

УДК 67.05

DOI: 10.35211/1990-5297-2023-1-272-69-72

*М. А. Лапиков, Е. С. Брискин, А. М. Макаров***ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВАКУУМНОГО ЗАХВАТА
ДЛЯ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ*****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: remax777@yandex.ru

Разработана и исследована конструкция вакуумного захвата для манипулирования воздухопроницаемыми мягкими материалами. Представлено описание формы и структуры вакуумной присоски, способной захватывать воздухопроницаемые тела. Проведено математическое и компьютерное моделирование захвата.

Ключевые слова: робототехника, манипулятор, вакуумный захват, присоска, мягкие материалы, воздухопроницаемые материалы, захватные устройства, промышленные роботы.

*M. A. Lapikov, E. S. Briskin, A. M. Makarov***INVESTIGATION OF VACUUM CAPTURE PARAMETERS FOR
AIR-PERMEABLE MATERIALS****Volgograd State Technical University**

The design of a vacuum gripper for manipulating air-permeable soft materials has been developed and investigated. A description of the shape and structure of a vacuum suction cup capable of capturing air-permeable bodies is presented. Mathematical and computer simulation of the capture was carried out.

Keywords: robotics, manipulator, vacuum gripper, suction cup, soft materials, air-permeable materials, gripping devices, industrial robots.

Введение

Вакуумные захваты – это вид захватов, включающий в себя присоски, предназначенные для манипулирования изделиями и заготовками с помощью вакуума. Как правило, вакуумные присоски используются в промышленном производстве для перемещения объектов, имеющих гладкие и воздухопроницаемые поверхности, но проведенные исследования показали возможность их использования для захвата некоторых пористых и неоднородных поверхностей.

Такие захваты отличаются простотой конструкции, низкой стоимостью и небольшой массой. Наиболее распространенная конструкция вакуумного схвата является чашка-присоска, которая обычно производится из резины или пластмассы. Иногда присоски делаются в виде пластин с большим количеством вакуумных камер в виде конусообразных отверстий.

Работа вакуумных камер происходит за счет откачивания воздуха из-под присоски вакуумным насосом через шланг, протянутый вдоль узлов робота к манипулятору, или с помощью эжектора, работающего от сети сжатого воздуха.

Основной областью применения вакуумных присосок является автоматизация различных

производств: деревообрабатывающего, пищевого, автомобильного, стекольного и др. Разрабатываемое решение позволит применять вакуумные захваты для перемещения мягкой тары, в том числе воздухопроницаемой, например, полипропиленовых мешков для строительных, химических и пищевых компонентов.

Существует большое количество разновидностей присосок для вакуумных захватных устройств. Они отличаются как по форме, структуре, размерам, так и материалам, из которых были изготовлены. При правильном выборе параметров и применении присоски обеспечивают удобство, экономичность и безопасность работы, что является фундаментальным принципом реализации проектов автоматизации на производстве [1].

Описание разработанной конструкции

Проведя анализ свойств известных материалов, используемых для изготовления вакуумных присосок, были выделены такие материалы, как каучук и силикон для использования с листовыми, мягкими и воздухопроницаемыми телами. Данные материалы, благодаря своей высокой гибкости и износостойчивости, позволяют захватывать неровные и шероховатые поверхности.

Номенклатура внешнего корпуса присосок включает в себя плоские и сильфонные (присоски гофрированного типа), изображенные на рис. 1.



Рис. 1. Виды вакуумных присосок

При вакуумировании присоски сильфонного типа возникает эффект само-подхвата и поднятия объекта манипулирования на заданную высоту хода присоски (рис. 2) [2].

Так как полипропиленовая мягкая тара поставляется в стопах, необходимо использовать гофрированные присоски с ходом не более 5 мм. Их использование позволит приподнимать горловину контейнера из стопы в единичном экземпляре, снимая силу трения, возникающую между контейнерами, и уменьшая ошибку сквозного захвата нескольких воздухопроницаемых объектов высокой степенью разряжения воздуха.

Использование одной единственной присоски для управления мягкими листовыми материалами невозможно, так как лист будет сгибаться, для этой задачи необходимо, по крайней

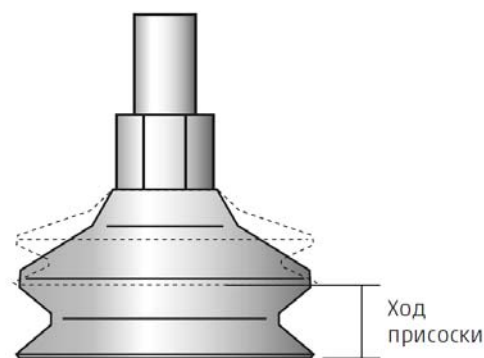
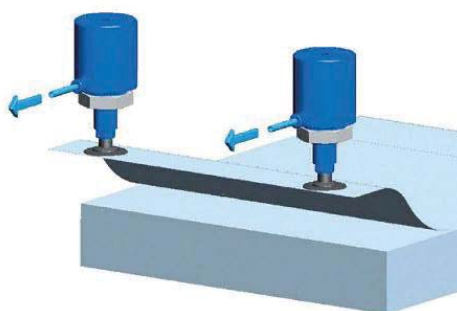


Рис. 2. Ход сильфонной присоски

мере, четыре присоски. Однако исследования показали, что для достижения наилучшего результата захвата необходимо использование не менее шести присосок, расположенных в несколько рядов. Это позволяет распределить нагрузки равномерно и не допустить критических изгибов и утечек воздуха.

Рассчитаем необходимый минимальный диаметр присосок при использовании 4, 6 и 8 штук. Диаметр присосок определяется формулой:

$$d = 113 \sqrt{\frac{m \cdot \eta}{P \cdot n \cdot \mu}}, \quad (1)$$

где d – диаметр в мм, m – масса в кг, η – коэффициент надежности, P – давление вакуумирования в КПа, n – количество присосок, μ – коэффициент трения.

В предыдущих исследованиях было установлено, что для надежного захвата полипропиленового гибкого контейнера достаточно давления равного -20 КПа при массе пустой та-

ры 0.1 кг и -60 КПа при массе тары 50 кг [3–4]. Коэффициент надежности для воздухопроницаемых материалов необходимо принять равным 4. Коэффициент трения резины по гладкому пластику, а также силикона по полипропилену равен 0.4–0.5. В таблице приведены результаты расчетов.

Расчет диаметра вакуумных присосок

Кол-во присосок, шт	Диаметр (тара = 0,1 кг), мм	Диаметр (тара = 50кг), мм
4	12	154
6	10	126
8	9	109

На рис. 3 изображены спроектированные вакуумные присоски диаметром 10 и 20 мм, подходящие для манипулирования воздухопроницаемыми гибкими материалами.

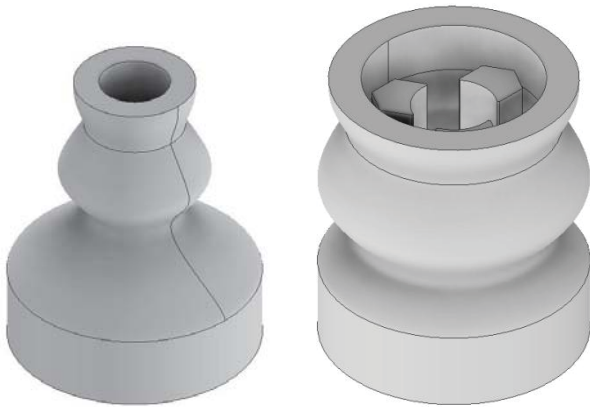


Рис. 3. Вакуумные присоски диаметром 10 и 20 мм

Сила подъема пропорциональна уровню вакуума и площади захвата присоски. Если уровень вакуума увеличить с 60 до 90 %, сила подъема увеличится в 1,5 раза, а затрачиваемая на это энергия, согласно закону Бойля, возрастет в 10 раз. Для уменьшения затрачиваемой энергии рекомендуется ограничивать уровень вакуума, и, на сколько это возможно, увеличивать площадь прилегающего контура вакуумной присоски. Увеличение диаметра захвата для мягких листовых объектов манипулирования ограничено свойствами материала, связанного с его гибкостью. Материал после захвата начинает затягиваться в вакуумную при-

соску, создавая складки и каналы (рис. 4). Такая форма изгиба листов называется конической и обосновывается формой вакуумной воронки, используемой для захвата роботами. Возникает проблема протекания воздушных потоков в складках листового материала, что ведет к разгерметизации камеры и увеличению расхода воздуха [5].

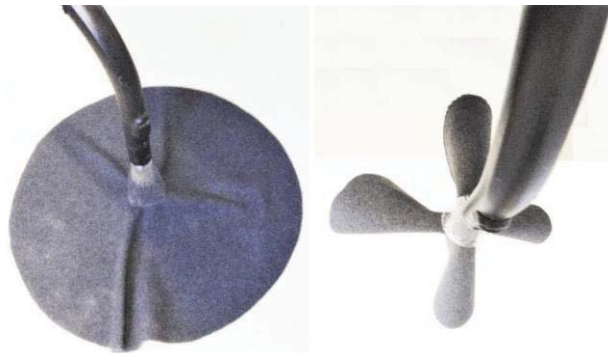


Рис. 4. Поднятый воронкой лист в форме конуса с четырьмя складками

Данная проблема решается созданием опорных поверхностей. Разработанная внутренняя опорная поверхность со структурой в виде пчелиных сот (рис. 5) обладает правильным распределением вакуума по всему внутреннему объему захвата.



Рис. 5. Вакуумная присоска с опорной сотовой поверхностью диаметром 100 мм

Выбор расположения каналов вакуумной камеры в виде разветвленной сети вдоль правильных шестиугольников позволяет не только избежать попадание материала во внутренний объем захвата и распределить давление, но и снизить воздухопроницаемость, т.к. существует неопределенность расположения пористости поверхности, что не гарантирует точное

попадание в нити полипропиленового мешка и отсутствия утечек между них при захвате гибкого контейнера. Также увеличение площади вакуумирования приводит к увеличению коэффициента воздухопроницаемости, а опорная поверхность позволяет снизить, как внутренний объем, так и площадь вакуумирования. Уменьшение внутреннего объема присоски позволяет

выполнить захват за очень короткое время, так как минимальный внутренний объем обеспечивает необходимость в наименьшем времени создания вакуума.

Проведено компьютерное моделирование потока воздуха, проходящего через присоску, в программной среде SolidWorks (модуль Flow

Simulation) для оценки распределения и степени вакуума.

Результаты моделирования (рис. 6) показывают равномерность потока и распределения вакуума по всем каналам в равной степени, что подтверждает теоретические исследования и результаты проектирования.

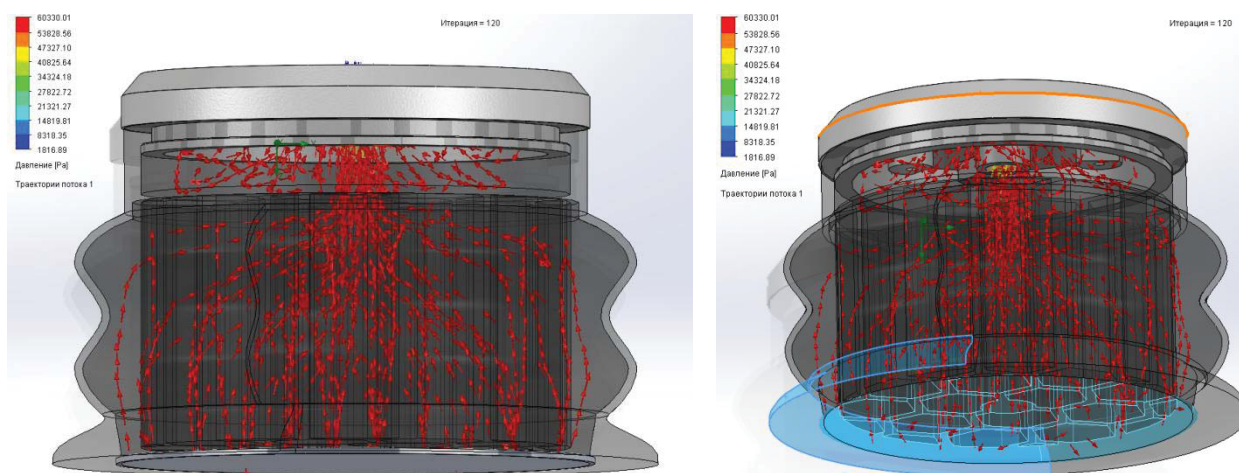


Рис. 6. Компьютерное моделирование распределения вакуума в присоске диаметром 100 мм

Результаты и их обсуждение

Разработанная конструкция вакуумного захвата позволит надежно удерживать и манипулировать мягкими воздухопроницаемыми материалами, обеспечивая минимальные энергозатраты при высокой производительности. Основная область применения данного захвата – манипуляторы для фасовочного оборудования, работающего с гибкими воздухопроницаемыми контейнерами в химической, строительной, пищевой и сельскохозяйственной промышленности. Дальнейшие исследования подразумевают изготовление и исследование опытных образцов захватных устройств из различных материалов для получения эмпирических данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. VUOTOTECNICA. Вакуумные компоненты и системы [Электронный ресурс] : каталог. – Режим доступа:

[https://ftp.totalkip.ru/pdf/vuototecnica/KIP_Vuototecnica_\(low\).pdf](https://ftp.totalkip.ru/pdf/vuototecnica/KIP_Vuototecnica_(low).pdf) (дата обращения: 12.05.22).

2. CAMOZZI. Расчет вакуумной техники [Электронный ресурс] : каталог. – Режим доступа: <https://catalog.camozzi.ru/pdf/vacuum.pdf> (дата обращения: 17.05.22).

3. Исследование процесса автоматического захвата воздухопроницаемых гибких контейнеров с помощью вакуума при расфасовке сыпучих материалов [Электронный ресурс] / А. М. Макаров, Ю. П. Сердобинцев, О. В. Мушкин, М. А. Лапиков // Пром-Инжиниринг: тр. III междунар. науч.-техн. конф. (16-19 мая 2017г.) / отв. ред.: А. А. Радионов; ФГАОУ ВО ЮУрГУ. – Челябинск, 2017. – С. 212–217. – Режим доступа: <http://icie-rus.org/issues/ICIE-2017RU.pdf>.

4. Makarov, A. M. Research of process of automatic opening of air-penetrating flexible containers for free-flowing products / Makarov A. M., Mushkin O. V., Lapikov M. A., Serdobintsev Yu. P. // Lecture Notes in Electrical Engineering. - T. 641 LNEE, 2020. - С. 147-157.

5. Усов, А. Г. Теоретические основы моделирования форм текстильных и кожевенных материалов, перемещаемых захватами технологических машин: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.13 : защищена 2019 г. / А. Г. Усов. – ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», 2019. – 307 с.