

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ

Для контроля структуры вещества на различных стадиях производства, необходимо измерение такого параметра, как истинная плотность, являющимся индивидуальным значением для каждого вещества и зависит от молекулярной структуры и химического состава.

Анализ научно-технической литературы показал, что контроль истинной плотности можно осуществлять методами жидкофазной и газофазной пикнометрии, ртутной порозиметрии.

Жидкофазная пикнометрия и ртутная порозиметрия являются трудоемкими и времязатратными. При определении истинной плотности данными методами происходит разрушение образца, что не всегда допустимо. Ртуть же является ядовитым веществом. Иногда для материала невозможно подобрать жидкость для проведения эксперимента.

Газовая пикнометрия не вызывает разрушение образца и является простым и быстрым. Полностью автоматические приборы, обладающие высокой точностью, обеспечивающие быстрое измерение и вычисление истинной плотности сыпучего материала, в России представлены преимущественно иностранными компаниями. Стоимость таких приборов составляет 1500...2500 тыс. руб., российских аналогов – 700...750 тыс. руб. Цена обусловлена высокой точностью измерений этих приборов.

Следует заметить, что высокая точность измерений не всегда является обязательной, существуют некоторые области, в которых это не требуется. Например, процесс получения катализатора синтеза угле-

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2015 г. в рамках Десятой межвузовской научной студенческой конференции ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского» «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» и выполнена под руководством канд. техн. наук Е. А. Бураковой.

родных нанотрубок (УНТ). В процессе синтеза методом газофазного химического осаждения за качество (морфология, структура, диаметр) продукта отвечает катализатор. Очень важно уметь синтезировать УНТ с заданными характеристиками, для этого необходимо получать стабильную каталитическую систему. Добиться стабильности можно путем осуществления контроля ее характеристик на всех стадиях получения. Известно, что истинная плотность – это показатель качества каталитической системы.

Целью работы являлись разработка и сборка прибора для определения истинной плотности, создание методики его градуировки, позволяющей снизить стоимость конструкции.

Конструктивно прибор собран в корпусе системного блока компьютера. Электрическая схема прибора приведена на рис. 1. Корпус делится на две части металлической перегородкой. Одна половина корпуса обшита теплоизоляционным материалом, и, по сути, представляет собой воздушный термостат, в котором располагается «механическая» часть прибора. Для поддержания стабильной температуры нагреватель (Н) контролирует ПИД-регулятор «Овен» ТРМ-101 с точностью $\pm 0,25\%$, конвективные потоки побуждает вентилятор (В). Медные трубки соединяют измерительную и эталонную камеры между собой, со штуцером подачи газа и штуцером «атмосфера». Тремя электромагнитными клапанами ВРСЕТ-98. (1 – 3) контролируется поток

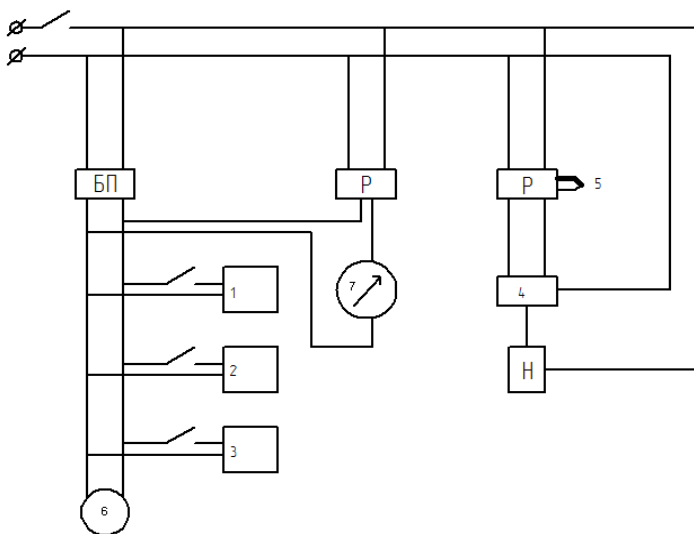


Рис. 1. Электрическая схема прибора

газа. Манометром «Овен» ПД-100 (7) определяется давление в камерах, он подключен к ПИД-регулятору «Овен» ТРМ-101 (Р), с цифрового табло которого считываются значения давления. С целью предохранения от перегрева предусмотрена терморпара (5).

Во второй половине корпуса находится «электрическая» часть прибора: ПИД – регуляторы «Овен» ТРМ-101 (Р), тумблеры, блок питания АС/DC 100-240VАС (БП), твердотельное реле HD-2544.ZD3 (4). К блоку питания (БП) подключены регулятор, считывающий показания с манометра, сам манометр, электромагнитные клапаны и вентиляторы. Нагреватель к регулятору подключается через твердотельное реле.

С фронтальной стороны прибора (рис. 2, а) находятся три тумблера для открытия и закрытия электромагнитных клапанов, кнопка включения питания, два цифровых табло ПИД-регуляторов. Сверху корпуса находится загрузочное отверстие измерительной камеры, крышка которой закрывается закручиванием болтов. Для предотвращения теплоотдачи через верхнюю часть измерительной камеры изготовлен теплоизолирующий кожух.



а)



б)

Рис. 2. Экспериментальная установка:

а – вид спереди; *б* – вид сбоку

Измерение истинной плотности предлагаемым прибором заключается в использовании закона Бойля–Мариотта, на основе которого составлено уравнение материального баланса. Принцип калибровки заключается в следующем: эталонная камера заполняется газом до определенного давления, которое фиксируется. В качестве газа используется аргон. После перемещения газа в измерительную камеру происходит понижение давления. Затем проводится ряд экспериментов с эталоном известного объема в измерительной камере. По полученным значениям давления вычисляются объемы камер. Следует заметить, что температура должна быть постоянной. Эксперимент проходит по тому же принципу, что и калибровка, но для его проведения необходимо знать массу исследуемого образца. По объему камер и массе образца рассчитывается его истинный объем.

Разработка проекта предусматривает наукоемкую составляющую, которой является методика градуировки, позволяющая иметь прибор с низкой стоимостью 235 тыс. р. Исследования снизят требования к изготовлению рабочей и эталонной камеры, а это именно то, что и обуславливает высокую стоимость у заграничных приборов.

Маркетинговые исследования рынка выявили следующих потенциальных потребителей данной продукции: ПРУП «Молодечненский завод порошковой металлургии» (Беларусь); ОК «РУСАЛ» (Московская обл.); ОАО «СТРОЙФАРФОР» (Ростовская обл.); ОАО «Кварцит» Бытошевский стекольный завод (Брянская обл.); ОАО «Саратовстройстекло» (Саратовская обл.); ОАО «Волгоградский керамический завод» (Волгоградская обл.); ФКП «Котовский пороховой завод» (Тамбовская обл.).

Уже на данном этапе имеется организация, заинтересованная в приобретении предлагаемого прибора в количестве двух штук. Так же ООО «НаноТехЦентр» (Тамбов) предложило софинансирование проекта по разработке прибора для измерения истинной плотности в размере 110 тыс. руб.

Предварительные расчеты показали, что по экономическим показателям проект является рентабельным, так как индекс доходности больше единицы, при объеме продаж 15 штук в год, себестоимости 235 тыс. руб. Чистая прибыль в год составит 308,259 тыс. руб. Срок окупаемости составляет 12 месяцев.

Метод, реализуемый с помощью предлагаемой конструкции прибора, является быстрым, нетоксичным, не разрушающим образец и востребованным на российском рынке.

*Кафедра «Техника и технологии производства нанопроductов»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*