

*Ю.А. Герасимова, А.Е. Бураков, А.Е. Кучерова,
А.С. Заикин, О.Ю. Яцишина**

ТОНКАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВЫХ СРЕД

Вредные вещества, находящиеся в воздухе в виде аэрозолей, состоят из твердых частичек или жидких капелек, распределенных в воздухе. Такие вещества могут вызывать краткосрочные или долгосрочные проблемы со здоровьем, повреждая легкие или проникая в кровеносную систему. Аэрозольные частички размером более 100 микрон в диаметре обычно быстро оседают под действием силы тяжести и не представляют опасности. Более мелкие частички в состоянии находиться в воздухе достаточно долго, чтобы проникнуть с воздухом в респираторный тракт. Чем меньше размер частичек, тем дольше они находятся в воздухе и тем больше вероятности их проникновения в органы дыхания. Частички диаметром менее 10 микрон называются вдыхаемыми, они способны достигать зоны газообмена в легких человека. Аэрозоли могут быть в виде пыли, туманов или дымов.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А.Г. Ткачева.

Аэрозольная пыль образуется в процессе разрушения твердых материалов (например, во время размалывания или шлифовки твердых минералов), при рассеивании в воздухе мелкого порошка (работа с цементом, мукой и подобными материалами) или от ранее осевшей пыли. Некоторые пыли могут принимать аэрозольный характер в виде волокон, например стекловолокно или другие синтетические волокна. Длина волокон, по крайней мере, в три раза больше их ширины и такая форма обуславливает специфику их осаждения в респираторном тракте.

Туманы – это крошечные капельки, формируемые в процессе перехода жидкости в дисперсное состояние, например во время разбрызгивания или распыления. Масляные туманы часто образуются в процессах резки и шлифовки, кислотные туманы присутствуют при нанесении гальванических покрытий, туманы красок образуются при окрашивании распылением.

Одна из разновидностей пыли и туманов – это микробиологическая аэрозоль. Такие виды аэрозолей образуются при проведении работ по хранению и переработке зерновых культур, в текстильной и хлебопекарной промышленности, пивоварении и т.п. Микробиологические аэрозоли могут образовываться в процессах переработки и утилизации промышленных и бытовых отходов. В больницах и поликлиниках вирусы и бактерии могут присутствовать в воздухе помещений.

Дымы образуются в процессах горения и испарения материалов под действием высоких температур. Пары быстро охлаждаются и конденсируются, превращаясь в очень мелкие частички диаметром менее 1 микрона, которые свободно распространяются в воздухе. В большинстве случаев горячие частички реагируют с воздухом и формируют оксиды. Сварочные работы и другие процессы, генерирующие пары расплавленных металлов, могут быть источниками дымов. В некоторых случаях различные виды аэрозолей могут образовываться при проведении одной производственной операции. Например, сварка может генерировать металлическую пыль и дым одновременно.

В настоящее время вопросам теории фильтрации во всем мире уделяется повышенное внимание. Теоретические и экспериментальные исследования проводятся во многих университетах и фирмах. Исследуется специфика улавливания частиц в разных конкретных условиях с целью выдачи рекомендаций по условиям эксплуатации определенных фильтров или с целью разработки новых фильтрующих материалов для заданных условий. Тонкая очистка воздуха и газов оказалась востребованной не только в высоких технологиях, но и во многих технологических процессах, где раньше требования к очистке не были столь велики. Решение традиционных проблем очистки вентиляционных выбросов на атомных электростанциях и других подобных предприятиях и приточной вентиляции для чистых комнат и чистых зон в

микроэлектронике и медицинских учреждениях, а также защиты органов дыхания связано со стремлением разработать фильтр с наименьшим сопротивлением потоку. Масштабы объемов очищаемого воздуха огромны и постоянно растут, так что экономически целесообразно снижать энергетические затраты на прокачку воздуха через фильтры, да и при использовании респиратора человек никогда не смирится с затрудненным дыханием, особенно при физической нагрузке. В первом случае эта проблема решается путем развертки фильтрующего материала в объеме фильтра, например путем гофрирования, во втором – путем интенсификации процесса пылеулавливания за счет электростатических эффектов осаждения, которые реализуются в фильтрах ФП или в фильтрах из электретных волокон. При решении многих задач очистки технологических газов, в том числе агрессивных, горячих, сжатых и разреженных, и при отборе проб аэрозолей также требуются фильтры с малым перепадом давления [1].

Таким образом, для решения проблем высокоэффективного пылеулавливания необходим фильтрующий материал, обладающий заданной эффективностью улавливания при минимально возможном сопротивлении.

С целью обеспечения максимального расхода газа через пористую оболочку на волокне-носителе необходимо, чтобы сопротивление потоку внутри оболочки было минимальным. Это может быть максимальным образом достигнуто применением наноразмерных волокон, образующих пористую оболочку, тем более, что с уменьшением их диаметра возрастает влияние эффекта скольжения газа на поверхности этих волокон, который характеризуется тем, что с ростом числа Кнудсена величина перепада давления на фильтре падает при постоянной скорости течения, при этом осаждение аэрозольных частиц возрастает.

Авторами разработана технология модифицирования фильтровальных высокотемпературных неорганических волокон путем газофазного химического осаждения на них высокопористой структуры углеродных нанотрубок (УНТ) (технологическая схема производства и оборудование для его получения спроектированы ООО «НаноТех-Центр», г. Тамбов).

Предлагаемая технология создания фильтрующего элемента, модифицированного УНТ, включает следующие стадии:

- приготовление и активация исходного раствора гетерогенной металлоксидной каталитической системы (основные компоненты: Ni, Co, Y, Mo, Mg, Al);
- подбор и предварительная обработка материала-носителя (механическая, химическая и т.д.);
- процесс пропитки образца волокнистого фильтрующего элемента исходным раствором веществ-прекурсоров катализатора синтеза УНТ [2];

- процесс термической обработки пропитанного образца на воздухе при температуре 500 – 600 °С;
- процесс газофазного химического осаждения УНТ на подготовленном таким образом образце в промышленном реакторе ($t_{пр} = 650$ °С).
- процесс финишной обработки полученного материала (механическое и химическое удаление примесей и агломератов УНТ, не зафиксированных на волокнах-носителях).

Фильтрующие волокна, модифицированные УНТ, обладают следующими преимуществами:

- практически не содержат аморфного углерода и частиц катализатора;
- при равномерном распределении катализатора на поверхности волокон происходит формирование сплошного нановолокнистого слоя углерода;
- зарождение УНТ происходит непосредственно на поверхности волокон, что обеспечивает хорошую адгезию между выращенным слоем УНТ и основой.

Результаты сканирующей электронной микроскопии опытных образцов модифицированных материалов, полученных в соответствии с разработанной технологией, представлены на рис. 1.

В лаборатории дисперсных систем РНЦ «Курчатовский институт» (г. Москва) получено заключение о применении образцов высокопористых материалов, модифицированных слоем УНТ, для тонкой фильтрации газов, свидетельствующее, что опытные образцы могут быть использованы:

- в качестве финишных фильтров для суперочистки газов;
- для очистки сжатых газов (волокна диаметром $d = 0,5 \dots 3$ мкм, толщина слоя УНТ $0,1 \dots 0,2d$);
- для регенерируемых фильтров (фильтры для очистки воздуха от пыли для двигателей внутреннего сгорания);
- для демистеров (туmanoуловителей).

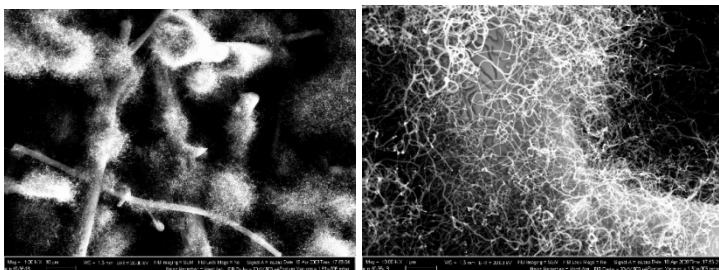


Рис. 1. Кремниевые волокна фильтра, покрытые слоем УНТ

Таким образом, можно сделать следующий вывод: разработана эффективная технология модифицирования неорганических высокотемпературных волокнистых материалов углеродными нанотрубками, позволяющая создавать фильтровальные материалы, обеспечивающие требуемое качество очистки газовых сред для заданных условий эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Langmuir, Report on Smokes and Filters. Section I. U.S. Office of Scientific Research and Development. – 1942. – No 865. – Pt. IV.
2. Бураков, А.Е. Применение углеродных нанотрубок для повышения эффективности работы волокнистых фильтров сверхтонкого обеспыливания газов / А.Е. Бураков, Е.А. Буракова, И.В. Иванова // Вестник Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – Т. 16, № 3.

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