

НОВЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗЕРНИСТЫХ ФИЛЬТРОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ТЕПЛОВОЙ СУШКЕ В ХИМИЧЕСКОЙ И ПИЩЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Ю.В. Красовицкий¹, Е.В. Ромانيук¹, Р.А. Важинский², Н.Н. Лобачева¹

ГОУ ВПО «Воронежская государственная технологическая академия» (1);
Семилуцкий комбинат строительных материалов (2)

Представлена членом редколлегии профессором Н.Ц. Гапановой

Ключевые слова и фразы: высокотемпературные процессы; зернистые фильтры; металлокерамические фильтры; пылеулавливание при тепловой сушке.

Аннотация: Рассмотрены особенности применения фильтров со связанной структурой зернистого слоя для высокоэффективного и энергосберегающего пылеулавливания. Рассмотрены технические и технологические преимущества применения таких фильтров.

Для тонкой очистки газов при высоких температурах и давлениях в химической и фармацевтической промышленности, очистки сжатого воздуха от масла и твердых частиц в компрессорных установках целесообразно использовать фильтры с жесткими перегородками, выполненными из керамики, спрессованного, а затем спеченного металлического порошка и металлических сеток. Наиболее высокой термостойкостью обладают хромистые и цирконофосфатные материалы, которые выдерживают до 20–25 резких температурных перепадов [1].

Жесткие перегородки обладают высокой механической прочностью, химической стойкостью, термостойкостью и долговечностью; шероховатая поверхность перегородок такого типа способствует адсорбции частиц дисперсной фазы аэрозоля и образованию сводиков автофильтра над порами.

Керамические фильтровальные перегородки, изготовленные из измельченного кварца или шамота, применяют в химических производствах для предотвращения уноса порошкообразных и дефицитных катализаторов, в криогенной технике – для очистки газообразного кислорода от графитовой пыли и очистки компримированного воздуха от пыли адсорбентов [1, 2].

Вместе с тем керамические фильтровальные перегородки громоздки и отличаются высоким гидравлическим сопротивлением. В определенных условиях, например, при повышении линейных скоростей газа, наблюдается эрозионный износ керамики, приводящий к интенсивному загрязнению очищаемого газа.

Жесткие стеклянные перегородки, получаемые спеканием различных фракций измельченного кварцевого стекла [3], а также диатомитовые, угольные и эбонитовые зернистые фильтровальные перегородки не нашли широкого применения при разделении аэрозолей в промышленных условиях.

В связи с внедрением высокопроизводительных технологических процессов, протекающих при высоких температурах и давлениях и сопровождающихся повышенным износом оборудования, работающего в интенсивных условиях, необходимы жесткие требования к эффективности разделения газовых неоднородных систем.

Исходным материалом для изготовления фильтровальных перегородок из пористых металлов служат металлические порошки со сферической или несферической формой частиц, получаемые методами порошковой металлургии. Наиболее производительный и дешевый метод получения таких порошков – распыление расплавленного металла газом, воздухом или паром с последующим разжим охлаждением брызг металла в воде. Обычно используют порошки из углеродистой и нержавеющей сталей (1Х13, Х18Н9Т, Х18Н11Б, Х18Н12М2Т), никеля, монель-металла, титана, бронзы, меди и карбидов тяжелых металлов следующих фракций (размеры частиц в мм): < 0,06; 0,063...0,10; 0,10...0,15; 0,15...0,20; 0,2...0,3; 0,3...0,4; 0,4...0,6; 0,6...0,8; 0,8...1,0.

Перед прессованием порошки смешивают с наполнителями для предотвращения закрытия пор при спекании.

Фильтрующие элементы из пористых металлов можно изготовлять и без прессования спеканием порошка, засыпанного в форму. Для соединения фильтрующих элементов используют газовую, термодиффузионную или дуговую сварку, пайку, склеивание, завальцовку. Размер пор в фильтровальных перегородках из пористых металлов – 1...75 мкм, пористость до 50 %, прочность на растяжение до $7 \cdot 10^3 \text{ Н/см}^2$.

Фильтрующие элементы из пористых металлов используют во многих отраслях промышленности (рис 1–3).

Так, в нефтехимии их применяют для отделения твердых частиц от газа в процессе синтеза трихлорсилана из хлорида водорода и кремния. Измельченный кремний выносится с газообразными продуктами реакции, в результате чего забиваются коммуникации и повышается расход кремния. В этом случае хорошо зарекомендовали себя фильтрующие элементы $\varnothing 84 \times 5$ мм и высотой 80 мм [2].

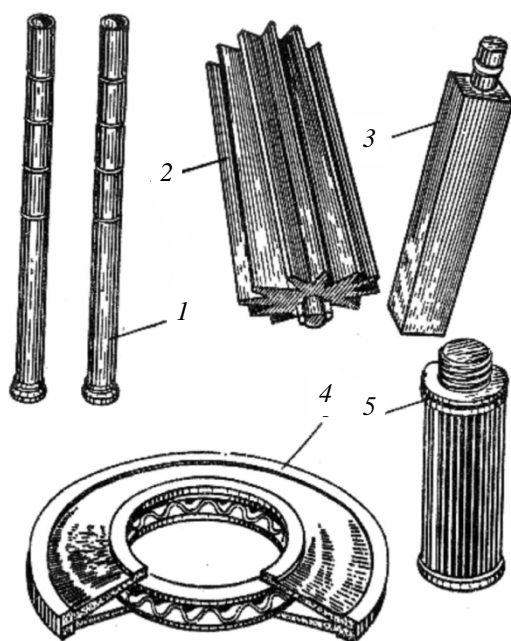


Рис. 1. Фильтрующие элементы из пористых металлов:
 1 – цилиндрические сварные; 2 – «звездочка»; 3 – коробчатый;
 4 – чечевицеобразный; 5 – гофрированный

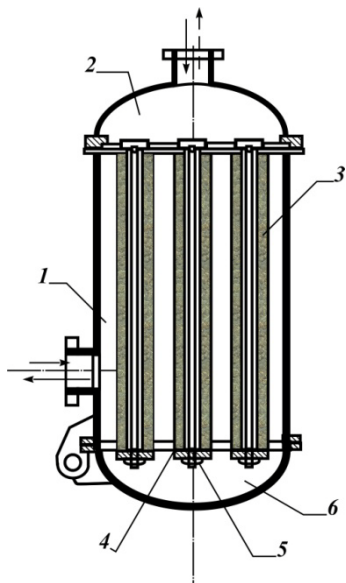


Рис. 2. Патронный фильтр из пористого металла:

1 – корпус; 2 – крышка; 3 – цилиндрический элемент; 4 – прокладка; 5 – стяжной болт; 6 – откидное дно

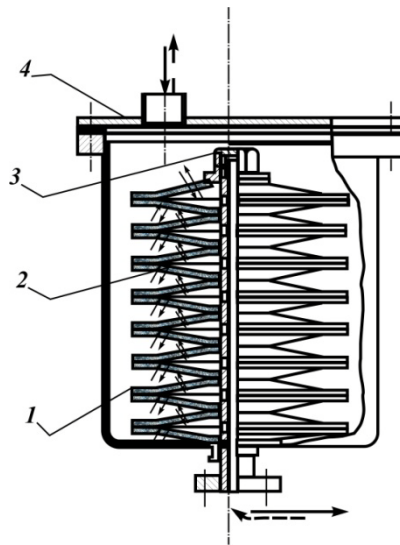


Рис. 3. Тарельчатый фильтр из пористого металла:

1 – корпус; 2 – фильтровальный пакет; 3 – заглушка; 4 – крышка

Металлокерамические фильтры полностью предотвращают унос катализатора при окислении нафталина во фталевый ангидрид в кипящем слое [4]. Производительность металлокерамических фильтров почти в 7 раз превышает производительность керамических.

Имеются сведения о работе металлокерамики в диапазоне температур от -50 до $+1000$ °С и при разности давлений на фильтровальной перегородке до $4 \cdot 10^7$ Н/м².

Применение металлокерамических фильтров в производстве полипропилена позволяет значительно повысить чистоту конечного продукта.

Металлокерамические фильтры успешно используют для тонкой очистки газа в производстве надпероксида калия и пероксида натрия [4]. Металлокерамические фильтровальные перегородки в газовой промышленности улавливают частицы пыли и механические примеси при перекачке газа по магистральным газопроводам.

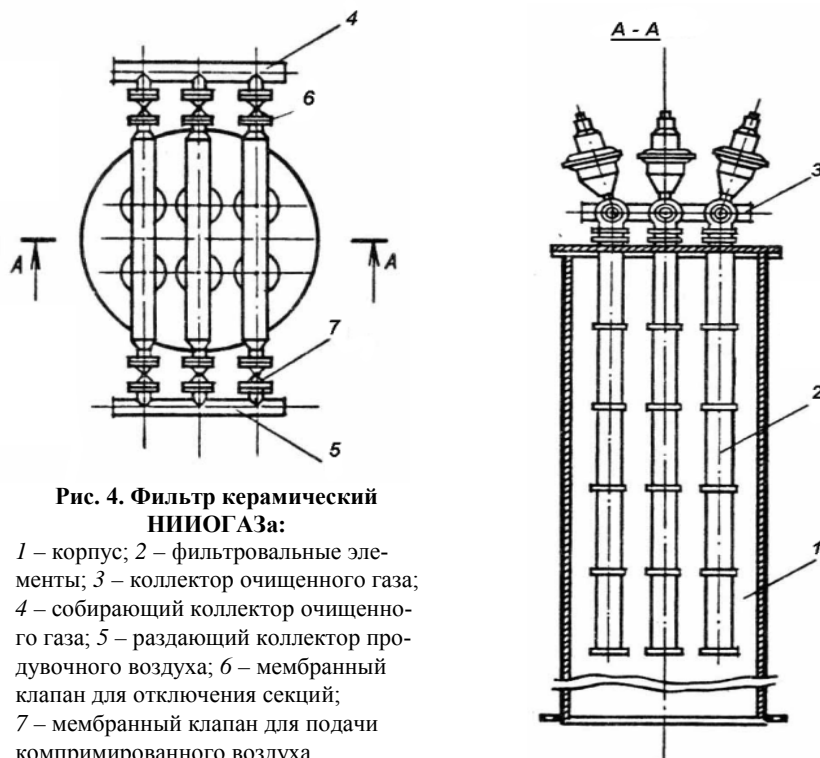
Известный опыт накоплен по тонкой очистке доменного газа с помощью металлокерамики на полупромышленной установке. В пневмотранспорте сыпучих тел металлокерамические фильтровальные перегородки используют не только для аэрации транспортируемого материала через пористую пластинку, но и для замены рукавных фильтров. Металлокерамические фильтрующие элементы применяют при отборе высокотемпературных проб газа, поступающего в газоанализаторы, в кислородно-дыхательной аппаратуре – для очистки кислорода от механических примесей.

Существенный недостаток металлопористых и керамических фильтровальных элементов – трудность удаления проникающих в поры высокодисперсных частиц пыли. Наиболее высокой способностью к регенерации путем обратной продувки обладают фильтры из порошков со сферическими гранулами.

Обычно скорость продувочного газа должна быть в 2 раза меньше скорости газа при фильтровании. Степень очистки в фильтрах с жесткими перегородками в значительной степени зависит от размеров преобладающих пор и скорости фильтрования. Нами экспериментально установлено [3], что фильтрующие перегородки толщиной 10 мм с высокой эффективностью задерживают на своей поверхности частицы твердой фазы размером в 5 раз меньше преобладающего размера пор.

При улавливании керамическими фильтрами технического углерода с удельной поверхностью $50 \text{ м}^2/\text{г}$ степень очистки составляет 99,6 %, а концентрация пыли в очищенном газе – не более $6 \text{ мг}/\text{м}^3$. При проведении экспериментов удельная газовая нагрузка составляла $400 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, гидравлическое сопротивление – 1 кПа. Регенерацию осуществляли путем обратной продувки сжатым воздухом давлением 0,06 МПа в течение 0,2...0,5 с. Остаточное гидравлическое сопротивление после регенерации не превышало 1,5 кПа. Исследования керамики под микроскопом показали, что глубина слоя частиц сажи составляет 0,2...0,3 мм. Следовательно, глубинного накопления частиц не происходит, улавливание осуществляется на поверхности керамики, обращенной к фильтруемому газу. Последнее указывает на возможность длительной эксплуатации керамического слоя при улавливании технического углерода [3].

Модификация такого фильтра показана на рис. 4. Аппарат состоит из цилиндрического корпуса 1, в котором размещены шесть фильтровальных элементов 2. Каждый элемент собран из пяти керамических обечайек наружным диаметром 100, толщиной стенок 10 и длиной 333 мм. Обечайки соединены между собой через асбестовые прокладки штоком. Для обеспечения необходимого натяжения при удлинении штока во время нагрева установлена компенсирующая пружина. Коллектор очищенного газа 3 разделен на три секции. В каждую из них газ поступает от двух элементов.



**Рис. 4. Фильтр керамический
НИИОГАЗа:**

1 – корпус; 2 – фильтровальные элементы; 3 – коллектор очищенного газа; 4 – собирающий коллектор очищенного газа; 5 – раздающий коллектор продувочного воздуха; 6 – мембранный клапан для отключения секций; 7 – мембранный клапан для подачи компримированного воздуха

Секция с одной стороны имеет отключающий мембранный клапан 6, а с другой – продувочный 7. Регенерацию осуществляют путем обратной продувки сжатым воздухом через раздающий коллектор 5 давлением 0,15...0,2 МПа в течение 2 с. Перед регенерацией секцию отключают от собирающего коллектора очищенного газа 4. Расход сжатого воздуха на продувку одной секции 280 дм³ [4].

Срок службы керамических элементов – от 4 до 6 месяцев.

В последние годы широкое применение для разделения твердых аэрозолей при высоких температурах получают фильтровальные элементы из металлических сеток. По гидродинамическим характеристикам такие фильтровальные элементы, состоящие из многослойных (прессованных) сеток, идентичны зернистым слоям со связанной структурой [3, 4]. Техническая характеристика таких сеток саржевого одностороннего переплетения из стали 12Х18Н10Т или 08Х18Н10 приведена в таблице.

Таблица

Технические характеристики металлических сеток [4]

Марка	Диаметр проволоки *, мм	Число проволок на 100 мм *	Масса 1 м ² , кг
C120	0,20/0,16	120/1300	2,62
C160	0,20/0,14	160/1300	2,55
C200	0,20/0,14	200/1570	2,45

* Числитель – основа, знаменатель – уток.

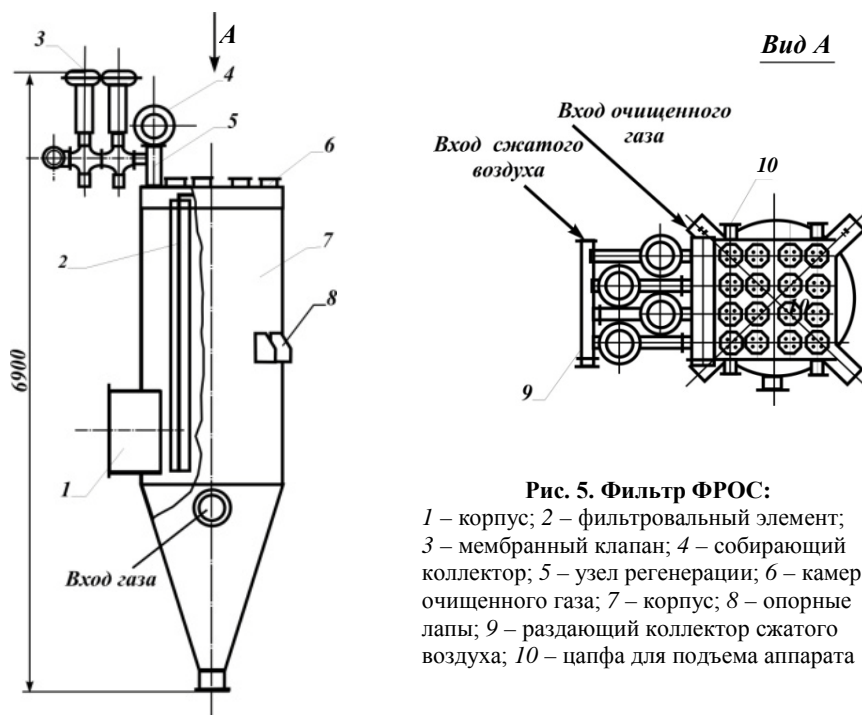


Рис. 5. Фильтр ФРОС:

1 – корпус; 2 – фильтровальный элемент; 3 – мембранный клапан; 4 – собирающий коллектор; 5 – узел регенерации; 6 – камера очищенного газа; 7 – корпус; 8 – опорные лапы; 9 – раздающий коллектор сжатого воздуха; 10 – цапфа для подъема аппарата

Для очистки газов при высоких температурах промышленность серийно выпускает фильтры ФРОС, в которых используют фильтровальные элементы из металлических сеток [2]. Фильтр (рис. 5) состоит из корпуса 1, в котором размещены фильтровальные элементы 2. В верхней части корпуса находится камера очищенного газа 6, разделенная перегородками на четыре секции. Каждая секция имеет отдельный мембранный клапан 3 для подачи сжатого воздуха и узел регенерации 5 (см. рис. 5, вид А). Запыленный газ под действием разрежения, создаваемого вентилятором, установленным за фильтром, поступает в нижнюю часть аппарата. Проходя через фильтровальные элементы, газ очищается от пыли и выходит в камеру очищенного газа, откуда через узел регенерации поступает в собирающий коллектор 4.

Широкое использование керамических и металлокерамических фильтровальных элементов для улавливания твердых аэрозолей сдерживается их высокой стоимостью, значительным гидравлическим сопротивлением и ограниченным сроком эксплуатации. Однако высокая эффективность пылеулавливания, соблюдение экологических норм и требований, сравнительно низкие эксплуатационные затраты делают эти фильтры перспективными при внедрении их в производство. Все эти факторы особенно актуальны при анализе данных медико-экологической ситуации в крупных промышленных мегаполисах [5].

Список литературы

1. Krasovickij J.V., Baltrėnas P., Kolbeschkin B.G., Dobrosotskij V.P., Koltsov G.V. Aerodynamische Verfahren zur Erhöhung der Leistungserzeugung der Entstaubung, Monographie. – Vilnius : Technika, 2006. – 352 S.

2. Энергосберегающее пылеулавливание при производстве керамических пигментов по «сухому» способу / В.А. Горемыкин [и др.]. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2001. – 296 с.

3. Красовицкий, Ю.В. Обеспыливание газов зернистыми слоями / Ю.В. Красовицкий, В.В. Дуров. – М. : Химия, 1991. – 192 с.

4. Улавливание и утилизация пыли при сушке гранулированных материалов / В.П. Добросоцкий [и др.] // Научные труды III Всероссийской научно-практической конференции «Экологические проблемы промышленных городов» / Саратов. гос. техн. ун-т. – Саратов, 2007. – С. 85–88.

New Design Solutions to Grain Filters and Prospects of their Application for Heat Drying in Chemical and Food Technology

Yu.V. Krasovitsky¹, E.V. Romanyuk¹, R.A. Vazhinsky², N.N. Lobacheva¹

*Voronezh State Technological Academy (1);
Semiluisk Construction Materials Complex (2)*

Key words and phrases: dust collection under heat drying; grain filters; high-temperature processes; metal ceramic filters.

Abstract: The paper studies the peculiarities of application of filters with combined structure of grain layer for highly-efficient and energy-saving dust collection. Technical and technological advantages of these filters application are considered.

**Neue konstruktive Lösungen der Kornfiltern und Aussichten
ihrer Verwendung bei dem Wärmetrocknen
in der Chemisch- und Nahrungstechnologie**

Zusammenfassung: Es sind die Besonderheiten der Anwendung der Filter mit dem gebundenen Struktur der Kornschichte für die hocheffektiven und energiesparenden Entstaubung betrachtet. Es sind die technischen und technologischen Vorteile der Verwendung solcher Filter betrachtet.

**Nouvelles solutions constructives des filtres granulaires et perspectives
de leur emploi lors du séchage thermique dans les
technologies chimiques et alimentaires**

Résumé: Sont examinées les particularités de l'application des filtres avec la structure liée de la couche poreuse pour le captage de poussière efficace et conservant de l'énergie. Sont envisagés les avantages techniques et technologiques de ces filtres.
