

Конструкторско-технологическое оснащение промышленных роботов в виде вакуумных захватных устройств с регулируемыми характеристиками

Ю. Л. Апатов¹, В. Л. Лысков², К. Ю. Апатов³

¹кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, Вятский государственный университет. Россия, г. Киров. E-mail: apatov.yu@yandex.ru

²магистрант кафедры технологии машиностроения, Вятский государственный университет. Россия, г. Киров. E-mail: VX-2.0@mail.ru

³кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики, Вятский государственный университет. Россия, г. Киров. E-mail: usr03913@vyatsu.ru

Аннотация. Материалы статьи актуальны исходя из особенностей серийного переналаживаемого производства, когда требуется создавать переналаживаемые средства технологического оснащения промышленных роботов (ПР) для захвата деталей-объектов, к которым можно отнести вакуумные захватные устройства.

Цель статьи – показать возможные подходы к проектированию таких устройств на примере операций сборки, комплектации, загрузки-выгрузки и т. п., которые бы позволяли учесть геометрические и динамические параметры захватываемых роботом деталей и обладали при этом способностью к регулированию основной технической характеристики, а именно – величины удерживающей деталь силы.

После подробного анализа динамических факторов процесса захвата и транспортирования детали (результаты изложены в параллельной статье тех же авторов) было выявлено особое влияние на указанные процессы такого конструктивного параметра, как диаметр вакуумной камеры. Именно он стал регулируемым параметром в конструкции предложенных устройств, изменяющимся в строгом соответствии с размерами, формой, структурой и массой самой детали.

Результаты полезны разработчикам новой техники в виде специальных захватных устройств ПР. Опытные разработки были признаны изобретениями, например [1; 2], а также близкие им по направлению (см. список литературы).

Ключевые слова: вакуумное захватное устройство, промышленный робот, регулирование конструктивных параметров, сила удержания детали.

Введение

Рассматриваемые устройства предназначены для захвата деталей ПР, имеющих хотя бы одну гладкую плоскую, цилиндрическую или сферическую поверхность, выполненных из различных материалов (металла, стекла, пластмассы, дерева и др.). Удержание детали обеспечивается за счет разности атмосферного давления, действующего на нее снизу, и давления разрежения внутри эластичной вакуумной камеры, создаваемого насосом или механизмом эжекции. Поэтому ограничением использования таких устройств является лишь нарушение целостности поверхностей, служащих для захвата (наличие отверстий, пазов и т. п.), а также излишне большая масса деталей.

Вакуумные захватные устройства в полной мере подходят для работы с деталями и продукцией деревообработки: во-первых, они не наносят повреждения поверхности достаточно мягких материалов, во-вторых, дерево обладает меньшей, в сравнении с металлами, плотностью, а это хорошо вписывается в расчет удерживающей характеристики. В-третьих, многие из деталей машиностроительного производства имеют развитые опорные поверхности под расположение на них вакуумных камер (в том числе одновременно нескольких).

Цель исследования

Целью статьи послужила попытка анализа основных конструктивных параметров, обеспечивающих необходимую силу удержания детали, захватываемой и переносимой промышленным роботом с помощью особого вида средств технологического оснащения, а именно вакуумных захватных устройств с рассмотрением сил, действующих при этом.

Задачи исследования

1. На основании теоретического анализа динамических факторов процесса захвата и удержания детали (см. также параллельную статью тех же авторов) дать примеры конструктивного исполнения таких устройств с регулированием параметра – диаметра вакуумной камеры.

2. Получить рекомендации для проектировщиков этого особого вида технологической оснастки промышленных роботов по применению и наладке предлагаемых устройств в соответствии с характером захватываемой детали.

Ведущий подход

Теоретический анализ и учет указанных динамических параметров и режимов работы промышленного робота, оснащенного вакуумным захватным устройством.

Результаты исследования и их обсуждение

Далее рассмотрим параметры захватного вакуумного устройства, необходимые для его проектирования, а также силы, определяющие работу таких устройств.

В нашем случае объектом захвата и манипулирования служит плоская деталь с развитой опорной поверхностью, для обеспечения надежного захвата которой необходимо обеспечить достаточный уровень удерживающей силы ($F_{уд}$) с учетом фактической массы детали.

Площадь вакуумной камеры устройства можно определить как:

$$S_0 = \frac{F_{уд}}{K_n \cdot (P_{атм} - P_{вак}) \cdot n}, \quad (1)$$

где $F_{уд}$ – удерживающая сила, развиваемая захватным устройством, Н;

K_n – коэффициент запаса надежности работы, назначаемый 1,5–2,0;

$(P_{атм} - P_{вак})$ – разрежение воздуха, достигаемое при создании вакуума внутри камеры, для чего используются либо вакуумные насосы, либо механизмы эжекции. Обычно оно в технических целях составляет 0,4...0,5 кгс/см²;

n – число вакуумных камер в захватном устройстве (по необходимости). Примем $n = 1$, хотя это количество зависит от характеристик и формы детали.

Учитываем, что площадь круга определяется по общеизвестной формуле

$$S_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (2)$$

где d – диаметр рабочего среза вакуумной камеры (ее важнейший параметр).

Вначале рассмотрим процесс захвата роботом детали в статике без учета динамических параметров (скоростей и ускорений), которые проявляют себя уже во время движения (перемещений) детали. Примем пока $K_n = 1$. Используя выражения (1 и 2), представим полезную удерживающую

деталь силу $F_{уд}$.

Сделаем это с учетом основного конструктивного параметра вакуумной камеры – диаметра ее рабочего среза (d), который можно целенаправленно менять и регулировать в зависимости от размеров и массы детали, а также от наличия на ней удобных поверхностей для размещения вакуумной камеры (см. материалы следующей статьи этих же авторов).

При этом примем к расчету известные, наиболее практически значимые величины, чаще всего применяемые для деталей средних габаритов: $d = 50$ мм;

$$F_{уд} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot K_n \cdot (P_{атм} - P_{вак}) \cdot n}{4} \quad (3)$$

Тогда максимально допустимая масса детали, с учетом коэффициента запаса надежности, определится как

$$m = \frac{F_{y\partial}}{K_n} \quad (4)$$

Здесь мы видим, что удерживающая сила и масса детали связаны между собой через значение диаметра вакуумной камеры. Этот параметр является наиболее значимым среди прочих величин. Аналогичный вывод о большой степени влияния этого параметра был сделан в предыдущей статье авторов, поэтому объяснимо повышенное внимание разработчиков именно к этой характеристике захватного устройства. Тем более что нами было предложено направление изменения (целенаправленного регулирования) этого показателя.

Ниже (на рис. 1) приведен пример конструктивного исполнения вакуумного захватного устройства, выполненного с учетом полученных ранее результатов анализа динамических параметров процесса захвата роботом детали с определением ее максимально допустимой массы [1, 2].

Рисунок представляет собой разрез общего вида вакуумного захватного устройства для промышленного робота. Оно содержит корпус 1, закрепленный на руке 2 промышленного робота. В корпусе с помощью гильзы 3 установлена центральная резьбосодержащая втулка 4, имеющая противоположно направленные наружную и внутреннюю резьбы. Она удерживается от осевого смещения крышкой 5 и винтами 6. Кроме того, втулка снабжена фланцем с зубьями, взаимодействующими с ведущей шестерней 7 привода вращения в виде микроэлектродвигателя 8 с валом, входящим в отверстие 9 корпуса устройства.

Внутри упомянутой втулки, вдоль ее оси установлен посредством резьбы полый шток 10 с выполненным в нем каналом 11. Упомянутый шток с помощью штуцера 12 соединен с воздухопроводом 13, связывающим захватное устройство с источником вакуума, и несет шайбу 14. В нижней части полого штока через прокладку 15 и полый винт 16 закреплена своей центральной частью эластичная вакуумная камера (присоска) 17. Она выполнена в виде тела вращения W-образного сечения из материала с упруго-пластичными свойствами (например, из полиуретана), позволяющего менять размеры полости 18 с изменением диаметра рабочего торца 19 и, соответственно, внутренней полости 20.

Материал камеры может быть выбран и другим, но важно, чтобы он сохранял свои упругие качества в сочетании со способностью изменять свою форму и размеры при достаточно большом количестве циклов нагружения.

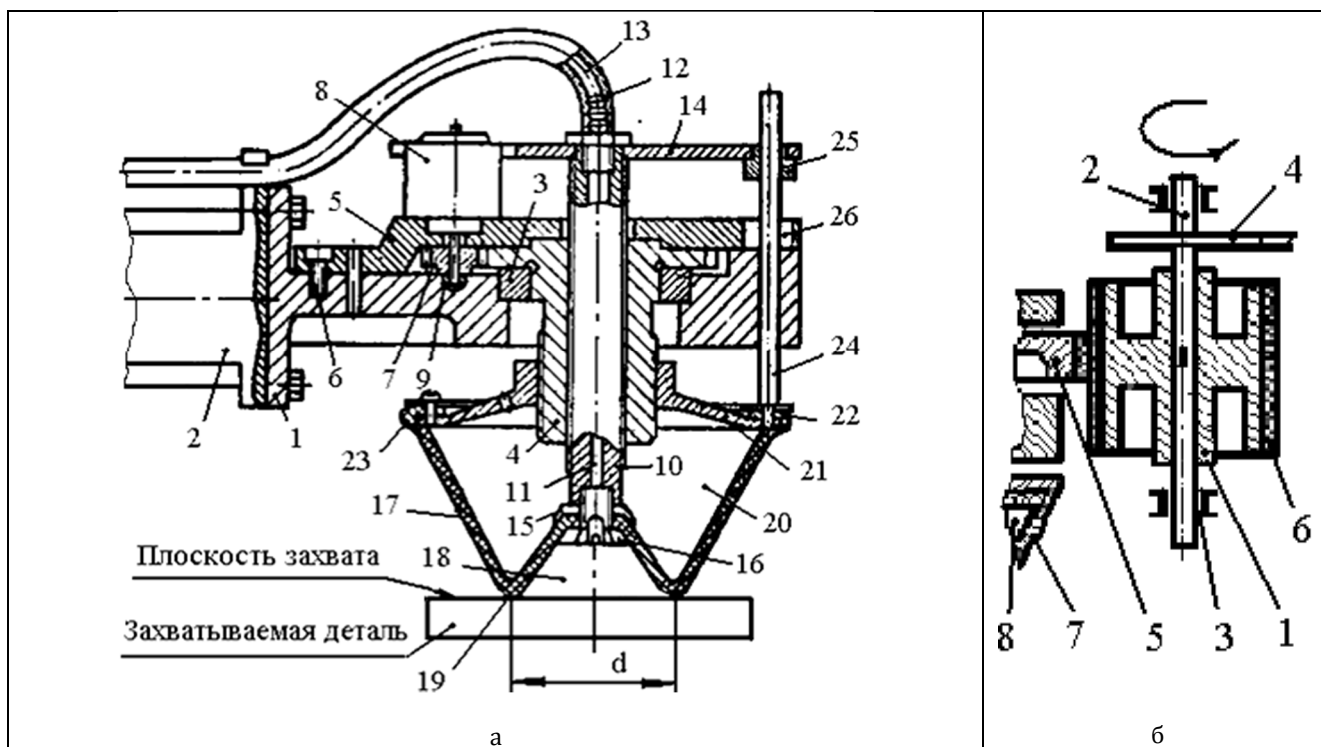


Рис. 1. Захватное устройство вакуумного типа для промышленного робота с регулируемым диаметром вакуумной камеры: а – вертикальный разрез общего вида устройства; б – фрагмент исполнения с вынесенным приводом

Периферийная часть присоски прочно закреплена на содержащем резьбу фланце 21 посредством кольца 22 и винтов 23. Стержень 24 закреплен на фланце и размещен с возможностью осевого перемещения в направляющей втулке 25, а также в сквозном отверстии корпуса 26.

Нами разработан второй вариант конструктивного исполнения предлагаемого захватного устройства, фрагмент которого приведен на рис. 16.

В нем предусмотрен приводной ролик 1, закрепленный на валу 2, помещенном в опоры 3, и приводимый во вращение автономным приводом, например, посредством зубчатой или клиноремной передачи 4 (см. рис. 16).

Его отличие заключается в том, что центральная резьбосодержащая втулка изготовлена с фланцем 5, на радиальную поверхность которого нанесено кольцо, выполненное из фрикционного материала, взаимодействующее с аналогичным кольцом 6, размещенным на приводном ролике. На этом же рисунке показана часть вакуумной камеры 7 (см. также аналог – поз. 17 рис. 1а) и ее внутренняя часть 8 (аналог – поз. 20 на рис. 1а). По мере необходимости ПР подводит захватное устройство до касания с вращающимся роликом, который за счет силы трения поворачивает центральную втулку, а она посредством внутренней резьбы перемещает вверх или вниз (в зависимости от направления вращения ролика) находящийся внутри нее шток. Это приводит к изменению диаметра рабочей части вакуумной камеры, что в свою очередь меняет ее характеристики в смысле силы удержания захватываемой детали. Привод ролика работает в соответствии с управляющей программой промышленного робота.

Данный вариант исполнения позволяет существенно снизить массу захватного устройства, которая, как известно, входит в такую важнейшую характеристику ПР, как его грузоподъемность. Кроме того, из состава устройства исключается электродвигатель, что упрощает конструкцию и процесс управления захватным устройством.

Особенности работы данного устройства понятны из приведенного эскиза. Следует только отметить, что включение по программе электродвигателя 8 приводит во вращение втулку 4, что сопровождается осевым перемещением полого штока 10 относительно корпуса 1. При этом вакуумная камера 17 деформируется, что, в зависимости от направления вращения, позволяет произвести целенаправленное изменение диаметра рабочего торца 19 в большую или меньшую сторону, в соответствии с параметрами захватываемой роботом детали. Вакуумная камера подводится роботом до касания с поверхностью захватываемой детали и, после подключения источника вакуума, происходит ее захват. Далее она переносится по программе в точку рабочей зоны ПР с требуемыми координатами, а в этой точке отключается источник вакуума, и деталь освобождается от действия удерживающей силы.

Электродвигатель включается при необходимости переналадки устройства по управляющей программе робота на короткое время и работает в функции времени в зависимости от диапазона изменения размера вакуумной камеры, который зависит от конфигурации и размеров детали, подлежащей захвату и транспортировке в конкретных условиях выполнения технологического процесса. Время его работы определяется упруго-пластичными свойствами материала камеры и может быть определено практическим путем.

Быстродействие предлагаемого устройства зависит от шага резьбы на вертикальном полом штоке и от числа оборотов приводного электродвигателя.

Диапазон регулирования диаметра отверстия на торце камеры находится в пределах до 4, как в предложенном нами варианте устройства, а в случае необходимости может достигать и больших значений.

Уместна наладка устройства с несколькими рабочими камерами, располагающимися в различных местах захватываемой детали, что позволяет значительно увеличить суммарную удерживающую силу применительно к более массивным и сложнопрофильным деталям.

Выводы

1. Таким образом, можно заключить, что проделанный выше анализ сил, действующих на захватываемую деталь со стороны вакуумной камеры с учетом влияния основных конструктивных параметров и, прежде всего, диаметра ее рабочего среза, который непосредственно влияет на эксплуатационную характеристику роботизированной оснастки в виде удерживающей силы, позволил прийти к выводу о необходимости целенаправленного воздействия именно на него. При этом допустимое значение массы захватываемой детали изменяется в широких пределах, делая ограничением регулировки уже саму грузоподъемность промышленного робота.

2. На этой основе были предложены два варианта конструкций вакуумных захватных устройств, предназначенных для промышленных роботов, манипулирующих деталями переменной формы, конфигурацией и размерами. Применение известных захватных устройств по отношению к

ним зачастую проблематично либо совсем невозможно. Речь может идти о механических, электромагнитных, струйных и иных разновидностях таких устройств.

Предложенные устройства выгодно отличаются от других известных захватных механизмов, например, механического типа, имеют возможность базирования и закрепления деталей по плоским поверхностям, обладают меньшей массой, не допускают повреждения деталей. Возможен захват по цилиндрическим и сферическим поверхностям детали.

При рассмотрении технологических возможностей описываемых устройств нельзя не упомянуть о деревообрабатывающем производстве, изделия которого зачастую характеризуются относительно малым весом, простой формой и наличием развитых плоских опорных поверхностей.

Полученные нами данные, частично представленные в этой статье, могут быть полезными, в первую очередь, конструкторам предприятий, занимающимся проектированием средств технологического оснащения роботов.

Особую значимость результатов работы можно отметить в отношении серийного многономенклатурного машиностроительного производства с его постоянно меняющимися параметрами обрабатываемых и собираемых деталей.

Список литературы

1. Апатов Ю. Л., Носков А. Г. Вакуумный захват. Авторское свидетельство СССР №1572809 МКИ В25J15/06, 1990 г.
2. Апатов Ю. Л., Носков А. Г. Вакуумный захват. Авторское свидетельство СССР №1696302 МКИ В25J15/06, 1991 г.

Design and technological equipment of industrial robots in the form of vacuum grippers with adjustable characteristics

Y. L. Apatov¹, V. L. Lyskov², K. Y. Apatov³

¹PhD of technical sciences, associate professor of the Department of engineering technology, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: apatov.yu@yandex.ru

²master student of the Department of engineering technology, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: VX-2.0@mail.ru

³PhD of technical sciences, associate professor of the Department of engineering graphics, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: usr03913@vyatsu.ru

Abstract. The materials of the article are relevant based on the features of serial changeable production, when it is required to create changeable means of technological equipment of industrial robots (IR) to capture parts-objects, which include vacuum gripper devices.

The purpose of the article is to show possible approaches to the design of such devices on the example of assembly operations, configuration, loading-unloading, etc., which would allow to take into account the geometric and dynamic parameters of the parts captured by the robot and had the ability to regulate the main technical characteristics, namely – the magnitude of the holding force of the part.

After a detailed analysis of the dynamic factors of the process of capture and transportation of the part (the results are presented in a parallel article by the same authors), a special effect on these processes of such a design parameter as the diameter of the vacuum chamber was revealed. It became an adjustable parameter in the design of the proposed devices, changing in strict accordance with the size, shape, structure and weight of the part.

The results are useful to developers of new equipment in the form of special gripping devices of IR. Experimental developments were recognized as inventions, for example [1; 2], as well as ones close to them in the direction (see references).

Keywords: vacuum gripper, industrial robot, regulation of design parameters, the holding force of the part.

References

1. Apatov YU. L., Noskov A. G. *Vakuumnyj zahvat. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR №1572809 MКИ В25J15/06, 1990.* [Vacuum grip. Copyright certificate of the USSR №1572809 МКИ В25J15/06, 1990]
2. Apatov YU. L., Noskov A. G. *Vakuumnyj zahvat. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR №1696302 MКИ В25J15/06, 1991.* [Vacuum grip. Copyright certificate of the USSR №1696302 МКИ В25J15/06, 1991]