

Способ концентрирования алмазных зольей с помощью трубчатых фторопластовых и керамических мембранных фильтров

Глазев Д.Ю., Куничан В.А.

Бийский технологический институт им. И.И. Ползунова, Бийск

Ларионова И.С., Полева Л.И., Кутакова Н.М.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный научно-производственный центр «Алтай», Бийск

Поступила в редакцию 10.07.2010 г.

Аннотация

Исследованы технологические особенности и закономерности процесса концентрирования алмазных зольей с применением трех видов фильтров: трубчатых керамических, фторопластовых, и фторопластовых с турбулизирующей поток вставкой. Проведен сравнительный анализ полученных результатов и обоснован выбор эффективных режимов ультрафильтрационного концентрирования наноразмерных алмазных зольей.

Ключевые слова: фильтры трубчатые, фильтры мембранные, фильтры фторопластовые, фильтры керамические

Technological features and the regularity of the concentration process of diamond sols using three kinds of filters: tubular ceramic, fluoroplastic, and fluoroplastic with an insert turbulizing flow have been studied. The comparative analysis of the received results has been performed and the choice of efficient regimes of ultrafiltration concentration of nano size diamond sols has been validated.

Keywords: filters tubular, filters membranous, filters fluoroplastic, filters ceramic

Введение

В настоящее время мембранные процессы составляют основу технологий очистки и разделения коллоидных и высокодисперсных систем и широко используются во многих отраслях промышленности, в частности: химической и нефтехимической - для разделения азеотропных смесей, очистки и концентрирования растворов; в биотехнологии и медицинской промышленности - для выделения и очистки биологически активных веществ, вакцин, ферментов; в пищевой промышленности - для концентрирования фруктовых и овощных соков, молока, получения высококачественного сахара и др. Наиболее широкое применение мембранные процессы нашли в технологиях водоподготовки, в том числе, очистки водных растворов, сточных вод и др.

Такое распространение мембранные процессы получили благодаря их неоспоримым достоинствам, а именно, высокой степени разделения обрабатываемых сред, возможности сочетания разделения компонентов со стерилизацией основного продукта, сравнительной простоте аппаратного оформления, малой энергоемкости и экономичности [1, 2].

В конце 80-х годов прошлого века процесс мембранной ультрафильтрации был впервые применен в технологическом цикле производства детонационных

наноалмазов (ФГУП «ФНПЦ «Алтай») [3, 4]. Ультрафильтрация стала одним из основных способов концентрирования и очистки наноалмазов от реакционных сред. Для этой цели в технологическом цикле использовались трубчатые фильтры марки БТУ-0,25/1 с фторопластовой мембраной Ф-1 (ЗАО НТЦ «Владипор», г. Владимир), выбор которых был обусловлен агрессивностью и высокой кислотностью разделяемых сред, наноразмерностью алмазной фазы. Достоинствами трубчатых фильтров являются высокая скорость разделения, возможность их очистки от накапливаемого осадка без разборки аппарата, в том числе использование противотока.

Однако фактором, снижающим скорость мембранной ультрафильтрации на фторопластовых фильтрах, является концентрационная поляризация дисперсной фазы, возникающая в пристеночном слое [1, 2, 5]. Образующийся при поляризации слой осадка создает гидравлическое сопротивление потоку фильтрата, что приводит к снижению скорости фильтрации. Нарастающий слой осадка может стать причиной выхода фильтров из строя. Снижения поляризации добиваются увеличением скорости потока обрабатываемой среды или применением устройств, изменяющих его структуру [6].

В последние годы на замену фторопластовым фильтрам приходят керамические, которые имеют более высокую механическую и термическую прочность, а также большую скорость фильтрации при меньших геометрических размерах.

Цель настоящей работы – поиск и обоснование выбора оптимальных режимов концентрирования алмазных золь с применением трубчатых мембранных фильтров различных конструкций.

Для достижения поставленных целей решались следующие задачи:

- исследовались технологические особенности и закономерности процесса концентрирования алмазных золь с применением трех видов фильтров: трубчатых керамических, фторопластовых, и фторопластовых фильтров со вставкой, турбулизирующей гидродинамический поток;

- проводился сравнительный анализ полученных результатов для обоснования выбора наиболее эффективных режимов ультрафильтрации и концентрирования наноразмерных алмазных золь.

Описание установки

Исследования проводились на установке ультрафильтрации, блок-схема которой приведена на рисунке 1. Установка включает центробежный насос (поз. 1) мощностью 0,68 кВт, максимальным напором 48 м и расходом 2,5 м³/ч, трубчатые ультрафильтры (фторопластовые и керамические) – поз. 2, емкости для ретанта (поз.3) объемом 15 л с рубашкой охлаждения, обеспечивающей регулирование температуры среды, манометров (поз. 4) с диапазоном измерения 0...10 атм, запорно-регулирующей арматуры (поз.5) в виде шаровых кранов, а также системы трубопроводов. Установка, трубопровод и все детали насоса выполнены из нержавеющей стали. Использовались фторопластовые фильтры марки БТУ-0,25/1 (ЗАО НТЦ «Владипор», РФ) и керамические фильтры фирмы Westfalia Separator Membraflow GmbH (ФРГ).

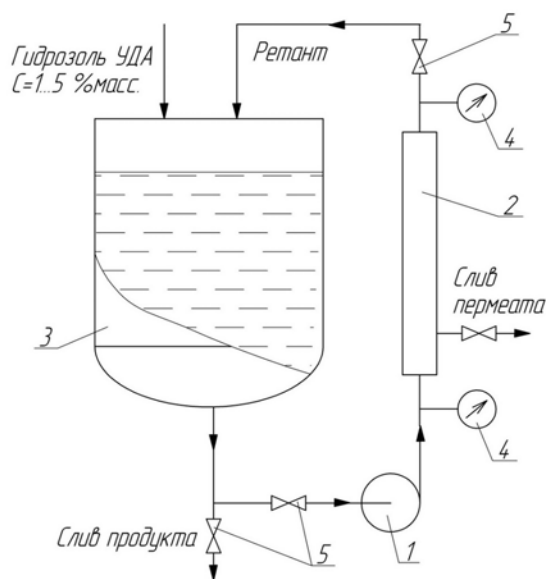


Рис. 1. Блок-схема ультрафильтрационной установки

Фторопластовые ультрафильтры представляют собой цилиндрические стеклопластиковые трубки с нанесенной на внутреннюю поверхность фторопластовой мембраной. Согласно паспорту изготовителя фильтры предназначены для обработки жидких смесей, содержащих взвешенные частицы, которые имеют или приобретают при переработке высокую вязкость. Длина используемых для экспериментов фильтров - 1 м, площадь фильтрации - 0,035 м², размер пор - 100 нм, рабочий диапазон температур - до 80 °С, кислотности сред рН (1–13).

Исходя из рекомендаций работы [6] для интенсификации процесса фильтрации и снижения поляризации нами была разработана вставка с турбулизирующим эффектом, выполненная в виде стеклопластикового стержня с насаженными цилиндрическими дисками диаметром 8 мм, которая помещалась в канал фильтра. Шаг между дисками рассчитан из соотношения $l/h = 10$, где l – шаг расположения выступов, мм; h – высота выступа, мм. В нашем случае $l = 30$ мм.

Керамические ультрафильтры представляют собой моноканал длиной 0,25 м с поверхностью фильтрации 0,0055 м². Корпус моноканала изготовлен из α – оксида алюминия с нанесенной на внутреннюю поверхность мембраной из диоксида циркония. Размер пор мембраны 100 нм. Согласно паспорта, керамическая подложка и мембрана химически стойки в диапазоне рН от 0 до 14, выдерживают температуру рабочих сред до 1000 °С и давление до 1 МПа. Керамические ультрафильтры предназначены для концентрирования и очистки золь с размерами частиц менее 1 мкм.

Эксперимент

Для проведения экспериментов использовался алмазный золь (технология производства ФГУП ФНПЦ «Алтай») марки УДА-В-ГО (партия №46-1), с концентрацией твердой фазы 1,45% масс и рН=5,0. Золь имел дисперсию распределения частиц от 5 до 500 нм.

Скорости потока среды в фильтрах задавались согласно рекомендациям [1] не менее 3 м/с, температура среды не превышала 35⁰С, среднее давление ультрафильтрации соответствовало значениям 2,0...2,2 атм. В процессе экспериментов контролировалось время процесса и объем.

Скорость фильтрации алмазного золя рассчитывалась по формуле $q = V/(St)$, где V – объем выделенного за время t пермеата, прошедшего через фильтрующую поверхность площадью S . Объем пермеата фиксировался каждые 10 минут, что позволяло отследить изменение концентрации дисперсной фазы и сравнить ее фактические значения с расчетными.

На основе полученных результатов построены зависимости скорости фильтрации от концентрации дисперсной фазы (рисунок 2) и изменение концентрации дисперсной фазы от времени (рисунок 3).

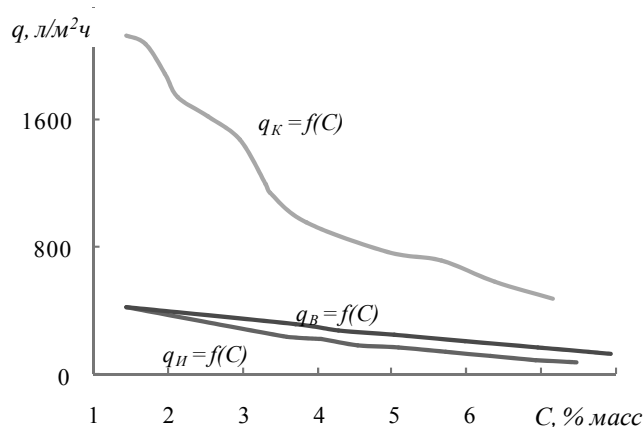


Рис. 2. Изменение скорости фильтрации на трех фильтрах при изменении концентрации алмазного золя. q_k – скорость фильтрации на керамическом фильтре; q_i – скорость фильтрации на исходном фторопластовом фильтре; q_v – скорость фильтрации на фторопластовом фильтре со вставкой

Опыт экспериментирования с разными режимами фильтрации алмазных золь и разными фильтрами представлен на рисунке 2. Сравнение скоростей трех процессов фильтрации показывает преимущества использования керамических фильтров. Процесс концентрирования алмазного золя от 1,45 до 4% массы дисперсной фазы на керамическом фильтре протекает в 4-6 раз быстрее, от концентрации 4 до 8% массы в 4-3 раза, что может обеспечить большую производительность технологическому процессу и позволит сократить энергозатраты. В тоже время, эффект поляризации на фторопластовых фильтрах выражен меньше. Применение турбулизирующей вставки позволяет его дополнительно снизить и увеличить проницаемость фторопластового фильтра в среднем в 1,3 раза. Особенно эффективно применение турбулизирующей вставки при работе с концентрированными золями. При изменении концентрации от 1,45 до 5% масс и выше скорость фильтрации на фторопластовом фильтре снижается с 330 до 50 л/м²ч, что делает процесс экономически нецелесообразным. Использование турбулизирующей вставки позволяет повысить проницаемость мембран, увеличить производительность процесса и получать алмазные золи с концентрацией твердой фазы 10 % масс.

Чтобы проиллюстрировать процесс концентрирования при использовании керамических и фторопластовых фильтров были определены концентрации в разные

промежутки времени в течение всего процесса. На рисунке 3 представлены зависимости, отражающие динамику изменения концентрации алмазного золя от времени. При одинаковой поверхности фильтрации ($0,035 \text{ м}^2$) сгущение алмазного золя с концентрации 1,45% до 7,5% на керамическом фильтре происходит за 15 минут, на фторопластовом – за 130 минут.

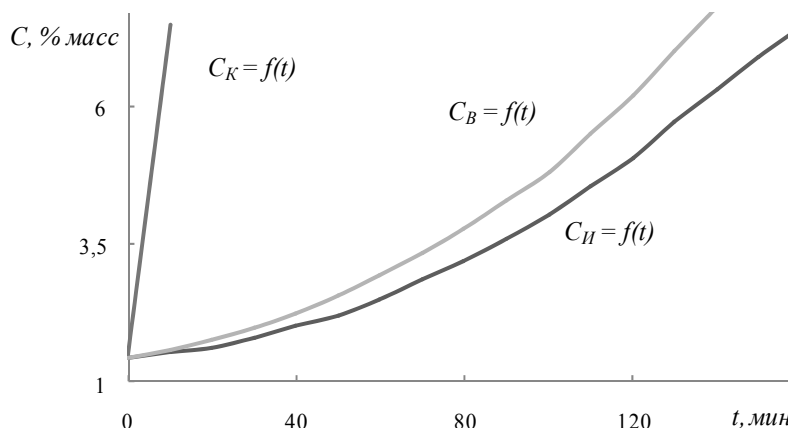


Рис. 3. Изменение концентрации алмазного золя во времени при концентрировании на керамическом, фторопластовом исходном и фторопластовом фильтре со вставкой. C_K – концентрация алмазного золя на керамическом фильтре; $C_И$ – концентрация алмазного золя на исходном фторопластовом фильтре; C_B – концентрация алмазного золя на фторопластовом фильтре со вставкой

Заключение

В ходе проведенного исследования установлены технологические особенности и закономерности процесса концентрирования алмазных золь с применением трех видов фильтров: трубчатых керамических, фторопластовых, и фторопластовых фильтров с турбулизирующей поток вставкой. Проведен сравнительный анализ полученных результатов и обоснован выбор эффективных режимов ультрафильтрационного концентрирования наноразмерных алмазных золь.

Сравнительный анализ фильтрующих способностей показал преимущества керамических фильтров для технологических целей производства алмазных продуктов высокой степени чистоты. Скорость фильтрации золь на керамических фильтрах в среднем в 3-4 раза выше, чем на фторопластовых. Экспериментально показано, что применение турбулизирующей вставки в трубчатом фторопластовом ультраfiltре позволяет повысить производительность процесса на 30%.

Список литературы

1. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. – М.: Химия, 1978.
2. Брок Т. Мембранная фильтрация: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987.
3. Сакович Г.В., Комаров В.Ф., Петров Е.А. Синтез, свойства, применение и производство наноразмерных синтетических алмазов // Сверхтвердые материалы. 2002. № 3. С. 3–18.

4. Программа № 28–90–940 по очистке от солей и сгущению суспензии УДА на фильтрах БТУ.–ФГУП «ФНПЦ «Алтай», 1990.
5. Хванг С.-Т., Калгермейер К. Мембранные процессы разделения. – М.: Химия, 1981. 464 с.
6. Элемент для разделения растворов методами обратного осмоса и ультрафильтрации: А.с. 521902 РФ, МКИ В01D13/00, В01D31/00 / А.А. Яминов, Д.Л. Майэлик, В.М. Богомолова, А.К. Орлов, Е.А. Котяхов, М.У. Миропольский. – Оpubл. в Б. И. – №27. – 1976.
7. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Ярхо С.А. Интенсификация теплообмена в каналах. – М., Машиностроение, 1972. С. 220.

Глазев Дмитрий Юрьевич – аспирант, Бийский технологический институт им. И.И. Ползунова, Бийск

Куничан Владимир Александрович – к.т.н., проф., заведующий кафедрой «Машины и аппараты химических и пищевых производств», Бийский технологический институт им. И.И. Ползунова, Бийск

Ларионова Ирина Семеновна - заведующая лабораторией наноалмазов; Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный научно-производственный центр «Алтай», Бийск

Полева Людмила Ивановна - вед. инженер лаборатории наноалмазов; Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный научно-производственный центр «Алтай», Бийск

Кутакова Надежда Михайловна - инженер лаборатории наноалмазов, Федеральное государственное унитарное предприятие «Федеральный научно-производственный центр «Алтай», Бийск

Glazev Dmitry Ju. - the post-graduate student, the Polzunov's Technological Institute, Biysk, e-mail: biysk300@mail.ru

Kunichan Vladimir A. - managing chair «Machines and apparatuses of chemical and alimentary manufactures », Cand.Tech.Sci., the professor; the Polzunov's Technological Institute, Biysk

Larionova Irina S. - laboratory of nanodiamonds manager; the Federal State Unitary Enterprise Federal Research & Production Center ALTAI, Biysk

Poleva Lyudmila I. - laboratory of nanodiamonds leading engineer, the Federal State Unitary Enterprise Federal Research & Production Center ALTAI, Biysk

Kutakova Nadezhda M. - laboratory of nanodiamonds engineer, the Federal State Unitary Enterprise Federal Research & Production Center ALTAI, Biysk

УДК 546.41-185

Взаимодействие гидроксипатита кальция и метилцеллюлозы при их совместном осаждении

Захаров Н.А., Сенцов М.Ю.

Институт общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова РАН, Москва

Поступила в редакцию 2.09.2010 г.