

УДК 543.544(088.8)

Непрерывный анализ состава неконденсирующихся газов в ядерных реакторах

МОСКВИН Л. Н., ГУМЕРОВ М. Ф., ГОРШКОВ А. И.

Непрерывный анализ состава неконденсирующихся газов в первом контуре ядерных реакторов представляет интерес для более полного исследования процессов активации, радиоллиза и изменения состояния активной зоны при различных режимах работы аппаратов. Прямое детектирование радиоактивных и стабильных изотопов отдельных компонентов на фоне всей смеси газов затруднено. Поэтому целесообразно сочетать газохроматографическое выделение компонентов и их последующее избирательное детектирование. Для непрерывного выделения компонентов смеси сконструировано несколько типов устройств на основе непрерывного двухмерного хроматографирования [1]. В настоящей работе выясняется возможность их применения для непрерывного анализа рассматриваемых газовых смесей. Исследования проводились на модельных смесях аргона, криптона, ксенона, водорода и кислорода.

На рис. 1 представлен вариант разделительного блока непрерывного хроматографического устройства. Рабочее пространство хроматографической колонки, заполняемое мелкодисперсным сорбентом, образовано зазором между тремя коаксиально расположенными цилиндрами. В разрезе плоскостью, параллельной оси цилиндров, сорбентный слой имеет U-образную форму. Колонка связана с валом привода и равномерно вращается с заданной скоростью относительно неподвижного блока датчика и приемника. Анализируемая смесь непрерывно подается на колонку через один из каналов датчика. Газ-носитель непрерывно подается через остальные каналы и равномерно распределяется по определенному участку колонки, ограниченному размерами полости. Непрерывно отбираемые в полости приемника фракции разделенных веществ через каналы поступают на детектирующие устройства. Полости частично заполнены сорбентом для стабилизации его

уровня в колонке. При работе с механически непрочным сорбентом последний засыпается в колонку на 2—3 мм ниже верхнего края. Оставшееся пространство и полости заполняются гранулами инертного по отношению к разделяемой смеси и газу-носителю вещества, например полиэтилена, политетрафторэтилена и т. п. В случае заполнения колонки блочным сорбентом необходимость стабилизации уровня сорбента отпадает, так как частицы сорбента здесь связаны друг с другом и образуют эластичную и механически прочную пористую структуру по всему объему колонки. Поэтому блочный сорбент способен сохранять постоянными заданные форму и размеры в процессе длительной работы. Способы получения блочных сорбентов описаны в работах [2, 3]. Для упрощения герметизации

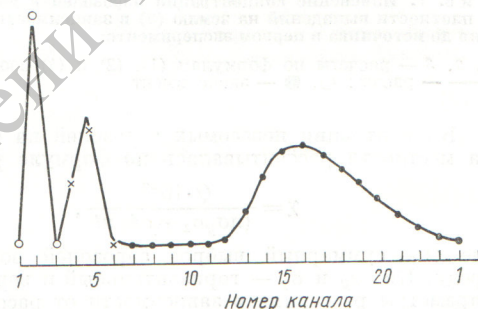


Рис. 2. Хроматограмма непрерывного разделения смеси Ar (○) Kr (×) и Xe (●). Сорбент — молекулярные сита типа СаА (0,2—0,25 мм), высота слоя 200 мм, скорости газа-носителя (азота) 8,1 л/(ч·см²) и вращения колонки 12 об/ч

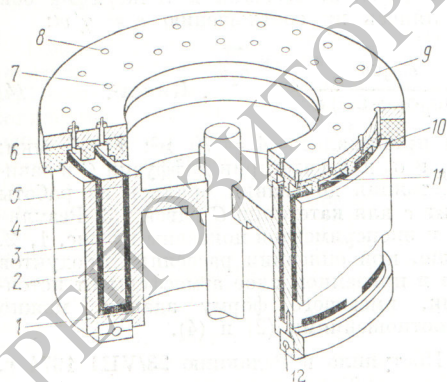


Рис. 1. Общий вид разделительного блока непрерывного хроматографа:

1 — вал привода; 2, 3, 4 — коаксиально расположенные цилиндры; 5 — пространство с мелкодисперсным сорбентом; 6 — полость датчика; 7 — каналы датчика; 8 — каналы для фракций разделенных веществ; 9 — неподвижный блок датчика и приемника; 10 — перегородки между полостями приемника; 11 — полость приемника; 12 — упорный подшипник

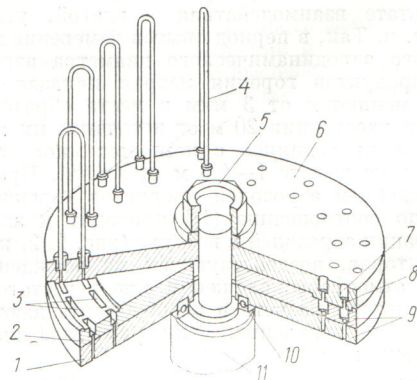


Рис. 3. Общий вид многоколоночного разделительного блока непрерывного хроматографа:

1, 2 — жесткий и эластичный слои блока датчика и приемника; 3 — каналы датчика и приемника; 4 — хроматографические колонки; 5 — прижимная гайка; 6 — вращающийся диск; 7 — отверстие для колонки; 8 — соединительное отверстие; 9 — блок датчика и приемника; 10 — упорный подшипник; 11 — вал привода

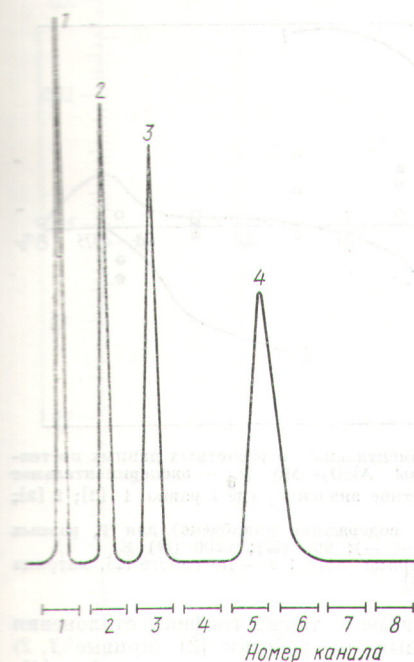


Рис. 4. Хроматограмма непрерывного разделения смеси H_2 (1); O_2 и Ar (2); Kr (3); Xe (4) с программированием скорости потока газа-носителя

скользящего контакта между колонкой и блоком последний изготовлен из двух слоев: эластичного (например, из фторопласта-4), контактирующего с вращающейся колонкой, и металлического для придания жесткости конструкции.

На устройстве такого типа проводилось непрерывное разделение смеси аргона, криптона и ксенона. Датчик и приемник имеют по 24 канала. Концентрация выделяемого компонента в газе-носителе, выходящем через соответствующий канал приемника, определялась с помощью хроматографа ХЛ-4. По этим данным построена хроматограмма непрерывного разделения (рис. 2).

УДК 536.21

Теплофизические свойства керметов системы $Al_2O_3 - Mo$

ОСИПОВА В. А., КЯАР Х. А., НИКОЛЬСКАЯ О. Н.

Исследованы теплофизические свойства керметов $Al_2O_3 + 50$ об. % Mo, $Al_2O_3 + 70$ об. % Mo и $Al_2O_3 + 85$ об. % Mo. Плотности спеченных образцов равны соответственно 6980; 8310 и 8716 кг/м³; при этом общая пористость колеблется в пределах 3,5–6%.

Комплексный метод монотонного нагрева и установка для проведения опытов в температурном интервале 500–1500 К описаны ранее [1]. Относительные среднеквадратические погрешности измерения коэффициентов теплопроводности, температуропроводности и удельной теплоемкости составляют 9; 7 и 6% соответственно при доверительной вероятности 0,95.

В другом типе устройств вместо сплошного цилиндрического слоя сорбента использована система элементарных хроматографических колонок, размещенных по образующей цилиндра определенного радиуса, аналогично тому, как это сделано в хроматографах, предложенных Тарамассо [4, 5]. Если последние позволяют проводить разделение в равномерном потоке газа-носителя, конструкция нашего устройства благодаря использованию многосекционного датчика (рис. 3) допускает программирование состава и скорости потока газа-носителя. В результате становится возможным на устройстве со сравнительно малым числом хроматографических колонок проводить разделение сложных многокомпонентных газовых смесей. На рис. 4 приведена хроматограмма непрерывного разделения смеси H_2 , O_2 , Ar, Kr и Xe. 12 колонок длиной 650 мм и диаметром 4 мм заполнены молекулярными ситами CaA (5 Å). Разделение проводили с программированием скорости потока газа-носителя (гелия). Расход газа-носителя при элюировании H_2 , O_2 и Ar составлял 1,8 л/ч, а Kr и Xe 2,1 и 6,0 л/ч соответственно. Кислород и аргон в данном случае элюируются практически одновременно, но, установив последовательно проточный счетчик и катарометр, можно определить содержание ^{41}Ar и сумму стабильных Ar + O_2 . Зоны остальных компонентов подаются в отдельные каналы приемника, за которыми установлены соответствующие детекторы.

Хроматограммы подтверждают возможность непрерывного разделения смеси основных газообразных компонентов, которые могут присутствовать в качестве примесей в теплоносителе или компенсаторах объема первого контура ядерных энергетических установок. В сочетании со стандартными детектирующими устройствами двухмерные хроматографы могут обеспечить непрерывный контроль содержания радиоактивных и стабильных газов в сложных газообразных средах.

Поступило в Редакцию 24/XI 1974 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Martin A. «Discuss. Farad. Soc.», 1969, v. 7, p. 332.
2. Преображенский Б. К. и др. «Радиохимия», 1968, т. 10, № 3, с. 375.
3. Deverauf H. Patent USA, cl. 210-31, (B01d15/08), N 3.496.102, 1970.
4. Тарамассо М., Сакодынский К. И. В сб.: Успехи хроматографии. М., «Наука», 1972, с. 248.
5. Taramasso M. «J. Chromatogr.», 1970, v. 49, p. 27.

Результаты исследования приведены в таблице. Нахождение коэффициентов переноса материалов, в том числе коэффициента теплопроводности, расчетными методами приобретает важное значение в связи с увеличивающимся разнообразием разрабатываемых материалов.

Теория обобщенной проводимости дает математическое описание процесса переноса тепла в зависимости от свойств и взаимного расположения компонентов с учетом распределения тепловых потоков в многокомпонентной системе. Известные расчетные зависимости получены на основе анализа матричной (тепловой поток