

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАБОРОВ ПРОНИЦАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАДАННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ДЛЯ КАПИЛЛЯРНЫХ КОНТРОЛЬНЫХ ТЕЧЕЙ

А. В. ШУЛЬЖЕНКО, Л. М. ПОГОРЕЛАЯ, П. А. МАНОРИК, В. Н. ГРЕБЕННИКОВ, Н. А. СИДОРОВА
(Ин-т физической химии им. Л. В. Писаржевского НАН Украины)

Предложены новый способ изготовления наборов проницаемых элементов заданной пропускной способности на основе цилиндрических кварцевых микрокапилляров, а также основные и вспомогательные средства, необходимые для реализации способа. Способ позволяет получать наборы одинаковых или же дискретно отличающихся по пропускной способности проницаемых элементов для контрольных течей.

A new method is proposed for manufacturing sets of permeable elements of a certain throughput capacity, based on cylindrical quartz microcapillaries, as well as the main and auxiliary means required for realization of this method. The method allows obtaining sets of the same or discretely differing as to throughput capacity permeable elements for control furnaces

Стеклянные микрокапилляры конической формы, упрочненные различного рода оболочками, широко используют в качестве проницаемых элементов капиллярных контрольных течей — устройств, воспроизводящих известные по величине и постоянные во времени потоки пробных газов, которые предназначены для градуировки и выбора оптимальных условий эксплуатации средств контроля герметичности [1–4].

К настоящему времени предложены методики изготовления таких микрокапилляров, основанные на вытяжке стеклянных трубок в процессе их локального разогрева [5]. Наиболее совершенные из них предполагают использование полуавтоматических устройств. Варьируя с помощью полуавтоматов параметры процесса (напряжение на спирали, начало и усилие разрыва стеклянных трубок) можно получать отдельные образцы конических микрокапилляров с диаметром выходного отверстия вплоть до 0,05 мкм. Однако из-за сложности строгой унификации внешнего диаметра и толщины стенок стеклянных трубок–заготовок, а также параметров процесса их вытяжки, воспроизвести даже с помощью таких устройств серию конических микрокапилляров с одинаковыми геометрическими параметрами и, следовательно, одной и той же пропускной способности для газа, весьма проблематично [6]. Это вынуждает подвергать каждый из полученных микрокапилляров кропотливой и малопроизводительной процедуре калибровки по величине потока пробного газа. Тем самым осложняется серийное производство необходимых по пропускной способности проницаемых элементов на основе стеклянных микрокапилляров конической формы.

Предпочтительным для производства серий идентичных проницаемых элементов представля-

ется использование длинномерных микрокапилляров цилиндрической формы, изготовленных из высокочистого кварца ($\text{SiO}_2 > 99,99\%$) по методике, описанной в работах [7, 8]. Разделив такой микрокапилляр на отрезки равной длины и определив пропускную способность лишь одного из отрезков капилляра, можно безоговорочно перенести полученные результаты на остальные такие же отрезки, предназначенные для изготовления проницаемых элементов. Однако ввиду малости диаметра цилиндрические кварцевые микрокапилляры весьма непрочны и легко ломаются. Разделить их на небольшие по длине отрезки и тем более манипулировать короткими отрезками микрокапилляра достаточно сложно. Поэтому в конструкциях проницаемых элементов такие микрокапилляры на сегодня практически не используют.

Предлагаемый в данной работе способ позволяет существенно упростить серийное изготовление проницаемых элементов нужной пропускной способности на основе цилиндрических кварцевых микрокапилляров. Суть способа состоит в том, что цилиндрический кварцевый микрокапилляр сначала дискретно по длине упрочняют пакетом вакуум-плотных оболочек, а после этого разделяют пакет оболочек и, соответственно, микрокапилляр на фрагменты, представляющие собой готовые проницаемые элементы по количеству оболочек в пакете [9].

Реализация предлагаемого способа предусматривает использование отрезка цилиндрического кварцевого микрокапилляра определенного внутреннего диаметра, простых по конструкции вспомогательных устройства и приспособления, набора металлических фасонных вакуум-плотных оболочек, тонких прокладок из эластичного материала и жидкой герметизирующей композиции, ко-

торая при определенных условиях способна отвердевать, а после отвердения становится вакуумплотным, непроницаемым для газов, полимерным материалом с высокой адгезией к металлу и стеклу и в то же время низкой адгезией к материалу прокладок.

На рис. 1 схематически изображены основные элементы, вспомогательные устройство и приспособление для реализации способа. Вспомогательное устройство выполнено в виде металлической трубки 1 с резьбовыми хвостовиками, на которые соответственно навинчиваются металлические накидные гайки 2 и 3 со сквозными осевыми отверстиями. Эти накидные гайки 2 и 3 фиксируют с возможностью перемещения технологические втулки 4 и 5. При этом технологическая втулка 4 за счет ступенчатого выступа, ориентированного внутрь трубки 1, жестко прижимается накидной гайкой 3 к одной из торцевых поверхностей трубки, а технологическая втулка 5 выполнена с возможностью перемещения по внутренней поверхности трубки 1 при навинчивании накидной гайки 2. В обеих втулках (4 и 5) выполнено по одному осевому ступенчатому отверстию таким образом, чтобы отверстия большего диаметра выходили наружу. Втулка 4 со стороны ее торца, ориентированного в полость трубки 1, дополнительно имеет радиальный паз 6, а втулка 5 дополнительно имеет одно радиальное отверстие 7, которое соединяется с осевым отверстием большего диаметра в этой втулке. Фасонные вакуум-плотные оболочки 9 выполнены в виде металлических шайб одинаковой толщины, в каждой из которых имеется осевое отверстие одинакового диаметра и радиальный паз 10 на одной из плоских поверхностей шайбы. Диаметр этих шайб выбран таким, чтобы они свободно, без перекоса, размещались в полости трубки 1.

Вспомогательное приспособление 12 выполнено в виде тонкой металлической трубки, служащей защитным кожухом для хрупкого микрокапилляра 8 в процессе изготовления проницаемых

элементов. Наружный диаметр этой трубки выбран таким, чтобы трубка свободно проходила сквозь осевые отверстия в шайбах-оболочках 9, внутренний диаметр — таким, чтобы в полости трубки свободно размещался микрокапилляр, а длина трубки — такой, чтобы несколько превышала длину вспомогательного устройства в собранном виде.

Используя вспомогательные устройство и приспособление наборы одинаковых по пропускной способности проницаемых элементов для контрольных течей капиллярного типа изготавливали следующим образом.

В полости трубки 1 размещали пакет шайб-оболочек 9 одинаковой толщины таким образом, чтобы каждая шайба-оболочка той стороной, где выполнен паз 10, через тонкую прокладку 11, изготовленную из эластичного материала, стыковалась с противоположной стороной другой шайбы-оболочки, а между крайними шайбами-оболочками в пакете и контактирующими с ними втулками 4 и 5 были такие же прокладки.

С помощью накидных гаек 2 и 3 пакет шайб-оболочек 9 с прокладками 11 сжимали в осевом направлении. При этом стыки между шайбами-оболочками 9, а также между крайними шайбами-оболочками и втулками 4 и 5, надежно герметизировались. После этого вспомогательное устройство с размещенным в его полости пакетом шайб-оболочек и прокладок между ними располагали горизонтально (рис. 2, а). Отрезок цилиндрического кварцевого капилляра длиной, несколько большей длины вспомогательного приспособления-трубки, размещали в полости этой трубки таким образом, чтобы капилляр не выступал за пределы ее рабочего торца и выходил за пределы трубки с другой стороны, как показано на рис. 1. Затем трубку с расположенным в ее полости отрезком капилляра 8 вводили сначала в осевое отверстие одной из втулок (4 или 5), а затем, последовательно прокалывая прокладки 11, перемещали трубку до тех пор, пока ее рабочий торец не выходил за пределы вспомогательного устройства с противоположной стороны. Выдвигали отрезок микрокапилляра 8 за пределы рабочего торца трубки 12 и, удерживая выдвинутый капилляр, обратным движением выводили трубку 12 из вспомогательного устройства. При этом материал прокладок несколько релаксировал и площадь отверстий, образовавшихся в результате прокола, уменьшалась.

Расположив вспомогательное устройство с шайбами-оболочками и капилляром горизонтально, начальный участок осевого отверстия во втулке 5 (рис. 2, б), начиная от ее торца и не далее радиального отверстия 7, герметизировали клеевой композицией 13 на эпоксидной основе. После отвердения композиции в радиальное отверстие

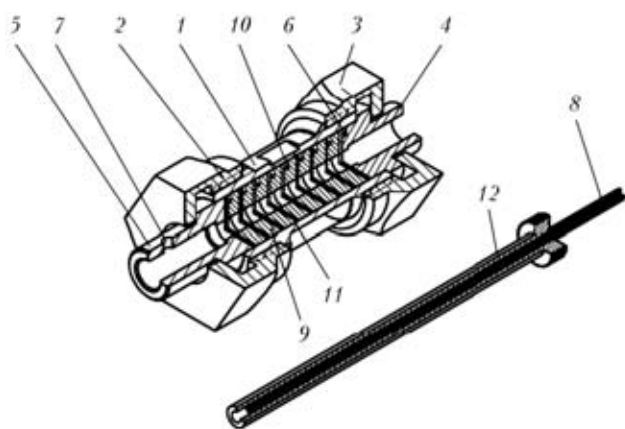


Рис. 1. Схематическое изображение основных и вспомогательных элементов для реализации способа изготовления наборов проницаемых элементов (обознач. см. в тексте)

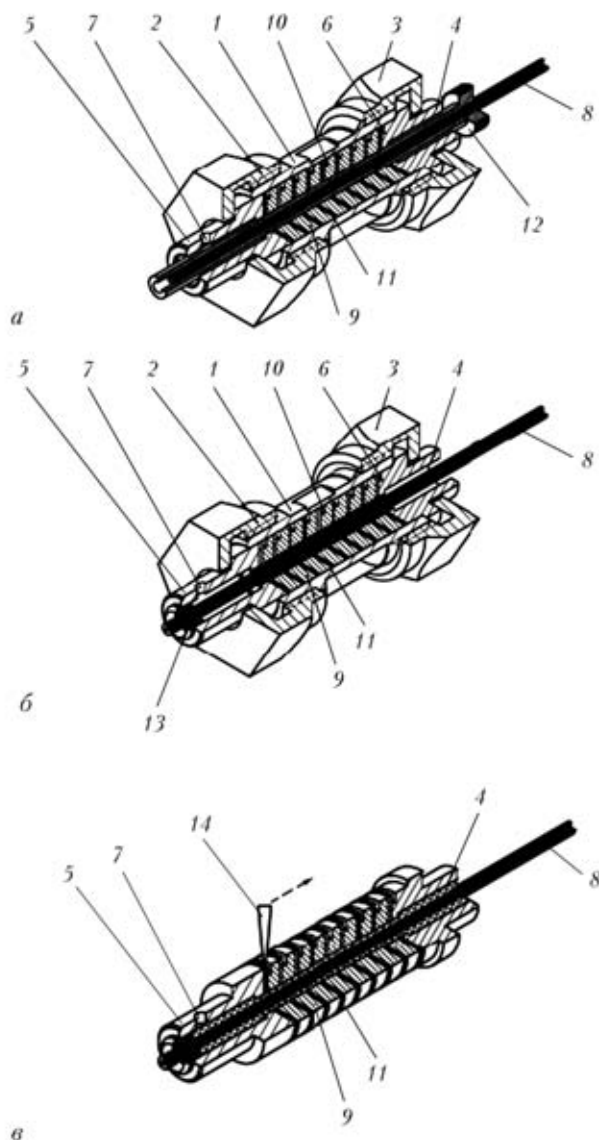


Рис. 2. Последовательные стадии изготовления наборов одинаковых по пропускной способности проницаемых элементов на основе цилиндрических кварцевых микрокапилляров (описание а–в см. в тексте)

тие 7 под небольшим избыточным давлением вводили ту же жидкую клеевую композицию на эпоксидной основе и заполняли ею пространство между стенками осевых отверстий в шайбах-оболочках 9, стенками осевых отверстий во втулках и внешней поверхностью микрокапилляра 8. Когда композиция появлялась на выходе из центрального отверстия в противоположной втулке 4, ее подачу прекращали. После отверждения композиции отвинчивали накидные гайки 2 и 3, осевым усилием со стороны втулки 5 выталкивали из полости трубки 1, как одно целое, втулки 4, 5 и пакет шайб-оболочек 9 с прокладками 11 между ними, а также закрепленный в осевом канале отрезок микрокапилляра 8 (рис. 2, в).

Для разделения пакета шайб-оболочек и отделения крайних шайб-оболочек от втулок использовали небольшой рычаг 14 в виде стержня, ге-

ометрические размеры концевого участка которого были выбраны такими, чтобы этот рычаг свободно входил в радиальные пазы 10 в шайбах-оболочках 9 и в паз 6 во втулке 4. Начиная с любой стороны, этот рычаг последовательно вводили в пазы, как показано на рис. 2, в, и осевым усилием, превышающим предел прочности капилляра и охватывающей его тонкой оболочки клеевой композиции на стыках шайб и стыках крайних шайб-оболочек с втулками, разделяли пакет на проницаемые элементы, не повреждая при этом поверхность шайб-оболочек в местах расположения микрокапилляров. В результате получали набор проницаемых элементов в виде одинаковых шайб с герметично закрепленными в них отрезками цилиндрических кварцевых микрокапилляров, длина которых практически полностью совпадала с толщиной шайб-оболочек.

Для использования полученных проницаемых элементов в составе контрольных течей применяли простое по конструкции промежуточное устройство в виде штуцера и накидной гайки. Во избежание повреждения плоских поверхностей проницаемого элемента при жестком креплении его в промежуточном устройстве проницаемый элемент фиксировали в устройстве через верхнее и нижнее уплотнительные кольца.

Кроме наборов проницаемых элементов, одинаковых по пропускной способности для газов, предлагаемым способом можно также изготавливать наборы проницаемых элементов, дискретно отличающихся по величинам потоков газов. Очевидно, что для этого следует взять набор шайб-оболочек одинакового внешнего диаметра, но разной, дискретно отличающейся, толщины.

Вспомогательное устройство, изображенное на рис. 1, может быть использовано для изготовления наборов проницаемых элементов многократно. В случае, когда проницаемые элементы в процессе эксплуатации в составе контрольных течей по тем или иным причинам оказывались закупоренными, использовали кондуктор, через который сверлением очищали осевые отверстия и, таким образом, готовили шайбы-оболочки к повторному использованию.

Используя описанный способ, нами были изготовлены различные наборы проницаемых элементов для капиллярных контрольных течей. Многократные измерения величины потока воздуха через проницаемый элемент пузырьковым методом под смоченной стеклянной пластинкой [10] свидетельствуют о том, что пропускная способность проницаемых элементов, взятых с одного и того же набора, практически одинакова в пределах ошибки метода калибровки ($\pm 12\%$). Полученные проницаемые элементы на основе цилиндрических кварцевых микрокапилляров оказались гораздо более стабильными во времени, чем



проницаемые элементы на основе стеклянных микрокапилляров. Это, по-видимому, обусловлено тем, что в случае кварцевых микрокапилляров практически полностью исключается влияние на их пропускную способность выщелачивания и растворения стенок, которое, как известно [11], тем более заметно, чем меньше внутренний диаметр капилляра.

Работа выполнена при финансовой поддержке НАН Украины (комплексная научно-техническая программа «Сенсорные системы для медико-экологических и промышленно-технических нужд»).

1. *Технология сборки и испытаний космических аппаратов* / Под общ. ред. И. Т. Белякова, И. А. Зернова. — М.: Машиностроение, 1990. — 352 с.
2. *Герметичність у ракетно-космічній техніці* / Ф. П. Санін, С. О. Джур, Л. Д. Кучма, В. А. Найденюв. — Дніпропетровськ: Вид-во ДДУ, 1995. — 168 с.
3. *Контрольные калиброванные течи* / Химические методы испытаний изделий на герметичность // А. В. Шульженко, Л. И. Бударин, К. С. Касаев, В. Н. Наумов. — Киев: Наук. думка, 1991. — 304 с.

4. *Ланис В. А., Левина Л. Е.* Техника вакуумных испытаний. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. — 263 с.
5. *Костюк П. Г.* Микроэлектродная техника. — Киев: Изд-во АН СССР, 1960. — 126 с.
6. *Бейкер Ф. Л., Йорк Д. Х.* Надежный способ изготовления стеклянных микроэлектродов с заданным сопротивлением // Тр. Ин-та инженеров по электротехнике и радиотехнике. — 1971. — 59, № 12. — 86 с.
7. *Соболев В. Д.* Приспособление для вытягивания кварцевых микрокапилляров // Вопросы физики формообразования. — Тула.: Тульск. политехнич. ин-т, 1970. — С. 140–148.
8. *А. с. 833588 СССР.* Способ изготовления кварцевых капилляров / В. Д. Соболев. — Б.И. № 20, 1981.
9. *Пат.* України на корисну модель № 49498. Спосіб виготовлення проникних елементів для контрольних теч / О. В. Шульженко, Л. М. Погоріла, П. А. Манорик и др. — Опубл. 26.04.2010. — Бюл. № 8.
10. *Запунный А. И., Фельдман Л. С., Роголь В. Ф.* Контроль герметичности конструкций. — Киев: Техніка, 1976. — 45 с.
11. *Прохоренко П. П., Мигун Н. П.* Введение в теорию капиллярного контроля / Под ред. А. С. Боровикова. — М.: Наука и техника, 1988. — 33 с.

Поступила в редакцию
24.12.2010



ОТКРЫТИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА КОМПАНИИ «МЕЛИТЭК» в УКРАИНЕ

14 апреля 2011 г. компании ООО «Мелитэк -Украина» и ООО «Мелитэк» (Россия), организовали семинар-презентацию на тему: «Новые решения для научно-исследовательских и промышленных лабораторий в области контроля качества материалов и изделий» в честь открытия официального представительства компании «Мелитэк» в Украине.

На семинаре была представлена инновационная политика компании «Мелитэк» в комплексном обеспечении научно-исследовательских лабораторий, состоялась презентация нового оборудования для анализа структуры и твердости материалов при проведении материалографических исследований, а также представлены последние мировые разработки и методики в области исследований структуры и свойств материалов на наноуровне.

Участникам семинара, численность которых превысила сто человек, представлено новое оборудование ведущих мировых производителей: Struers A/S, Дания (пробоподготовка для микроскопических исследований); Olympus, Япония (микроскопы и цифровые системы); EMCO-TEST, Австрия (твердомеры); Walter+Bai AG, Швейцария (испытательное оборудование, копры, твердомеры); Nanovea, США (исследования в нанодиапазоне); SCALAR, Япония (оборудование для неразрушающего контроля); CLARAVISION, Франция (оборудование для диагностики сварных соединений).

Докладчики семинара: Анчевский И.Э. – генеральный директор ООО «Мелитэк» (Россия); Верцанова Е.В. – генеральный директор ООО «Мелитэк-Украина»; Астахов К.Н. – специалист отдела физико-механических испытаний, ООО «Мелитэк» (Россия); Джеспер Свенсон – представитель производителя компании Struers (Дания); Карстен Росендахл – представитель производителя компании Struers (Дания); Пушечникова Л.В. – руководитель лаборатории ИЦ «Пратт и Уитни-Патон»; Куренкова В.В. – руководитель отдела разработки и внедрения технологий ремонта газотурбинных двигателей, ИЦ «Пратт и Уитни-Патон».

Компания ООО «Мелитэк-Украина» планирует и в дальнейшем проводить практические семинары с использованием демонстрационного оборудования и приглашает к сотрудничеству научно-исследовательские и промышленные лаборатории.

Богданова В.С., ООО «Мелитэк-Украина»