

УДК 620.22

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ФИЛЬТРУЮЩИХ ТКАНЕЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Карпенко Е.И., Семченко С.А.  
(ДонНТУ, Донецк, Украина)

*Данная статья дает краткую характеристику существующих фильтровальных тканей и объекта фильтрации - сточных вод. Для улучшения фильтрующих, прочностных, антибактериальных и других специальных свойств фильтровальной ткани предложена нанотехнологическая обработка их наночастицами, основные методы получения которых также приведены.*

В регионе Донбасса с населением около 10 млн. человек наблюдается дефицит чистой пресной воды и в то же время количество образующихся сточных вод составляет 2 млрд. м<sup>3</sup> в год. Поэтому необходимо совершенствовать существующие методы очистки сточных вод и разрабатывать новые.

Сточные воды - это воды, использованные на бытовые, производственные или другие нужды и загрязненные различными примесями, изменившими их первоначальный химический состав и физические свойства, а также воды, стекающие с территории населенных пунктов и промышленных предприятий в результате выпадения атмосферных осадков или поливки улиц.

Сточные воды подразделяются на три основные категории в зависимости от происхождения, вида и состава : бытовые, производственные, атмосферные.

Особое внимание следует уделить самому безобидному на первый взгляд виду сточных вод: бытовым. Бытовые сточные воды (от туалетных комнат, душевых, кухонь, бань, прачечных, столовых, больниц; поступающие от жилых и общественных зданий, а также от бытовых помещений) образуются в результате практической деятельности и жизнедеятельности людей.

Содержащиеся примеси подразделяются на минеральные и органические. Минеральные загрязнения в бытовых сточных водах: в виде нерастворенного вещества - 5 %, суспензии - 5 %, коллоиды - 2 % и растворимые вещества - 30 %. Органические вещества: нерастворимые - 15 %, суспензии - 15 %, коллоиды - 8% и растворимые - 20 %. Органические вещества бытовых сточных вод можно разделить на две группы: безазотистые и азотосодержащие вещества. Основная часть безазотистых органических веществ - углеводы и жиры. Азотосодержащие органические соединения состоят из белков и продуктов их гидролиза. Бытовые сточные воды имеют обычно слабощелочную реакцию среды (рН=7,2 - 7,8). Особую форму примеси бытовых сточных вод представляют микроорганизмы. Иногда могут присутствовать и болезнетворные формы микроорганизмов (бактерии и вирусы).

Очистка сточных вод производится ступенчато. Предшествует механическая очистка, затем следует биологическая или физико-химическая очистка. Фильтрация при помощи фильтров типа ФПАКМ - тонкая механическая очистка, которая не является первоочередной, но в то же время позволяет уловить частицы до 1 мкм. Фильтрующим элементом в данном случае является фильтровальная ткань, которая в настоящее время может изготавливаться из таких волокон, как: хлопковое, шерстяные, асбестовое стеклянное, полиэфирное (лавсановое), хлориновое, полиамидное (капроновое).

Примером ткани для фильтра ФПАКМ может являться ткань из полиамидных волокон. Она характеризуется высокой устойчивостью к истиранию и воздействию знакопеременных нагрузок растяжение - сжатие, обладают хорошей устойчивостью к

щелочным средам. Фильтровальные ткани из капрона длительно выдерживают температуру 90 °С. Основные свойства полиамидных нитей приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Свойства поликапроамидной технической нити

Плотность, г/см <sup>3</sup>	Линейная плотность, текс.	Число элементарных нитей	Относит. прочность, сН/текс	Относит. удлинение при разрыве, %	Модуль деформации растяжения, ГПа	Число двойных изгибов до разрушения (нагрузка 50 МПа), тыс.
1,13-1,15	29-187	40-280	60-80	15-20	3-5	25-30

Для повышения износостойкости ткани предложено напыление ее наночастицами металлов. Одно из свойств нанокристаллических материалов - высокая твердость, которая характеризует сопротивление материала упругой и пластической деформации. Размер зерен оказывает заметное влияние на него, это подтверждает закон Холла-Петча:

$$\sigma_y = \sigma_0 + k_y d^{-1/2},$$

где  $\sigma_0$  -- внутреннее напряжение, препятствующее движению дислокации;  $k_y$  - постоянная.

При температуре  $T/T_m < 0,4 - 0,5$  ( $T_m$  - температура плавления) микротвердость по Виккерсу связана с пределом текучести  $\sigma_y$  эмпирическим соотношением:

$$H_v / \sigma_y \approx 3;$$

Отсюда следует, что:

$$H_v \approx H_0 + k d^{-1/2};$$

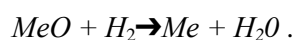
где  $H_0$  - постоянная.

Следовательно, уменьшение размера зерен должно приводить к заметному изменению механических свойств, и в частности к упрочнению материала при уменьшении  $\gamma$ . Однако, влияние размера зерен на прочностные свойства нанокристаллического материала неоднозначно и зависит от соотношения между изменениями предела текучести и скорости деформации. Также нужно учитывать возможное увеличение коэффициента зернограничной диффузии при уменьшении размера зерен. Согласно обобщенных результатов измерений твердости нанокристаллических металлов, твердость образцов увеличивается при уменьшении  $\gamma$  до 4-6 нм. В этом диапазоне зависимость  $H_v$  от  $d^{-1/2}$  подчиняется закону Холла-Петча. В области малых значений  $\gamma$  твердость нанокристаллических материалов понижается в результате того, что объемная доля тройных стыков становится больше объемной доли границ зерен [2].

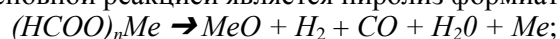
Вследствие этого предложена обработка ткани нанопорошком N1  $\gamma$  до 4-6 нм.

Получение данного порошка возможно нижеперечисленными методами.

Восстановление и термическое разложение. Нанопорошки N1 и ряда других металлов получают восстановлением их оксидов, полученных при пиролизе, водородом и углекислым газом:



В данном случае основной реакцией является пиролиз формиатов:

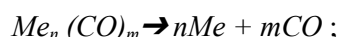


примечательно то, что при пиролизе N1, преобладает выход свободного металла. Средний размер получаемых частиц металла 100-300 нм.

Также используются твердые восстановители: углерод, металлы или гидриды металлов. Как правило, размер частиц находится в пределах 10.. 30 нм.

Температура разложения формиатов возрастает в порядке  $Fe \rightarrow Ni \rightarrow Co \rightarrow Cu$ , этот фактор повлиял на выбор в качестве наночастиц металла наночастицы Ni.

Также нанопорошок Ni можно получить за счет реакции диссоциации карбониллов металлов при температуре 773 К:



Результат - полиметаллические пленки с размерами кристаллитов  $\approx 20$  нм [1].

Способ испарения. При применении данного способа Ni испаряется путем интенсифицированного нагрева (плазма, лазер, электрическая дуга, печь сопротивления, индукционным способом, пропусканием электрического тока через проволоку), с помощью газа-носителя подается в реакционное пространство, где резко охлаждается. Испарение и конденсацию проводят в вакууме, в инертном газе, в потоке газа или плазмы. В атмосфере гелия частицы будут иметь меньший размер, чем в атмосфере аргона, так как это более плотный газ. Размер частиц - до 100 нм.

Ударно-волновой синтез. Крупностью до 100 нм можно получить частицы уже отвердившимся способом электрического взрыва проволок. Проволоку Ni помещают между электродами в реакторе в атмосфере гелия или аргона и подают импульс тока большой силы ( $10^4$ - $10^6$  А/мм<sup>2</sup>). При мгновенном разогреве и испарении проволок пары металла разлетаются, охлаждаются и конденсируются, наночастицы оседают в реакторе. Примечательно то, что при увеличении плотности потока и сокращении длительности импульса наблюдается уменьшение среднего размера частиц, следовательно, возможно достичь размеров наночастиц Ni, максимально приближенных к необходимым.

Во избежание взаимодействия наночастиц с окружающей средой возможно понизить поверхностную энергию частиц с помощью нанесения поверхностноактивных веществ [3].

Для получения не только прочностных, но и обеззараживающих свойств, на ткань нужно нанести наночастицы серебра (рис. 1). Метод напыления металлов был предложен лабораторией ионно-плазменных процессов Ивановского химикотехнологического университета (Б. Горберг).

Сущность метода состоит в следующем: фильтровальную ткань пропускают через плазму, состоящую из частиц газа аргона, который разгоняют в вакууме электромагнитным полем. Выбиваемые из металлической пластины атомы создают на ткани напыление в несколько нанометров (рис. 2)

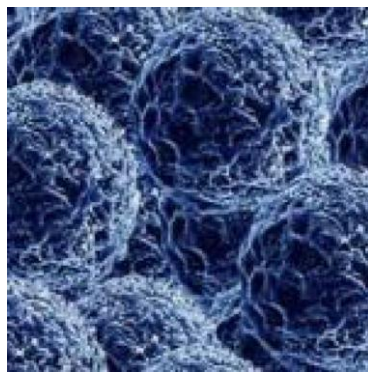


Рисунок 1 - Наночастицы серебра

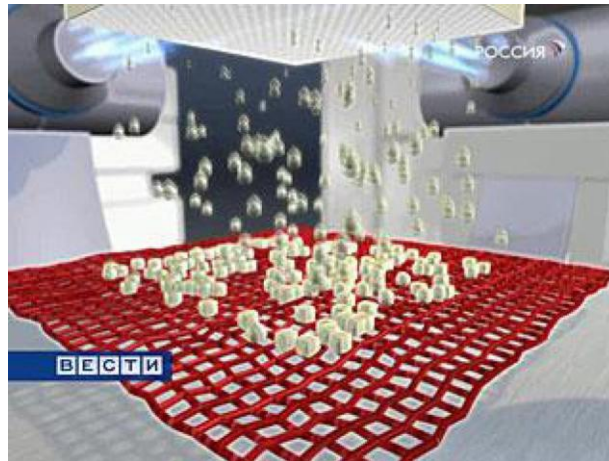


Рисунок 2 - Процесс напыления наночастиц металлов на ткань

Для обеспечения комплексного бактерицидного действия возможно нанесение на штуцеры и трубы для подачи суспензии бактерицидной пленки, созданной швейцарским исследователем профессором Венделином Штарком. Производство бактерицидной пленки состоит в следующем: частицы серебра диаметром 1-2 нм покрываются частицами фосфата калия диаметром 20-50 нм, весьма привлекательным для бактерий, и наносятся на самоклеющуюся полимерную пленку. Преимуществами данного покрытия являются значительный бактерицидный эффект (пленка превосходит в 1000 раз известные до этого препараты серебра), низкая концентрация наночастиц серебра, что позволяет сделать пленку доступной по цене.

Использование нанотехнологий для придания новых свойств с целью улавливания и обезвреживания веществ в жидкостях на уже существующем оборудовании и при создании принципиально нового является очень перспективным. Объектами для использования данной технологии могут быть рукавные фильтры, барабанные вакуум-фильтры, фильтр-прессы, дисковые вакуум-фильтры.

Необходимо отметить, что в данной работе не рассмотрены некоторые проблемы, которые неизменно возникнут при использовании наноматериалов: вследствие большой объемной доли границ зерен наноматериалы склонны к коррозии; структура наноматериалов нестабильна, и при работе фильтровальной ткани могут наблюдаться явления распада, кристаллизации, заплывания нанопор, слипания частиц. Возможность их преодоления станет возможной уже в недалеком будущем благодаря быстрым темпам развития науки о нанотехнологиях.

#### **Список литературы:**

1. Генералов М.Б. Криохимическая нанотехнология: Учеб. пособие для вузов. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. - 325 с.
2. Гусев А.И. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства. - Екатеринбург: УрО РАН, 1998. - 199 с.
3. Новые материалы. Под научной редакцией Ю.С. Карбасова. - М.: «МИСИС», 2002. - 736 с.