента основания маршрута в системе координат установки, 1 - номер точки измерения

Показатель принадлежности манипулятора технологического комплекса для операций поверхностных обработок к функциональному прообразу координатно-измерительной машины предполагает возможность дополнительного ввода в функцию автоматического манипулятора третьей линейной степени свободы при производстве деталей сложных конфигураций, отличных от тел вращения.

Согласно этой концепции в автоматическом манипуляторе принято конструкторское решение в качестве функциональных элементов использовать контактные измерительные устройства для определения линейных размеров изделий. В соответствии с систематизацией взглядов в этом направлении позволительно наличие функциональных возможностей данных манипуляторов с использованием нулевых контактных измерительных устройств отклонений и контактных устройств с персональной системой координат, построенных на платформе контактных датчиков и применяемых в режиме оптических устройств для задания опорных направлений в пространстве. Нулевая головка производит спектры импульсных сигнальных данных, которые вычисляют и фиксируют абсолютные величины

координат оболочки головки в системах координат в периоды времени контакта головки с деталью.

Дополнительно концепцией предположено соотнести устройства измерений к координатам технологического комплекса манипулятора, к примеру к осям поворота головки касаний на базе использования типовых режимов обработки контрольно-измерительных операций манипулятора

На дальнейших этапах проектирования функций рабочего органа посредством операций контактных сканирований поверхностей заготовок, величина толщины которых представляют переменные значения, и вычислений их размеров в контрольных сечениях установлена функциональная возможность поисков в системе координат поверхностей обрабатываемых заготовок. При этом необходимо принимать к сведению факторы перепадов высот поверхностей обрабатываемых заготовок. Операции сканирования математической поверхности в отличие от подобных операций по сканированию рельефной поверхности заготовки, имеют особенности процессов сканирования крупной сеткой с дальнейшим воспроизведения поверхности реверс инжинирингом в математическую поверхность. Контрольно-измерительные операции процесса поверхностной обработки допустимо производить в ручных или автоматических режимах производства. Дополнительной функцией предположено применение технологии тестирования манипуляторов методом соотнесения к контрольным объектам [7].

Обсуждение.

Конструкторская новизна представления данной концепции заключается в том, что структурная схема манипулятора, основанная на применении в устройстве на принципах контакта измерительной головки с третьей линейной степенью свободы, предполагает внедрение измерительной головки в элемент захвата с целью управления и регулирования функциональными возможностями путем осуществления совмещений центра основания измерительной головки с направляющими фиксирующими и функциональных элементов. В последующем посредством переносов приводных устройств манипулятора в предписываемые конечные позиции выполняется привязка измерительной головки с системой координат роботизированного устройства, выполняется привязка к координатам технологического комплекса, которые совпадают с координатами заготовки вращения.

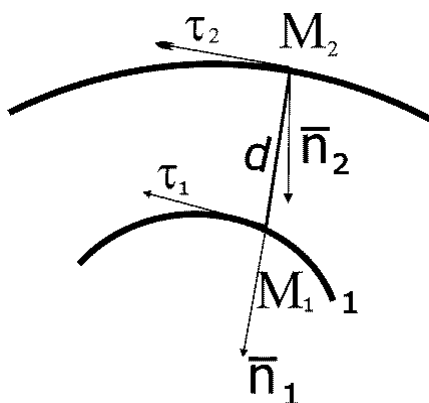


Рисунок 2 – Обобщенная система координат с точки зрения совокупностей сеток нормалей к контуру заготовки и сеток эквидистант.

Привязка выполняется посредством прохождения измерительного щупа до контакта с телом вращения заготовки с дальнейшим передвижением измерительного щупа в противоположную сторону от заготовки. В период времени окончания контакта производится регистрация координат заготовки в системе координат роботизированного

устройства, в последствии выполняется возобновление процесса с противоположного края заготовки

Глубокое контактное обследование поверхностей вращающихся заготовок с фиксированием координат контактов осуществляется в режимах сканера обработок координатно-измерительных машин. В автоматических режимах выполняются операции задания точек в виде совокупности сеток нормалей к контурам заготовок и совокупности эквидистант, с условием симметричных расположений каждой точки от наружной поверхности контура заготовок. В условиях поверхностных обработок заготовок, соотношения рабочих элементов манипуляторов технологических комплексов обуславливают выполнение математического моделирования при решениях задач определений ограничений заданных перемещений функциональных органов манипулятора. Математическое моделирование содержит операции разработок заданий алгоритма формирования и параметров управляющей программы числового управления координатно-измерительной машиной.

Конкретизирование уравнения начальной кривой 1 с параметром s сводится знаками: $x(s)$, $y(s)$, радиус-вектор $r(s)$, s – длина дуги. Записывание единичного вектора-касательной τ_1 в точке M_1 к кривой 1 (рис. 2) излагается в виде:

$$\begin{aligned}\tau_1 &= \left(\frac{dr_1}{ds} \right) \left| \frac{dr_1}{ds} \right|^{-1}, \quad \text{в проекциях:} \\ \tau_{1x} &= \left(\frac{dx_1}{ds} \right) \left[\left(\frac{dx_1}{ds} \right)^2 + \left(\frac{dy_1}{ds} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}, \\ \tau_{1y} &= \left(\frac{dy_1}{ds} \right) \left[\left(\frac{dx_1}{ds} \right)^2 + \left(\frac{dy_1}{ds} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}\end{aligned}\quad (1)$$

Пространственная производная вектора τ_1 формируется следующим изложением:

$$\left(\frac{d}{ds} \right) \left[\frac{dr_1}{ds} \right] = \left(\frac{d}{ds} \right) \left[\tau_1 \left| \frac{dr_1}{ds} \right| \right] = \left(\frac{d}{ds} \right) \left| \frac{dr_1}{ds} \right| \tau_1 + \left| \frac{dr_1}{ds} \right| \frac{d\tau_1}{ds} \quad (2)$$

Второе слагаемое выявляет вектор нормали n_1 :

$$\frac{d\tau_1}{ds} = \left| \frac{dr_1}{ds} \right| \frac{n_1}{\rho_1} \quad (3)$$

В результате устанавливается радиус ρ_1 кривизны траектории:

$$\rho_1 = \left| \frac{dr_1}{ds} \right| \left| \frac{d\tau_1}{ds} \right|^{-1} = \left[\left(\frac{dx_1}{ds} \right)^2 + \left(\frac{dy_1}{ds} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \left[\left(\frac{d\tau_{1x}}{ds} \right)^2 + \left(\frac{d\tau_{1y}}{ds} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}. \quad (4)$$

При условии задания радиуса в технологическом режиме значение для орта нормали и проекций определяется формулой:

$$n_1 = \rho_1 \left| \frac{dr_1}{ds} \right|^{-1} \frac{d\tau_1}{ds}, \quad n_{1x} = \rho_1 \left| \frac{dr_1}{ds} \right|^{-1} \frac{d\tau_{1x}}{ds}, \quad n_{1y} = \rho_1 \left| \frac{dr_1}{ds} \right|^{-1} \frac{d\tau_{1y}}{ds}. \quad (5)$$

Геометрическое место точки качания M_2 определяется из условий:

$$r_2 = r_1 - dn_1; \quad r_{2x} = x_2(s) - dn_{1x}; \quad r_{2y} = y_2(s) - dn_{1y}, \quad (6)$$

где: d – технологический временной промежуток от детали до точки колебания.

Установление кривой второго порядка в уравнение второй степени относительно системы декартовых прямоугольных координат X и Y имеем:

$$A11X^2 + 2 A12XY + A22Y^2 + 2A13X + 2A23Y + A33 = 0 \quad (7)$$

При данных условиях, уравнение нормали в точке $(X1, Y1)$ выражается в виде:

$$(X - X1)/(A11X1 + A12Y1 + A13) = (Y - Y1)/(A21X1 + A22Y1 + A23) \quad (8)$$

где, $A11, A12, A22, A13, A23, A33$: показатели величин устанавливаемые численными методами в следствии математического оснащения компьютерных программ [9].

С учетом того, что кривая второго порядка формируется шестью точками установление дислокации формы заготовок, выполнимо при условии позиционирования не менее шести точек измерений операции.

Физическая картина процесса с пространственной ориентацией рационально должна удовлетворять условиям:

$$\begin{cases} Y_{po} = -x_{zn} + x_n + V_{po} * \cos \tau \\ Y_{po} = -y_{zn} + y_n + V_{po} * \sin \tau \end{cases} \quad (9)$$

Таким образом, на основе конкретизации вопросов поверхностной обработки деталей различной конфигураций плазменной обработкой определен комплекс научно обоснованных взглядов на оценку манипулятора технологического комплекса для процессов поверхностной обработки заготовок в машиностроении, реализующего деятельность координатно-измерительной машины, имеющей широкие функциональные возможности по передвижениям рабочих органов манипуляторов, определению и реализации применения целостного класса систем технологических координат с выяснением координат поверхности обрабатываемой заготовки.

Вывод. Применение в производственной деятельности координатно-измерительных машин дает широкие возможности по оперативному измерению геометрических параметров простых и сложных деталей, включительно и тех, измерения которых устоявшимися общепринятыми методами нуждаются в специализированной оснастке, имеющей высокую себестоимость. Дополнительно к этому, в современном машиностроении использование координатно-измерительной машины с возможностями передвижений рабочих органов манипуляторов и использования обобщенного класса системы технологических координат, осуществляющих постоянный контроль и корректировку точности процесса обработки деталей существенно сокращает трудоемкость и время наладки станков ЧПУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шурков, В. Н. Основы автоматизации производства и промышленные роботы. Учебное пособие. / В.Н. Шурков. - Москва: Мир, 2010. - 240 с.

- 2 Козырев. Ю. Г. Промышленные роботы. Основные типы и технические характеристики – М.: КНОРУС, 2010. - 112 с.
3. Москвичев, А. А. Захватные устройства промышленных роботов и манипуляторов. Учебное пособие / А.А. Москвичев, А.Р. Кварталов, Б.В. Устинов. - М.: Форум, Инфра-М, 2015. - 176
4. Отений Я.Н., Олыштынский П.В. Выбор и расчет захватных устройств промышленных роботов Учебное пособие/ ВолгГТУ, Волгоград, 2000. – 64 с.
5. Булгаков А.Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление М.: Солон-Пресс, 2007. — 488 с.
- 6 . Борисенко, Л. А. Теория механизмов, машин и манипуляторов. – М.: ИНФРА-М – 2011. - 285 с.
7. Зубарев Ю. М., Косаревский С. В., Ревин Н. Н. Автоматизация координатных измерений. — СПб.: ПИМаш - 2011. - 160 с. .
8. Федоров В. Г. Шестиосевые координатно-измерительные машины // Измерительная техника. – 2008. – Т.1. №7. - С. 18-19.
- 9 Мисюрин С.Ю. Математическое моделирование и выбор параметров механизмов в комплексе с приводными системами Автореферат диссертации д-ра физ.-мат. наук. – Москва: НИЯУ МИФИ, 2010. – 45 с.

БЕТТІК ӨНДЕУ ҮШІН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ КЕШЕННІҢ МАНИПУЛЯТОРЫН - КООРДИНАТАЛЫҚ ӨЛШЕУ МАШИНАСЫ РЕТІНДЕ ҰСЫНУ ТУРАЛЫ ТҮСІНІК

¹А.У. Табылов., ²Huy-Tuan Pham

¹Есенов университеті, Ақтау, Қазақстан
e-mail: tabylov62@mail.ru

²Хо Ши Мин технологиялық және білім беру университеті, Вьетнам
e-mail.ru: phtuan@hcmute.edu.vn

Аңдатпа. Қазіргі заманғы машина жасау жағдайында әртүрлі конфигурациялардағы бөлшектерді плазмалық өңдеумен беттік өңдеуге арналған технологиялық жабдықты пайдаланудың тиімді нұсқасы автоматтандырудың инновациялық техникалық құралдары болып табылады. Автоматтандыру құралдарының бағдарламалық жасақтамасы бар манипуляторлар түрінде ұсынылған-автоматтандырудың техникалық құралдары құрылымдық тораптар мен механизм элементтерінің кеңістіктік позицияларын басқару функцияларын жүзеге асыруға арналған. Мақалада әртүрлі конфигурациядағы бөлшектерді плазмалық өңдеумен беттік өңдеу мәселелерін нақтылау негізінде манипуляторлардың жұмыс органдарының қозғалысы, технологиялық координаттар жүйесінің жалпыланған класын таңдау және пайдалану үшін кең функционалды мүмкіндіктері бар, бетті өңдеуге арналған функционалды өзара байланысты технологиялық жабдықтардың роботты құрылымын ұсынуға арналған ғылыми көзқарастар жиынтығы, айналатын денелерінен басқа күрделі конфигурациялардың бөлшектерін өндіруде үшінші сызықтық еркіндік дәрежесін, автоматты манипулятор функциясына қосымша енгізу мүмкіндігі анықталған. Өндірістік қызметте координаталық өлшеу машиналарын қолдану қарапайым және күрделі бөлшектердің геометриялық параметрлерін, соның ішінде жалпы қабылданған әдістермен өзіндік құндылығы жоғары арнайы аспаптарда өлшеулерге үлкен мүмкіндіктер береді

Түйін сөздер: технологиялық манипулятор, координаттық-өлшеу машинасы, жалпыланған технологиялық координаттар жүйесі, бақылау объектісі, манипулятордың жұмыс органы.

CONCEPT OF REPRESENTATION OF PROCESS COMPLEX MANIPULATOR FOR SURFACE PROCESSING - AS COORDINATE-MEASURING MACHINE

Abzal Tabylov¹, Huy-Tuan Pham²

¹University Yessenov, Aktau, Kazakhstan

e-mail.ru: tabylov62@mail.ru

²Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam

e-mail.ru: phtuan@hcmute.edu.vn

Annotation. In the conditions of modern mechanical engineering, innovative automation technology is an effective option for using technological equipment for surface treatment of parts of various configurations by plasma treatment. Presented in the form of manipulators with automation software, technical automation tools are designed to implement the functions of controlling the spatial positions of structural units and elements of the mechanism. In the article, based on the specification of the issues of surface treatment of parts of various configurations by plasma treatment, a set of scientific views on the representation of a robotic device of functionally interconnected means of technological equipment for surface treatment, implementing the activities of a coordinate measuring machine with extensive functionality for the movement of working bodies of manipulators, the selection and use of a generalized class of technological coordinate system, suggesting the possibility of additional input into the function of an automatic manipulator of the third linear degree of freedom in the production of parts of complex configurations other than bodies of rotation. The use of coordinate measuring machines in production activities provides ample opportunities for the operational measurement of geometric parameters of simple and complex parts, including those whose measurements by well-established generally accepted methods

Keywords: technological manipulator, coordinate measuring machine, generalized system of technological coordinates, control object, manipulator working body.