

УДК 661.41

## СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ХЛОРА, ВОДОРОДА И ГИДРОКСИДА НАТРИЯ

Перих Е.Ю., студент гр. ХНБ -141, IV курс  
Научный руководитель: Исакова И.В., к.х.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Из электрохимических процессов, применяемых в химической промышленности, наиболее крупными по производственной мощности и наиболее важным по назначению для народного хозяйства страны в целом, является производство хлора и гидроксида натрия электролизом водного раствора хлорида натрия. Свыше 34 % хлора идет на производство поливинилхлорида, около 27 % его используется для получения изоцианатов, являющихся основным сырьем в производстве полиуретанов. Хлор необходим для обеззараживания воды в системах водоснабжения крупных городов. Основной потребитель гидроксида натрия (каустической соды) — целлюлозно-бумажная промышленность, также его используют для нейтрализации кислот, в фармацевтической и косметической промышленности, в процессе утилизации резины, в многочисленных процессах гальванотехники и цветной металлургии. Водород сразу используется в технологической цепочке. Однако, рыночная востребованность хлора и каустика неодинакова и несинхронна, а производятся они в едином технологическом цикле посредством электролиза водных растворов хлорида натрия, практически в равном между собой соотношении.

Хлорные производства являются крайне энергозатратными, а тарифы на электроэнергию для хлорных предприятий в России высоки. Необходимость решения проблемы сокращения энергопотребления, улучшения экологической ситуации и высокой степени изношенности оборудования (до 70 %) требует модернизации отрасли в целом [1]. Альтернативным решением может быть технология мембранного электролиза. Она является новой по сравнению с традиционными методами производства хлора и гидроксида натрия. В настоящее время новые производства создаются по мембранной технологии.

В процессе мембранного электролиза, анод и катод полностью разделены глухой перегородкой, непроницаемой ни для газов, ни для жидкостей и способной пропускать в заданном направлении лишь нужные ионы — в данном случае катионы ( $Na^+$ ) (рис.1.). Перегородка, обладающая такими свойствами, называется ионообменной мембраной. В качестве мембраны в современных электролизерах используют электропроводящие пленки из перфорированного полимера. Практика показала, что даже при квалифицированной эксплуатации, исключая отклонение от режимных норм, срок службы мембран, определяемый снижением показателей до допустимых пределов, не

превышает 4 лет. С учетом высокой стоимости мембран, актуально продление срока службы путем регенерации [4].

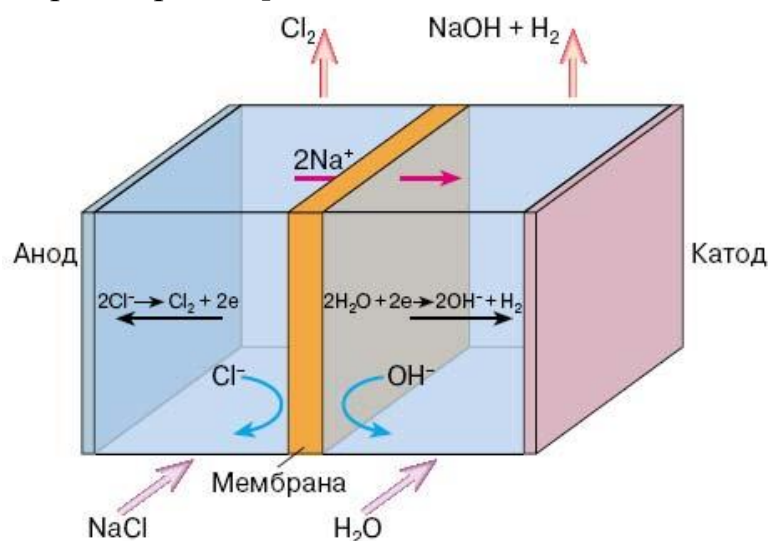


Рис.1. Схема электролиза с ионообменной мембраной

Все выпускаемые ионообменные мембраны для производства хлора и каустической соды состоят из двух слоев (рис.2.).

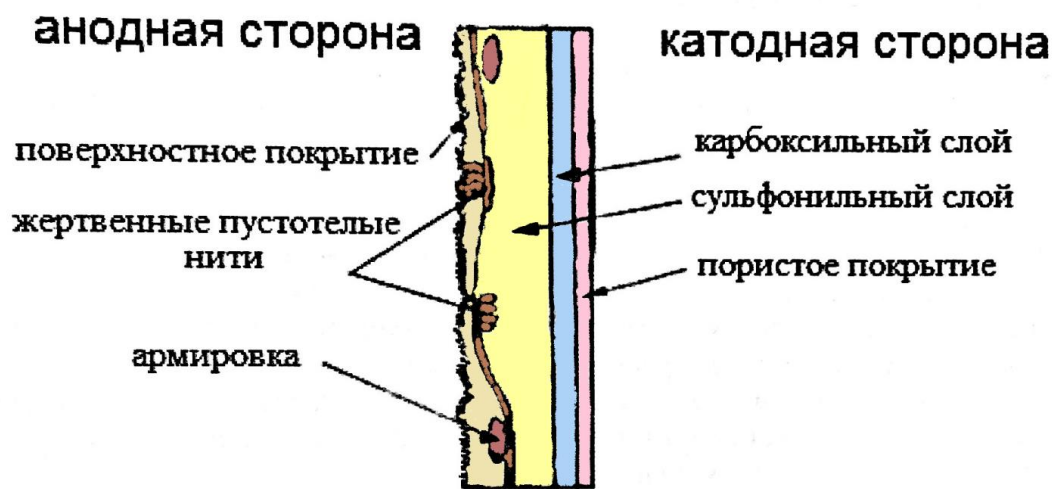


Рис.2. Поперечный разрез мембраны

Тонкий слой, обращенный к катоду, выполненный из карбоксильного полимера, обеспечивает высокую селективность, а относительно толстый слой со стороны анолита (как правило, из сульфополимера) обеспечивает механическую прочность и имеет низкое электрическое сопротивление. При работе мембран в условиях электролиза необходимо исключить прилипание пузырьков газа к поверхности мембраны и снизить эффект экранирования пузырьками пути прохождения электрического тока, для этого мембрана имеет поверхностное покрытие [2]. Армировка в виде политетрафторэтиленовой сетки обеспечивает высокую механическую прочность мембраны и сопротив-

ление «раздиру». Указанные элементы контактируют с относительно толстым сульфонатным слоем, выполненным из перфорированного сополимера с ионообменными группами  $-SO_3^-$ . Указанный слой обеспечивает высокую механическую прочность и низкое электрическое сопротивление мембраны в целом.

Тонкий карбоксильный слой обеспечивает высокую селективность мембраны по ионам  $Na^+$ , тем самым, достигается высокий выход по току по щелочи, препятствует диффузии анионов из анодной камеры в катодную, что обеспечивает низкое содержание хлорида и хлората натрия в получаемой щелочи [3].

В мембранном электролизёре, хлор не содержит примеси водорода, что позволяет повысить степень его сжижения. Каустическая сода, получаемая из мембранной технологией достаточно чистая, и ее концентрация составляет 32%. По содержанию других примесей – карбонатов, хлоратов – раствор каустика, получаемый мембранным способом, существенно чище, чем продукт полученный не мембранным способом.

Мембранные производства требуют значительно меньше производственных площадей. Из-за более высокой единичной мощности и компактности мембранных электролизеров, и отделение выпарки в мембранном производстве значительно меньше, но мембранный метод сложен в организации и эксплуатации. Мембранные электролизеры состоят из множества ячеек с незначительной электрической нагрузкой (6 – 10 кА), что создает проблемы надёжного уплотнения и обеспечения достаточной точной сборки [5]. Мембранные электролизеры вследствие специфических особенностей процесса работают с циркулирующей электролита, при которой необходимы операции обесхлоривания и донасыщения обедненного электролита до нормальной концентрации NaCl. В свою очередь, высокие требования к чистоте рассола вынуждают использовать для донасыщения хорошо очищенную твердую соль или применять дорогостоящую обработку рассола – очистку и осаждение [5]. При нарушениях технологии приготовления рассола в мембранных электролизерах, введение недостаточно хорошо очищенного рассола вызывает резкое ухудшение работы и выход из строя мембраны.

В процессе производства хлора и каустической соды основными энергозатратами является электроэнергия постоянного тока на электролиз и пар на выпарку для получения товарной каустической соды в виде водного раствора с концентрацией 45 – 50%. Анализ основных источников энергозатрат – стадий электролиза и выпарки показывает, что использование мембранной технологии позволяет снизить суммарные энергозатраты в 1,3 – 1,5 раза по сравнению с традиционными технологиями [6].

### Список литературы

1. Обзор рынка хлора в СНГ и прогноз его развития в условиях финансового кризиса. – Москва: 3-е издание, 2009–14 с.

2. Березина, Н.П. Синтетические ионообменные мембраны // Соровский образовательный журнал. Сер. Химия. 2000. – том 6, №9. – С. 37–42.
3. Ромашин, О.П. Технология электролиза и обработки анолита // Химическая промышленность сегодня. Сер. Развитие мембранного метода и производства хлора и каустической соды. – 2013. – № 7.– С. 5–15.
4. Ромашин, О.П. Электролизеры. Мембраны и их регенерация // Химическая промышленность сегодня. Сер. Развитие мембранного метода и производства хлора и каустической соды. – 2012. – № 9. – С. 12–22.
5. Мазанко, А.Ф. Промышленный мембранный электролиз / А.Ф. Мазанко, Г.М. Камарьян, О.П. Ромашин. – Москва: Химия, 1989. – 237 с.
6. Зимин, В.М. Хлорные электролизеры / В.М. Зимин, Г.М. Камарьян, А.Ф. Мазанко. – Москва: Химия, 1984. – 304 с.