

специализированных систем научной визуализации [Электронный ресурс] / В. Л. Авербух, А. Ю. Байдалин, М. О. Бахтерев, и др. - Режим доступа : URL : <http://sv-journal.com/2010-4/02/index.html> 5. Vasin V.V. On parallelizing and visualization in solving ill-posed problems by regularization and the iterative approximation to the computer system MVS-1000 [Текст]/ V.V. Vasin , T.I. Serezhnikova, S.V. Scharf, P.A. Vasev// "Parallel Computing Technologies 2007", Proceedings of the conference, vol. 2, pp. 227-233. 6. Бондарев, А. Е. Научная визуализация в задачах вычислительной физики: концепции, методы, перспективы [Электронный ресурс]/ А. Е. Бондарев, В. А. Галактионов/ Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН - Режим доступа : URL :<http://www.keldysh.ru/pages/cgraph/articles/dep20/publ2010/Bondarev-1-ed.pdf> 7. Слесаренко, А. П. Развитие алгебрологического метода и его приложения к многомерным нелинейным задача теплопроводности для однородных и композитных сред [Текст] : автореф. дис. ...д-ра физ.-мат. наук: 01.04.14, 01.01.02 / А. П. Слесаренко. – М., 1984. – 36 с. 8. Темников, А. В. Современные приближенные аналитические методы решения задач теплообмена [Текст]: учеб. пособие / А. В. Темников, А. П. Слесаренко - Самара 1991 - 89 с. 9. Слесаренко, А. П. S-функции в построении консервативных структур решения геометрических обратных краевых задач / А. П. Слесаренко // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2012. – Т. 2, N 4(56). – С. 60-66. – Режим доступа : URL : <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/3714>. 10. Слесаренко, А. П. Структурно-разностный подход к математическому моделированию высокоскоростных тепловых процессов с нестационарным теплообменом на поверхности конструктивных элементов / А. П. Слесаренко, Ю.О. Кобринович // *Проблемы машиностроения*. – 2011 – Т. 14, №13. – С.66-75. 11. Слесаренко, А.П. Математическое моделирование высокоскоростных тепловых процессов при точном учете нестационарных осциллирующих условий теплообмена на поверхности конструктивных элементов / А. П. Слесаренко, Ю. О. Кобринович // *Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського*. – 2011. - Т.5(70) – С.35-38 12. Слесаренко, А. П. Математическое моделирование тепловых процессов в телах сложной формы при нестационарных граничных условиях [Текст] / А. П. Слесаренко/ / *Проблемы машиностроения* – 2002.– Т. 5, №4. - С. 72 – 80

Надійшла до редколегії 20.03.2013

УДК 536.24

Визуальные исследования результатов моделирования высокоскоростных тепловых процессов на согласованных дисплеях/ Слесаренко А. П., Кобринович Ю. О // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПИ», – 2013. - № 1 (977). – С. 193-201. – Бібліогр.: 12.назв.

Пропонується методологія візуального дослідження результатів моделювання високошвидкісних теплових процесів, розроблена на базі побудованих аналітичних структур розв'язку з використанням S-функцій, що точно задовольняють осцилюючим умовам теплообміну на межах областей складної форми. Визначено клас точних рішень задач теплопровідності з нестационарними граничними умовами для областей складної форми, наведені результати візуального дослідження високотемпературних теплових процесів. **Ключові слова:** візуальні дослідження, математичне моделювання, високошвидкісні теплові процеси.

In paper proposed a methodology for visual studies of the results of high-speed simulation of thermal processes, developed on the basis of analytical structures solutions using S-functions, which are exactly satisfy the conditions of an oscillating heat transfer at the complex boundary. The class of exact solutions of the heat equation with unsteady boundary conditions for the areas of complex shape is determined; the results of visual studies of high heat processes are shown.

Keywords: visual studies, mathematical modeling, high speed heat processes.

УДК 541.182.3:543

Н. Ф. ДОБРИЦКАЯ, аспирант, НТУ «ХПИ»;

В. Б. ТРОШЕНЬКИН, канд. техн. наук, ИПМаш НАНУ, Харьков;

Н. Н. ЗИПУННИКОВ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОРОШКООБРАЗНЫХ И ГРАНУЛИРОВАННЫХ СПЛАВОВ

В данной работе описан метод измерения удельной площади поверхности порошкообразных и

гранулированных сплавов. Указано, что скорость выделения водорода зависит от степени измельчения сплавов. Приведен принцип действия прибора Д-III и его конструкция. Показано, что прибор отградуирован по данным измерения поверхности на приборе ПСХ-8А. Прибор Д-III отлажен и готов для дальнейших исследований.

Ключевые слова: ферросплавы, удельная площадь поверхности, прибор Д-III.

Введение. Наиболее эффективным способом производства водорода для автономных потребителей является силиколевый метод [1]. Этот способ основывается на способности ряда сплавов вытеснять водород из воды. В данном случае используют ферросплавы, воду и едкий натр. В рассматриваемом процессе водород получают в стандартных баллонных газогенераторах АВГ-45. Норма закладки реагентов составляет: едкий натр - 0,8 кг; порошок сплава - 1,25 кг; вода - 6 л. Объем получаемого водорода - 1,5 м³. Давление развиваемое в аппарате - 8,0 МПа.

Скорость выделения водорода зависит от степени измельчения сплавов. Поэтому при расчете реакторов производства водорода из воды с помощью сплавов одной из определяющих характеристик является удельная площадь поверхности порошка сплава.

Для измерения удельной площади поверхности измельченных материалов [2] широко используют методы, которые основаны на

- измерении воздухопроницаемости слоя материала при просасывании через него воздуха при давлении, близком к атмосферному;
- измерении воздухопроницаемости слоя материала при просасывании через него сильно разреженного воздуха при высоком вакууме;
- определении адсорбции мономолекулярного слоя газа на поверхности частиц материала.

Кроме того, удельную площадь поверхности можно определить

- вычислением по данным полного анализа дисперсного состава материала;
- сорбцией из растворов;
- определением теплоты, выделяющейся при погружении в жидкость измельченного материала, частицы которого предварительно покрыты адсорбированной пленкой той же жидкости;
- хроматографическим способом;
- по скорости растворения.

Самым распространенным методом дисперсного анализа является измерение воздухопроницаемости слоя порошка. Этот метод наиболее экономичный, быстрый и не требует громоздких и дорогостоящих приборов.

В данной работе измерения проводили прибором Дерягина (Д-III) [3].

В составе прибора Д-III (рис. 1): подставка 1, реометр 2, винтовой металлический зажим 3, дифференциальный манометр 5, краны 4, 6, ловушка 7, вакуумметр 8, тройник 9, металлическая вакуумная камера 10.

Реометр состоит из шара, U-образной трубки и капилляра. Шкала реометра градуируется заранее. Каждому делению шкалы соответствует определенная объемная скорость течения воздуха через капилляр реометра.

Дифференциальный манометр предназначен для определения перепада давления

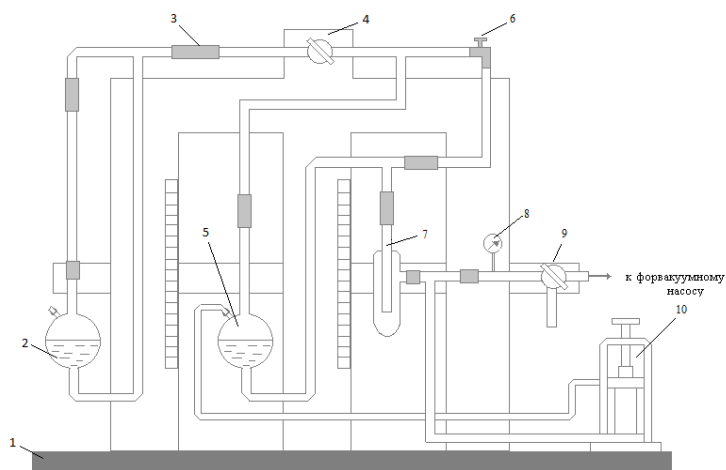


Рис. 1 - Схема прибора Д-III

(разности давления над образцом и под ним).

Винтовым зажимом регулируют объемную скорость подачи воздуха в прибор. Вакуумная камера 10 состоит из корпуса, имеющего штуцера для присоединения посредством вакуумных шлангов к измерительной части прибора, крышки, прижимного винта, кюветы и резиновых прокладок.

Кювета представляет собой цилиндрическую трубку с пористой перегородкой. В неё помещают исследуемый образец порошка.

Градуировка капилляра реометра. Схема установки для градуировки капилляра приведена на рис. 2 [4]. Установка состоит из мерного цилиндра 1 и цилиндрического сосуда 3, устроенного по типу сосуда Мариотта, емкостью до 1 л, кранов 2, 4, 7 и воронки 5. Сосуд 3 присоединяют к прибору Д-III при помощи трубки 6, резинового шланга и трехходового крана 9 (рис. 1).

При проведении исследований винтовой зажим 3 снят, краны 4 и 6 открыты. Перед градуировкой капилляра сосуд 3 наполняют водой через воронку 5, причем краны 4 и 7 открыты. При градуировке закрывают краны 4 и 7, открывают кран 2 так, чтобы вода по каплям вытекала из сосуда 3 в цилиндр 1.

Жидкость в измерительной трубке реометра устанавливается на одном из низших делений шкалы. Вода из сосуда 3 вытекает с определенной скоростью и под постоянным давлением.

Это означает, что объем вытекающей воды, соответствует объему воздуха, прошедшему через капилляр реометра.

Этой объемной скорости воздуха соответствует определенное показание шкалы реометра. Объем жидкости измеряется мерным цилиндром 1, а время ее истечения – секундомером.

Увеличивая скорость истечения жидкости, находят скорость, соответствующую определенному делению шкалы. Затем строят график градуировки капилляров, представленный на рис. 3, на котором по оси абсцисс отложены деления шкалы в сантиметрах, а по оси ординат – соответствующие им объемные скорости в см³/сек. Для капилляров с

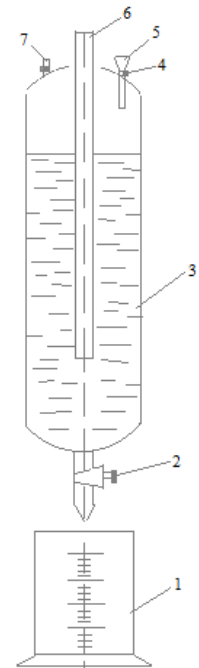


Рис.2 – Схема установки для градуировки капилляра

различным диаметром сечения эти скорости различны.

Для прямолинейного участка градуировочной кривой графика определяют постоянную капилляра b_0 , являющуюся тангенсом угла наклона прямой к оси абсцисс.

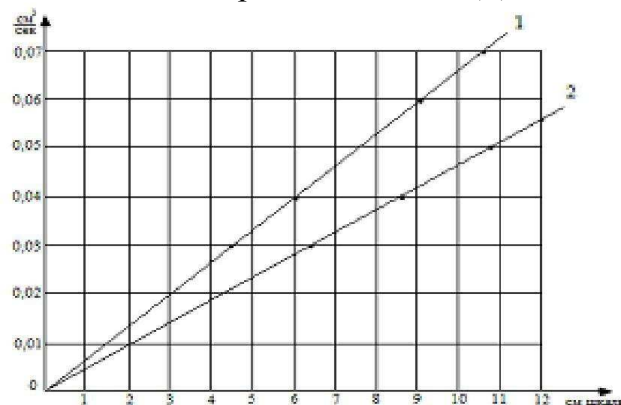


Рис. 3 – График градуировки капилляров [4] 1 – $d = 0,3-0,4$ мм; 2 – $d = 0,2-0,3$ мм

Определение постоянной прибора. Удельную площадь поверхности можно вычислить по формуле

$$S_0 = 180 \frac{d \cdot s^2 \cdot \delta^2 \cdot h_p \cdot \sqrt{T}}{F \cdot b_0 \cdot h_q \cdot P \cdot 10^4}, \quad (1)$$

где d – плотность жидкости, заполняющей дифференциальный манометр, г/см²;

s – площадь основания кюветы, см²;

δ – пористость, $\delta = 1 - \frac{F}{\Delta x \cdot \rho \cdot s}$;

h_p – показания шкалы дифференциального манометра, см;

T – температура окружающей среды, К;

F – навеска порошка, г;

b_0 – постоянная капилляра реометра, см²/сек;

h_q – показания шкалы реометра, см;

P – атмосферное давление;

Δx – высота слоя порошка, см;

ρ – плотность материала порошка, г/см³.

Если учесть, что температура в помещении незначительно отличается от 20 °С, а барометрическое давление – 760 мм. рт. ст., то для окончательных расчетов формула (1) преобразуется к виду

$$S_0 = K \cdot \frac{\delta^2 \cdot h_p}{F \cdot h_q}, \quad (2)$$

где K – постоянная прибора

$$K = \frac{d \cdot s^2 \cdot \sqrt{T}}{b_0 \cdot P \cdot 10^4}.$$

Измерение удельной поверхности. Исследуемый порошок просеивают через сито 60 меш, высушивают в сушильном шкафу при температуре 90–110 °С до постоянного веса (около 50–60 мин) и взвешивают с точностью до 0,01 г.

Перед тем как приступить к измерениям находят область молекулярного режима течения газа. Для этого находят перепад давления h_p на образце при различной скорости потока воздуха, определяемого по показанию h_q шкалы реометра. При наличии молекулярного режима течения воздуха отношение h_p/h_q будет постоянным в некотором интервале значений h_q . В этой области значения h_q и следует проводить измерения.

Перед началом измерений кювету с запрессованным порошком помещают в вакуумную камеру. Плотно завинчивают крышку камеры. Кран 4 (рис. 1) закрыт, винтовой зажим 3 открыт на просвет шланга, обеспечивающий необходимую, заранее определенную скорость расхода воздуха. Кран 6 открыт, кран 9 закрыт. После того, как давление в вакуумметре 8 установится на одном уровне, приступают к измерению.

Для этого открывают кран 4. Воздух через капилляр и зазор в шланге, пережатом зажимом 3, будет проходить в установку. Определенной скорости воздуха соответствует определенное показание шкалы реометра (как правило 1,5–3 см при постоянной прибора $K = 12–17$). После того как уровень масла в реометре не будет изменяться, что говорит о постоянстве объемной скорости воздуха, поступающего в прибор, перекрывают кран 6. Тогда воздух будет проходить через капилляр и зазор в шланге с винтовым зажимом 3, кран 4, слой порошка, находящегося в кювете и затем через кран 9 – к линии откачки форвакуумного насоса.

Так как слой порошка оказывает сопротивление потоку воздуха, создается перепад давления на образце и масло в измерительной трубке дифференциального манометра 5 начинает подниматься. Через некоторое время масло установится на определенном уровне.

Это значит, что количество воздуха, проходящего через порошок в равные промежутки времени, не изменяется – в данном случае имеет место стационарный поток воздуха.

После установления стационарного режима течения воздуха при строго определенной скорости, соответствующей показаниям реометра h_q и перепаде давления h_p производят следующие замеры:

- измеряют показания реометра 2 (h_q), в сантиметрах шкалы;
- дифференциальный манометр 5 определяет перепад давления (h_p) на образце, в сантиметрах шкалы.

После этих замеров перекрывают кран 4, открывают кран 6, выравнивая давление на образце, и закрывают кран 9. Выключают форвакуумный насос, и краном 9 пускают в прибор воздух. Снимают крышку вакуумной камеры и вынимают кювету с порошком.

На основании полученных данных рассчитывают величину удельной площади поверхности порошка сплава по формуле (2).

В качестве эталонного образца выбран порошок сплава АС (масс. %: Si - 15–40 %; Ti - 1–3 %; Mn - 0,5–3,5 %; Zn - 0,5–1 %; Al - ост.). Предварительно удельную площадь поверхности порошка сплава АС определяли на приборе типа ПСХ-8А Государственного Предприятия «Харьковский опытный цементный завод». Величина удельной площади поверхности составила $S_0 = 430 \text{ м}^2/\text{кг}$. Для оценки удельного веса (γ) использован прибор Ле – Шателье. Значение удельного веса $\gamma = 2490 \text{ кг/м}^3$.

Установленное на приборе ПСХ-8А значение величины площади поверхности эталонного порошка сплава АС сравнивали со значением, найденным на приборе Д-III. Удовлетворительное соответствие обоих измерений подтвердило надежность прибора Дерягина, что дает возможность периодически контролировать изменение площади реакционной поверхности при производстве водорода из воды с помощью сплавов.

Вывод. Описанный выше прибор Д-III применяют для определения внешней удельной площади поверхности порошков с размером частиц от 0,001 до 100 мкм.

Метод отличается простотой, достаточной точностью и доступностью методики, быстротой измерений и расчетов.

Сравнение полученных авторами данных показывает, что прибор отлажен и пригоден для дальнейших исследований.

Список литературы: 1. Трошенькин Б. А. Циркуляционные и пленочные испарители и водородные реакторы. – Киев: Наук. думка, 1985. – 176 с. 2. Коузов П. А. Основы анализа дисперсионного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – Л., Химия, 1974. – 279 с. 3. Определение удельной поверхности порошкообразных тел по сопротивлению фильтрации разреженного воздуха/Б. В. Дерягин, Н. Н. Захаваева, М. В. Талаев, В. В. Филипповский/АН СССР Ин-т физ. химии. – М.: Изд. АН СССР, 1957. – 50 с. 4. Прибор Д-III для определения удельной поверхности порошков по сопротивлению течению разреженного воздуха. Руководство. – М.: ЦНИИТЭИприборостроения, 1971. – 12 с.

Надійшла до редколегії 20.03.2013

УДК 541.182.3:543

Метод вимірювання питомої поверхні порошкоподібних та гранульованих сплавів / Добрицька Н. Ф., Трошенькін В. Б., Зіпунніков М. М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 1 (977). – С. 201-205. – Бібліогр.: назв.

У даній роботі описаний метод вимірювання питомої поверхні порошкоподібних і гранульованих сплавів. Зазначено, що швидкість виділення водню залежить від ступеня подрібнення сплавів. Наведено принцип дії приладу Д-III і його конструкція. Показано, що прилад перевірений за даними вимірювання поверхні на приладі ПСХ-8А. Прилад Д-III налагоджений і готовий для подальших досліджень.

Ключові слова: феросплави, питома площа поверхні, прилад Д-III.

This paper describes the method for measuring of specific surface area of powders and granular alloys. Indicated that the rate of hydrogen generation depends on the degree of alloys desintegration. The principles of the device Д-III and its construction are given. It is shown that the device is calibrated according to the data of surface measuring by the device ПСХ-8А. The Д-III device is debugged and ready for further research.

Keywords: ferro alloys, specific surface area, device Д-III.