

С. А. Бурцев, С. А. Булаев

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД БЕЗМАСЛЯНОЙ ОТКАЧКИ*Ключевые слова: адсорбционный вакуумный насос, стенд безмасляной откачки.**В статье описывается конструкция и особенности эксплуатации стенда безмасляной откачки, состоящего из адсорбционного вакуумного насоса и мембранного вакуумного насоса.**Keywords: adsorption vacuum pump, oil-free pumping unit.**This article describes the design and operating features of oil-free pumping unit, consisting of the adsorption and a diaphragm vacuum pump.***Введение**

Одна из современных тенденций вакуумной отрасли заключается в создании безмасляной среды (вакуума) для реализации самых разных процессов и задач. Эта закономерность свойственна как российскому рынку, так и зарубежному, мировому. Основным «потребителем» безмасляных технологий является производство полупроводниковой техники и сопутствующие ей технологии [1, 2]. Сформированная в последние годы тенденция свидетельствует о динамично растущих потребностях в создании именно безмасляного вакуума.

Адсорбционные поглотительные насосы создают безмасляный вакуум (свободный от углеводородов), имеют предельно высокий срок службы. Во время своей работы насосы не создают шум, вибрации, кроме этого обладают селективной способностью по откачке газов [3]. Данные особенности позволяют использовать адсорбционные насосы и в нанотехнологической индустрии; в атомной промышленности; в физических процессах элементарных частиц разных установок [4].

Основная часть

Стенд включает в себя два безмасляных насоса – мембранный и адсорбционный. Вакуумная схема стенда безмасляной откачки представлена на рис.1. Стенд состоит из вакуумной камеры (CV) с термометрическим вакуумметром (PT1), натекателя (VF1), напускного клапана (VII2), двухступенчатого мембранного вакуумного насоса (NJ1) с ручным клапаном КВР-25 (VII1), адсорбционного вакуумного насоса ЦВН -1 (NA1) с ручным клапаном КВР-40 (VII3).

Принцип действия адсорбционного насоса основан на обратимой физической адсорбции, т.е. поглощении газа твердым адсорбентом при снижении температуры и выделении его адсорбентом при повышении температуры.

Адсорбционные насосы применяют в системах безмасляной откачки для получения как форвакуума, так и давлений до 10^{-5} Па в замкнутых объемах.

В качестве адсорбента в насосах используют пористые вещества с весьма развитой внутренней поверхностью, к которым относятся синтетические и природные цеолиты, активные угли и силикагели.

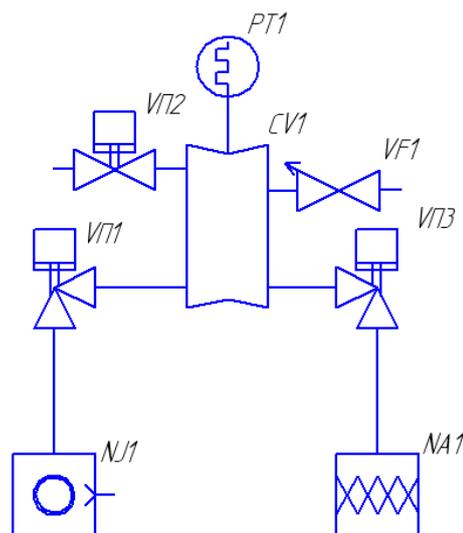


Рис. 1 – Схема вакуумная экспериментальной стенда безмасляной откачки

Активные угли – пористые углеродные адсорбенты. Их можно получать из разных видов органического сырья: твердого топлива различной степени метаморфизма - торфа, бурого и каменного угля, антрацита, древесного материала (дерева, древесного угля, опилок и др.). Силикагель является одним из наиболее распространенных в промышленной практике минеральных адсорбентов, обладающий хорошо развитой пористостью. По внешнему виду этот адсорбент представляет собой твердые зерна: прозрачные или матовые; как бесцветные, так и светло-коричневые. Выпускается силикагель в виде шариков, таблеток, кусочков различной формы, с зернами размеров 0,1-7 мм. Широкое распространение получили цеолиты – это алюмосиликаты, содержащие в своем составе окислы щелочных и щелочноземельных металлов, отличающиеся строго регулярной структурой пор [5]. Наиболее широкое применение получили углеродные гранулированные сорбенты типа СКТ, специализированный вакуумный цеолит CaEH-4В и углеродный тканый сорбент типа КУТ-2 [3].

При эксплуатации стенда возможно использовать насосы для достижения вакуума, как отдельно друг от друга, так и для последовательной откачки, когда мембранный насос выступает в качестве насоса предварительного разряжения для адсорбционного вакуумного насоса. Также мембранный на-

сос можно использовать для откачки десорбируемых газов при проведении процесса регенерации сорбента, это позволяет сократить время цикла регенерации и исключить возможность разрушения сорбента при десорбции большого количества поглощенных паров воды.

Во время раздельной работы насосов, каждый насос является конечным средством достижения вакуума в вакуумной камере, и клапан между насосом и камерой открыт при его работе, и закрыт, если насос не эксплуатируется.

При последовательной откачке работа на стенде имеет свои особенности. Результаты такой работы стенда представлены на рис.2.

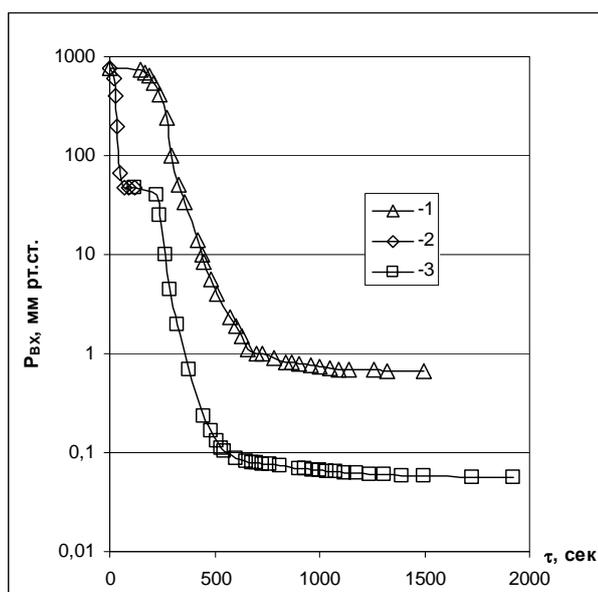


Рис. 2 – Экспериментальная зависимость изменения давления от времени при работе вакуумных насосов: 1 - откачка адсорбционным насосом от атмосферного давления; 2 - откачка мембранным насосом от атмосферного давления; 3 - откачка адсорбционным насосом, при применении мембранного насоса в качестве насоса предварительного разрежения

Сначала запускается двухступенчатый мембранный насос *NJI*, при этом клапана *VIII* и *VII3* открыты, клапана *VI1* и *VII2* закрыты. Контроль давления осуществляется вакуумметром *PTI* (прибор Мератат-ВИТ14Т1 с преобразователем ПМТ-6-3М-1). После достижения в системе (включая и

внутреннюю полость адсорбционного насоса) остаточного давления мембранного насоса клапана *VIII* и *VII3* закрываются. К адсорбционному насосу подводится хладагент (жидкий азот) и производится захлаживание, сопровождающееся интенсивным кипением и большим расходом хладагента. После завершения предварительного захлаживания открывается клапан *VII3* и производится откачка системы до равновесного давления адсорбционного насоса. Контроль давления осуществляется вакуумметром *PTI*.

На рис.2, на начальном этапе работы адсорбционного насоса, как при работе с атмосферного давления, так и при работе с форвакуума, можно наблюдать характерное плато характеристики, связанное с предварительным захлаживанием сорбента. Стоит отметить, что применение мембранного насоса при создании форвакуума для адсорбционного насоса позволяет уменьшить газовую нагрузку на сорбент и достичь более низкого давления адсорбционным насосом. Разница полученных величин достигнутого давления (вакуума) примерно в 10 раз.

Наряду с основным назначением, при соответствующем введении дополнительных элементов в конструкцию, стенд позволяет провести эксперимент по измерению изотермы адсорбции газа при температуре 78К на цеолите при различных давлениях и получить константы уравнения изотермы физической сорбции Дубинина-Радушкевича.

Литература

1. Бурмистров, А.В. Некоторые аспекты выбора безмасляных насосов среднего вакуума / А.В. Бурмистров, С.И. Саликеев, А.А. Райков // Вестник Казанского технологического университета. - 2013, Т.16. - № 10. - С.220-223.
2. Гаврилов, А.В. Лабораторный стенд для исследования эжекторов, предвключенных к водокольцевому насосу / А.В. Гаврилов, С.А. Бурцев // Вестник Казанского технологического университета. - 2014, Т.17. - № 4. - С.223-224.
3. Вакуумная техника: справочник / под редакцией К.Е. Демихова, Ю.В. Панфилова. - 3- изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2009. -590 с.
4. Ануфриева И.В. Исследование и разработка комплекса безмасляных средств форвакуумной откачки для оборудования высоких вакуумных технологий электронной техники: дисс... канд. тех. наук / ФГУП «НИИВТ им. С.А. Векшинского», И.В. Ануфриева. - М., 2004. -166с.
5. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники / Н. В. Кельцев. - М. : Химия, 1976. - 512с

© С. А. Бурцев – канд. тех. наук, доц. каф. вакуумной техники электрофизических установок КНИТУ, sergege@yandex.ru;
С. А. Булаев – канд. тех. наук, доц. той же кафедры, s_s26@rambler.ru.