



(19) **KG** (11) **1597** (13) **C1** (46) **31.12.2013**  
(51) **B25J 7/00** (2013.01)

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
И ИННОВАЦИЙ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Кыргызской Республики под ответственность заявителя

---

(19) **KG** (11) **1597** (13) **C1** (46) **31.12.2013**

(21) 20120087.1

(22) 24.09.2012

(46) 31.12.2013, Бюл. №12

(71)(73) Кыргызский государственный технический университет имени И. Раззакова (KG)

(72) Даровских В.Д. (KG)

(56) Патент RU № 2163189, C1, B25J 9/00, B25J 19/00, B23K 37/02, B05B 13/04, 2001

**(54) Способ перемещения робота по внутренним и наружным образующим цилиндра или сферы**

(57) Изобретение относится к промышленной робототехнике, необходимой для автоматизации производственных процессов и производств, а точнее к технологическим особенностям повышения мобильности и маневренности робота при его пространственном перемещении.

Технической задачей изобретения является расширение функциональных способностей робота из-за придания ему способности перемещаться по внутренним и наружным образующим цилиндра или сферы в полярной или сферической системах координат в процессе обработки.

Задача решается тем, что по способу перемещения робота по внутренним и наружным образующим цилиндра или сферы робота, на котором установлен манипулятор локальных перемещений относительно детали, глобально перемещают между рабочими позициями базирования деталей, причем у робота, выполненного сферическим, вектор удерживающего усилия, проведенный через геометрический центр цилиндра или сферы и робота, задают перпендикулярно касательной, в координате ее пересечения с образующей и вектором удерживающего усилия, а вектор приводного усилия направляют под углом  $\pi/2$  не менее для цилиндра и не более для сферы к вектору удерживающего усилия в направлении вектора скорости кинематического перемещения и в координате пересечения с геометрическим центром робота, при этом векторы удерживающего и приводного усилий синхронно вращают в единой плоскости относительно геометрического центра робота непрерывно с угловой скоростью или дискретно с шаговым углом и частотой приемистости приводов генерации векторов удерживающего и приводного усилий в направлении, адекватном направлению задаваемого перемещения, причем циклы синхронного вращения векторов удерживающего и приводного усилий в единой плоскости периодически заменяют дискретным с шаговым углом и частотой приемистости привода генерации вектора приводного усилия относительно вектора удерживающего усилия на углы от 0 до  $2\pi$  и в плоскости, перпендикулярной этому вектору и проходящей через геометрический центр робота, причем при перемещении робота в горизонтальной плоскости вращению подлежат одновременно оба вектора в той же плоскости, а в случае перемещения робота в вертикальной плоскости вектор удерживающего усилия стационарен, а вектор приводного усилия вращается опять же в вертикальной плоскости.

Применение способа перемещения робота по внутренним и наружным образующим цилиндра или сферы позволяет осуществлять технологические воздействия на любую образующую объекта производственного процесса как снаружи, так и изнутри зоны их обслуживания. 1 н.п. ф., 5 фиг.

(21) 20120087.1

(22) 24.09.2012

(46) 31.12.2013, Bull. number 12

(71)(73) Kyrgyz State Technical University, named after I.Razzakov (KG)

(72) Darovskikh V.D. (KG)

(56) Patent RU №2163189, C1, B25J 9/00, B25J 19/00, B23K 37/02, B05B 13/04 2001

**(54) Method for displacement of the robot along the inner and outer generating lines of cylinder or sphere**

(57) The invention relates to industrial robotics, which is required for automation of the manufacturing processes and productions, but particularly, to technological features for to increase the mobility and maneuverability of the robot with its spatial displacement.

Technical problem of the invention is the expansion of the functional abilities of the robot by giving to it the ability to navigate through the inner and outer generating lines of cylinder or sphere in the polar or spherical coordinate systems during processing.

The problem is solved in the fact that according to the method for displacement of the robot along the inner and outer generatrices of a cylinder or sphere, the robot, on which the manipulator of local movements relative to the element was established, is globally moved between working positions of components stationing; wherein the robot, which made spherical, has the holding force vector, drawn through the geometric center of the cylinder or sphere and robot itself, which is set perpendicular to the tangent in the coordinate of its intersection with the generatrix and holding force vector; and the vector of

the driving force is directed at the  $\pi/2$  angle in the relation to the holding force vector, no less for a cylinder and no more for a sphere, in the direction of the kinematic movement velocity vector and in the coordinate of intersection with the geometrical center of the robot; and vectors of holding and driving forces, at that, are synchronously rotating in a single plane relative to the geometrical center of the robot continuously with the angular velocity or discretely with a stepping angle and acceleration frequency of drives, generating holding and driving forces toward the direction, adequate the direction of specified displacement, wherein the cycles of the synchronous rotation of the holding and driving forces in a single plane are periodically replaced by discrete cycles with the stepping angle and acceleration frequency of the drive for driving forces generation, in relation to the holding force vector at angles from 0 to  $2\pi$  and in a plane, perpendicular to this vector and passing(plane) through the geometrical center of the robot; and at the navigation of the robot in the horizontal plane, both vectors are subject to rotation in the same plane, and in case of moving the robot in a vertical plane, vector of holding force is stationary, and vector of driving force is again rotating in the vertical plane.

Application method for displacement of the robot along the inner and outer generating lines of cylinder or sphere allows any technological effects on any generatrix of the production process object from outside as well as inside of their service area. 1 independ. claim, 5 figures.

Изобретение относится к промышленной робототехнике, необходимой для автоматизации производственных процессов и производств, а точнее к технологическим особенностям повышения мобильности и маневренности робота при его пространственном перемещении.

Известен автоматический манипулятор с программным управлением (А.с. RU №1390014, А1, В25J 9/00, 1988), содержащий основание с установленными на нем опорными звеньями, промежуточные звенья и корпус механической руки, на котором подвижно установлена механическая рука, а также приводы перемещения руки с гидродвигателями и систему управления, включающую блоки управления, записи-считывания и устройство коммутации, при этом корпус механической руки соединен с опорными звеньями и основанием четырьмя шарнирами, состоящими из кинематических пар пятого и четвертого классов, образованных опорными звеньями, промежуточными звеньями и корпусом, а также дугообразными скобами с пазами, в которые входят опорные звенья.

Недостатком автоматического манипулятора с программным управлением являются кинематическая избыточность и конструктивная сложность при, соответственно, недостаточных функциональных возможностях, что выражается в возможности реализации телесного угла от 0 до  $\pi/4$ , что исключает его маневренность при пространственных целевых действиях в технологиях, полном отсутствии мобильности и обслуживании рабочего пространства лишь изнутри.

Известно также устройство для автоматической технологической обработки деталей (патент RU №2163189, С1, В25J 9/00, В25J 19/00, В23K 37/02, В05В 13/04, 2001), содержащее мобильную платформу, на которой установлен манипулятор с технологическим оборудованием и смонтирован сенсор положения обрабатываемой детали, выполненный в виде стержня, а на его концах закреплены карданные шарниры, причем ближайшие к стрелу оси шарниров параллельны одна другой, при этом второй конец первого шарнира закреплен на подвижной платформе и, по меньшей мере, одна из осей одного из шарниров оснащена датчиком углового положения, который связан с системой управления, которая связана также с мобильной платформой, манипулятором и технологическим оборудованием и на рабочем элементе манипулятора смонтированы два колеса с параллельными осями, имеющие в поперечном сечении различную форму.

Недостаток устройства для автоматической технологической обработки деталей заключается в функциональной ограниченности из-за отсутствия кинематической возможности мобильной тележки как роботу действовать в полярной или сложной полярной системах координат, а ее манипулятору обслуживать рабочее пространство изнутри рабочего пространства.

Устройство для автоматической технологической обработки деталей выбрано за прототип.

Технической задачей изобретения является расширение функциональных способностей роботу из-за придания ему способности перемещаться по внутренним и наружным образующим цилиндра или сферы в полярной или сферической системах координат в процессе обработки.

Задача решается тем, что по способу перемещения робота по внутренним и наружным образующим цилиндра или сферы мобильную платформу как робот, на которой установлен манипулятор локальных перемещений относительно детали, глобально перемещают между рабочими позициями базирования деталей, причем у робота, выполненного сферическим, вектор удерживающего усилия, проведенный через геометрический центр цилиндра или сферы и робота,

задают перпендикулярно касательной, в координате ее пересечения с образующей и вектором удерживающего усилия, а вектор приводного усилия направляют под углом  $\pi/2$  не менее для цилиндра и не более для сферы к вектору удерживающего усилия в направлении вектора скорости кинематического перемещения и в координате пересечения с геометрическим центром робота, при этом векторы удерживающего и приводного усилий синхронно вращают в единой плоскости относительно геометрического центра робота непрерывно с угловой скоростью или дискретно с шаговым углом и частотой приемистости приводов генерации векторов удерживающего и приводного усилий в направлении, адекватном направлению задаваемого перемещения, причем циклы синхронного вращения векторов удерживающего и приводного усилий в единой плоскости периодически заменяют дискретным с шаговым углом и частотой приемистости привода генерации вектора приводного усилия относительно вектора удерживающего усилия на углы от 0 до  $2\pi$  и в плоскости, перпендикулярной этому вектору и проходящей через геометрический центр робота, причем при перемещении робота в горизонтальной плоскости вращению подлежат одновременно оба вектора в той же плоскости, а в случае перемещения робота в вертикальной плоскости вектор удерживающего усилия стационарен, а вектор приводного усилия вращается опять же в вертикальной плоскости.

Генерация сферическим роботом удерживающего и приводного усилий синхронно с их непрерывным или дискретным вращением в единой плоскости относительно геометрического центра приводит к целесообразному и планируемому его относительно криволинейной образующей, а периодическая замена циклов синхронного вращения векторов удерживающего и приводного усилий в единой плоскости дискретным с шаговым углом и частотой приемистости привода генерации вектора приводного усилия относительно вектора удерживающего усилия на углы от 0 до  $2\pi$  и в плоскости, перпендикулярной этому вектору, позволяет переводить робот на иную образующую. Перемещение робота в горизонтальной плоскости обеспечено одновременным вращением векторов в этой плоскости, а в случае перемещения робота в вертикальной плоскости вектор удерживающего усилия стационарен, а вектор приводного усилия вращается опять же в вертикальной плоскости. При этом не происходит потерь геометрической информации при перемещениях робота как снаружи цилиндрической или сферической поверхности, так и изнутри нее, что гарантирует расширение функциональных способностей роботу по технологическому обслуживанию объектов производственного процесса и есть доказательством решения поставленной задачи.

Сущность способа перемещения робота по внутренним и наружным образующим цилиндра или сферы поясняется прилагаемыми чертежами.

На фиг. 1 и 2 приведены варианты перемещений роботов по наружным и внутренним образующим цилиндра и сферы, соответственно, а на фиг. 3 дан вид по стрелке А на фиг. 2 и 3, на фиг. 4 и 5 показаны схемы генерации роботом удерживающего и приводного усилий при расположении робота на горизонтальной наружной и вертикальной внутренней поверхностях цилиндра и сферы, соответственно, и образованных этими силами кинематических параметров его движения.

Способ выполняется роботом 1, который располагается снаружи или внутри цилиндра 2 (или сферы) на их образующих. Геометрический центр робота 1 допустимо располагать в любой координате эквидистантой поверхности 3 как снаружи, так и внутри цилиндра 2 (сферы). Робот 1 прижимается к данной образующей удерживающей силой  $R_y$ , вектор которой ориентирован радиально роботу 1 и по линии связи геометрических центров робота 1 и цилиндра 2 (сферы) в направлении к наружной или внутренней поверхностям цилиндра 2 (сферы). Кроме того, вектор удерживающего усилия  $R_y$ , проведенный через геометрический центр цилиндра 2 (сферы) и робота 1, задают также перпендикулярно касательной, в координате ее пересечения с образующей и вектором удерживающего усилия  $R_y$ . Вектор приводного усилия  $R_{\Pi}$  робота 1 проходит через его геометрический центр, перпендикулярен вектору удерживающей силы  $R_y$  и задает вектор скорости  $v$ , с которой перемещается робот 1 относительно образующей цилиндра 2 (сферы) внутри или снаружи их по траектории 4. При этом вектор приводного усилия  $R_{\Pi}$  направляют под углом  $\pi/2$  не менее для цилиндра и не более для сферы к вектору удерживающего усилия  $R_y$  в направлении вектора скорости  $v$  кинематического перемещения и в координате пересечения с геометрическим центром робота 1. Робот 1 способен к линейному и угловому перемещениям  $x$ ,  $\varphi_z$ , соответственно, при обходе цилиндра, а при обходе сферы - к перемещениям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и  $\varphi_x$ ,  $\varphi_y$ ,  $\varphi$ , соответственно.

Способ перемещения робота по внутренним и наружным образующим цилиндра или сферы реализуется следующим образом. Система управления (на фигурах не показана) по программе запускает робот 1, который синхронно генерирует удерживающее  $R_y$  и приводное  $R_{\Pi}$  усилия. Под действием удерживающего усилия  $R_y$  робот 1 прижимается к внутренней или наружной поверхности цилиндра 2 (сферы) в координате, расположенной на образующей, вдоль которой произойдет плановое перемещение робота 1. При этом вектор удерживающего усилия  $R_y$  ориентируется радиально роботу 1 и по линии связи его геометрического центра с геометрическим центром цилиндра 2 (сферы) в направлении проходимой образующей, а вектор приводного усилия  $R_{\Pi}$  выставляется в геометрический центр робота 1 перпендикулярно вектору удерживающего усилия  $R_y$  и в плоскости, образованной полным оборотом заданной координаты исходной установки робота 1 относительно образующей вокруг геометрического центра цилиндра 2 (сферы). Криволинейный или линейный характеры образующей приводят к аналогичному перемещению геометрического центра робота 1 по эквидистанте 4. По направлению вектора приводного усилия ориентируется и вектор скорости  $v$  относительного кинематического перемещения геометрического центра робота 1 и образующей цилиндра 2 (сферы). Для организации параметра скорости  $v$  система управления изменяет направления действия векторов удерживающего  $R_y$  и приводного  $R_{\Pi}$  усилий относительно первоначального их состояния.

Циклы синхронного вращения векторов удерживающего  $R_y$  и приводного  $R_{\Pi}$  усилий в единой плоскости периодически заменяют дискретным с шаговым углом  $\varphi$  и частотой приемистости  $f$  привода генерации вектора приводного усилия  $R_{\Pi}$  относительно вектора удерживающего усилия  $R_y$  на углы от 0 до  $2\pi$  и в плоскости, перпендикулярной последнему вектору и проходящей через геометрический центр робота 1.

Генерации роботом 1 удерживающего  $R_y$  и приводного  $R_{\Pi}$  усилий необходимы для образования кинематического вектора  $v$  перемещения. Угол поворота векторов  $R_{\Pi}$  и  $R_y$  в одном цикле прохода робота 1 по образующей цилиндра 2 (сферы) составляет  $2\pi$ . Система управления задает также шаговый угол  $\varphi^0$  дискретного вращения векторов названных усилий и частоту приемистости  $f$  привода вращения векторов удерживающего  $R_y$  и приводного  $R_{\Pi}$  усилий у робота 1. При перемещении робота 1 в горизонтальной плоскости вращению подлежат одновременно оба вектора в той же плоскости, а в случае перемещения робота в вертикальной плоскости вектор  $R_y$  стационарен, а вектор  $R_{\Pi}$  вращается опять же в вертикальной плоскости.

Диапазоны изменения параметров следующие:  $\varphi^0$  - от  $0^\circ$  до  $3^\circ$  (предпочтительней непрерывная смена шагового угла);  $f$  - от 0 до 16 кГц;  $v$  - от 0 до 2 м/с.

Относительное линейное перемещение  $\lambda$  робота по образующей поверхности при заданном единичном угловом  $\varphi^0$  шаговом перемещении есть  $\lambda = \pi D \varphi^0 / 360^\circ$ , где  $D$  - диаметр робота 1;  $\pi D$  - длина траектории 4, по которой он перемещается.

Абсолютная величина вектора скорости  $v$ , с которой робот 1 перемещается относительно образующей цилиндра 2 (сферы) по траектории 4 задается их условия, при которых известна длина  $\pi D$  траектории 4 и частота приемистости  $f$  привода вращения векторов удерживающего  $R_y$  и приводного  $R_{\Pi}$  усилий у робота 1:  $v = \pi D f$ . Быстродействием перемещения робота 1 относительно образующей есть время  $t = \frac{\pi D}{v}$ .

При перемещении робота 1 в горизонтальной плоскости вращению подлежат одновременно оба вектора  $R_y$  и  $R_{\Pi}$  в той же плоскости, а в случае перемещения робота 1 в вертикальной плоскости вектор  $R_y$  стационарен, а вектор  $R_{\Pi}$  вращается опять же в вертикальной плоскости.

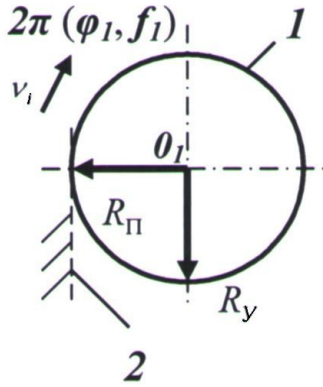
Применение способа перемещения робота по внутренним и наружным образующим цилиндра или сферы позволяет осуществлять технологические воздействия на любую образующую объекта производственного процесса как снаружи, так и изнутри зоны их обслуживания.

### Формула изобретения

Способ перемещения робота по внутренним и наружным образующим цилиндра или сферы, заключающийся в том, что мобильную платформу как робот, на которой установлен манипулятор локальных перемещений относительно детали, глобально перемещают между рабочими позициями базирования деталей, отличающийся тем, что у робота, выполненного сферическим, вектор удерживающего усилия, проведенный через геометрический центр цилиндра или сферы и робота, задают перпендикулярно касательной, в координате ее пересечения с образующей и вектором удерживающего усилия, а вектор приводного усилия направляют под углом

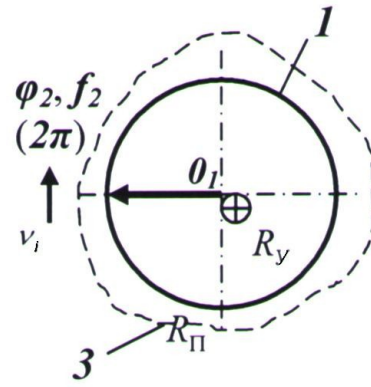


Фиг. 2



Фиг. 4

Фиг. 3



Фиг. 5

Выпущено отделом подготовки материалов

Государственная служба интеллектуальной собственности и инноваций при Правительстве Кыргызской Республики,  
720021, г. Бишкек, ул. Московская, 62, тел.: (312) 68 08 19, 68 16 41; факс: (312) 68 17 03