

Кратко описываются способ мембранной фильтрации, области ее применения, способы компоновки мембран и насосов, выбор материала, из которого изготавливается насосное оборудование.

Как известно, основа жизни на Земле — это вода. Поэтому большая часть процессов, в основе которых — обслуживание потребностей человека, так или иначе, с ней связана. К сожалению, в результате хозяйственной деятельности пресная вода в возобновляемых источниках (реках, озерах и пр.) все чаще подвергается загрязнению, что отрицательно влияет на окружающую среду. Поэтому в настоящее время актуален вопрос об очистке сточных вод и их многократном использовании в процессах промышленного производства. Кроме того, нехватка пресной питьевой воды в целом ряде регионов заставляет заниматься поисками способов эффективного опреснения и очистки морской и соленой скважинной воды. Одним из таких, ныне широко применяемых способов является мембранная фильтрация.

Мембранная фильтрация — процесс разделения веществ на полупроницаемой мембране. До 60-х гг. XX века этот способ широко не использовался, несмотря на то, что сами процессы были хорошо изучены. Внедрению технологии мешала низкая производительность установок при высоких эксплуатационных расходах. Лишь после изготовления мембран из ацетата целлюлозы удалось решить основные проблемы процесса — образование солевого налета на мембране и ее низкую механическую стойкость. В настоящее время помимо ацетата целлюлозы используют целый ряд современных материалов (например, дифторид поливинилдиена и полисульфон).

Особенностью мембран является способность пропускать молекулы растворителя, задерживая молекулы растворенного вещества. Градиент концентраций по толщине мембраны инициирует процесс. Движущей силой фильтрации могут быть давление, электрические или химические процессы.

Наиболее распространенный в живой природе прямой осмос основан на химических явлениях (движущей силой в данном случае является разность концентраций в растворах: растворитель стремится через мембрану в более насыщенный раствор, пока не наступит осмотическое равновесие). Электродиализ, часто применяемый в медицине, использует способность ионов в электрическом поле двигаться к погруженному в воду разноименному электроду, при этом мембрана пропускает только соответственно заряженные ионы. И, наконец, наиболее широко распространенный в промышленности обратный осмос использует в качестве движущей силы внешнее, создаваемое насосом, давление.

Общим для всех видов мембранной фильтрации является проточность потока раствора. Это значит, что исходная вода под действием движущей силы течет вдоль мембраны и разделяется на два потока: *пермеат* (раствор, проникший через мембрану) и *концентрат* (оставшийся концентрированный раствор).

В настоящее время под термином "мембранная фильтрация" принято подразумевать фильтрацию с использованием внешнего давления или баромембранные процессы. В общем, все баромембранные процессы по размеру фильтруемых частиц и оптимальному давлению подразделяются на четыре типа:

- микрофильтрация (МФ) — фильтрует микрочастицы и большие молекулы, в том числе бактерии и коллоиды, 0,2...1 бар;
- ультрафильтрация (УФ) — вирусы, некоторые протеины, коллоидный углерод, 2...15 бар;
- нанофильтрация (НФ) — сахара, некоторые ионы, 10...40 бар;
- обратный осмос (ОО) — ионы металлов, 15...70 бар.

Необходимость создания высоких давлений предполагает установку в систему мембранной фильтрации многоступенчатых центробежных насосов, способных "продавить" исходную воду сквозь мембрану. При этом заданный диапазон давления должен строго выдерживаться, так как при давлении выше оптимального происходит "сжатие" мембраны, деформация ее пор, и процесс становится неэффективным.

Процессы баромембранной фильтрации широко применяются во многих областях промышленности. В основном это такие отрасли, как химическая и нефтехимическая промышленность, очистка сточных вод, водоподготовка, опреснение морской воды. Чтобы точнее ориентироваться в терминах, приведем общепринятую классификацию вод по их солености, мг/л хлоридов: грунтовые пресные воды — до 500; солоноватые воды (глубокие артезианские скважины) — 500...5000; морская вода (в реальности соленость морской воды составляет свыше 20000 мг/л) — свыше 5000.

В силу насыщенности солями морская и солоноватая вода обладают очень высокими коррозионными свойствами. Кроме того, при нагреве (а системы обратного осмоса могут работать и с горячими рассолами) данные свойства повышаются. Все это не может не накладывать специальных ограничений на насосы, создающие давление в системах мембранной фильтрации.

Для разных конечных целей используют разные варианты компоновки мембран и насосов. Так, для систем опреснения незагрязненной морской воды требуются *одинарные схемы*, где необходимый расход и напор обеспечивает один насос. После прохождения мембраны пермеат покидает систему под атмосферным давлением, а концентрат остается под избыточным давлением за счет клапана. Мембрана не загрязняется из-за скорости потока перед ней. В подобных системах иногда бывает недостаточно расхода, обеспечиваемого питающим насосом, и в схему встраивают

дополнительный агрегат с большой подачей. Такой насос называется *рециркуляционным*. Обычно его использование оправдано в системах с более загрязненной водой для целей макро- и ультрафильтрации.

Для больших объемов очень загрязненных жидкостей применяется схема "петля", состоящая из последовательности "петель" — параллельных звеньев, следующих друг за другом. В каждой из параллелей установлен свой рециркуляционный насос. Обычно, на одну насосную станцию приходится несколько (3...5) подобных "петель".

А для очень больших объемов (водоподготовка при обработке слабосоленой скважинной воды) рециркуляционный насос устанавливать нежелательно. Здесь применяется схема "рождественской елки", состоящая из сочетания параллельных и последовательных модулей.

Несмотря на то, что наиболее дешевым конструктивным материалом для подобных насосов является чугун, он начинает корродировать уже в слабокислой среде (рН около 6,5). Причиной коррозии является растворенная в воде углекислота. Чугун категорически неприменим, когда водородный потенциал опускается ниже 6,5.

Более приемлемым выбором является бронза. Но если в растворе присутствуют аммиачные компоненты (возможно при очистке бытовых и сельскохозяйственных сточных вод), риск коррозионного разрушения многократно возрастает.

По этим причинам при выборе насосного оборудования рекомендуется отдать предпочтение нержавеющей стали (с содержанием хрома не менее 12%) или титану. Помимо коррозионностойкости эти материалы, благодаря оксидной пленке на поверхности деталей, успешно противостоят высоким скоростям потока, не подвергаясь эрозии. Если в схеме предусмотрена промывка мембраны специальными кислотосодержащими растворами, то выбор нержавеющей стали или титана становится зачастую единственно возможным вариантом. Отметим, что на коррозионностойкость влияют и эксплуатационные факторы — кавитация или усталость материала.

Еще одной проблемой, регулярно возникающей при обратноосмотических процессах, является осаждение кристаллических солей вдоль мембраны. Естественно, что при длительной эксплуатации твердый осадок "забивает" мембрану, приводя к снижению ее селективности и производительности. Для того, чтобы избежать этой проблемы, предусматривается регулярная очистка при помощи специального реагента. Безусловно, это требует остановки системы. Для уменьшения простоев и увеличения периодов между очистками в подаваемую воду рекомендуется добавлять ингибиторы кристаллизации. Их внесение в систему удобно производить специальными цифровыми дозирующими насосами с шаговым приводом, управляемыми с единого пульта на основании изменения контрольных параметров. Применение таких дозаторов позволяет оптимизировать расход дорогих ингибиторов.

Так как сейчас все больше внимания уделяется энергоэффективности установок обратного осмоса, разработаны способы использования потенциальной энергии концентрата, остающегося под давлением после отделения пермеата. Современные системы рекуперации, основанные на принципах обмена давления, могут возвра-

щать до 90% энергии концентрата. Излишек давления передается на турбину, которая снабжает энергией или отдельный питающий насос, или передает вращение на вал основного насоса. Особенно выгодно использование систем рекуперации при высоконапорном обратном осмосе (например, при опреснении морской воды).

Поскольку расчет таких систем очень сложен, производители поставляют так называемые контейнерные системы обратного осмоса, т. е. установку в сборе. В подобных контейнерах уже смонтирован высоконапорный бустерный модуль с рекуперационной турбиной (например, GRUNDFOS типа BMET).

В качестве удачного примера баромембранной водоподготовки можно привести смонтированную фирмой Экодар низконапорную обратноосмотическую систему для линии производства соков Мултон в г. Шелково (соки "Добрый" и "Рич"). Исходная вода с минерализацией 350...400 мг/л после обезжелезивания, умягчения и ультрафиолетового обеззараживания поступает на две параллельные обратноосмотические установки с производительностью по 50 м³ /ч каждая. Напор (10...20 бар) создается многоступенчатыми центробежными насосами GRUNDFOS типа CRN (нержавеющее исполнение). После мембраны OSMONICS пермеат при помощи станции GRUNDFOS HYDRO 2000 перекачивается в емкость для последующей ультрафиолетовой обработки и затем непосредственно уходит в производство. В системе предусмотрен блок химической промывки, снабженный также насосом CRN (в данном случае выбран высокий расход при низком напоре). Для предотвращения выпадения осадка на мембране при помощи цифрового дозирующего насоса GRUNDFOS типа DME вводится ингибитор осадка солей жесткости. Вся система управляется с единого пульта (шкафа).

После прохождения обратноосмотической системы вода соответствует ГОСТ 2874-82 "вода питьевая" и Сан-Пин 2.1.4.1074-01. Эти нормативные документы предусматривают жесткие требования по химическим и органолептическим показателям для воды в производстве безалкогольных напитков. В частности, общая жесткость не превышает 0,7 мг-экв/л, а натрий — 20 мг/л.

Следует заметить, что по сравнению с другими методами водоподготовки (например, ионообменом) технология обратного осмоса гораздо более чувствительна к качеству исходной воды и требует относительно больших капитальных затрат. А стоимость систем мембранной фильтрации в 1,5...3 раза превышает затраты на ионообменные установки. Однако с увеличением солености исходной воды, разница в капитальных вложениях существенно уменьшается, а для морской воды и рассолов может быть даже ниже, чем для установок ионного обмена. Кроме того, обратноосмотические системы не требуют затрат на возведение и эксплуатацию складских и вспомогательных помещений, обязательных при иных способах водоподготовки. Также немаловажным является и снижение общих эксплуатационных расходов, и уменьшение вредного воздействия на окружающую среду. Все это делает мембранные технологии чрезвычайно перспективными, и в дальнейшем они наверняка станут основными в системах водоподготовки промышленных предприятий.

Контактный телефон (095) 564-88-00.