

Список литературы:

- [1] Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студ. высш. учебн. заведений / [А.И. Аристов, Л.И. Карпов, В.М. Приходько, Т.М. Раковщик]. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 384 с.
- [2] Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч./В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. 1982. – Ч. 1. 543 с., ил.
- [3] Нормирование точности изделий машиностроения: учеб. пособие/ В.Н. Кайнова, Г.И. Лебедева, Т.Н. Гребнева [и др.] /под. ред. В. Н. Кайновой. – 2-е изд. испр. и доп.; НГТУ, Н. Новгород, 2007. – 209 с.
- [4] Интекосервис [Электронный ресурс]// Методы исследования и контроля шероховатости поверхности металлов и сплавов. – Режим доступа: <http://www.pse.scpt.org.ua/en/journal> (дата обращения: 12.05.2014).

В.В. Ванцев, Н.Д. Горбунов
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СУДОВОГО ОЗОНАТОРА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ОСУШИТЕЛЯ – ОБОГАТИТЕЛЯ ВОЗДУХА

В данном докладе речь пойдет об осушителях воздуха, используемых в судовых озонаторах. Известно, что работа любого озонаторного агрегата зависит от блоков подготовки воздуха перед синтезом озона. Воздух в данном случае должен быть сухим (абсолютная влажность не выше $0,03 \text{ г/м}^3$) и, желателно, обогащенным кислородом. Озонатор тем эффективнее, чем выше вырабатывает концентрацию озона. Концентрация главным образом зависит от процентного содержания кислорода в газовой смеси, подаваемой на синтез, от ее влажности и температуры. Если брать в качестве исходного газа промышленный кислород, можно добиться хороших результатов, но при этом резко возрастут эксплуатационные расходы, связанные с покупкой и доставкой баллонов с кислородом. Для систем, работающих непрерывно, такой способ не оправдан. Чистый кислород выгодно использовать для медицины, научных исследований, то есть для случаев кратковременного использования оборудования.

Большинство озонаторов работают на атмосферном кислороде, покупать который пока не требуется.

Адсорбционное разделение воздуха на азот и кислород относится к циклическим адсорбционным процессам, регенерация адсорбента в которых происходит за счет снижения общего давления. В англоязычной литературе они получили название процессы PSA (от английского «Pressure Swing Adsorption»), в отечественной литературе такие процессы носят название короткоцикловая адсорбция (КЦА).

Процессы PSA в настоящее время широко распространены и непрерывно развиваются, что в значительной степени обусловлено эффективным решением проблемы регенерации адсорбента. Адсорбционная стадия цикла обычно протекает быстро и с высокой степенью эффективности. Стадия регенерации в адсорбционных процессах с нагревной регенерацией адсорбента является наиболее сложной и энергоемкой стадией цикла, определяющая адсорбционную способность, расход и срок службы адсорбента, а в конечном итоге – основные капитальные и эксплуатационные затраты на разделение газовых смесей. Впервые процесс PSA был предложен инженером Чарльзом Скарстромом (США).

Адсорбционное разделение воздуха на цеолитах основано на селективной адсорбции азота на этих адсорбентах, при этом газовая фаза обогащается кислородом.

При адсорбции на цеолитах различия в адсорбируемости азота и кислорода обусловлены тем, что кроме дисперсионных и поляризационных сил проявляется дополнительный вклад специфического взаимодействия квадруполь азота и кислорода с внекаркасными катионами цеолита. В отличие от азота молекула кислорода обладает существенно меньшим квадрупольным моментом ($0,43 \times 1026$ э.с.е., у азота – $1,29 \times 1026$ э.с.е.), и поэтому вклад специфической составляющей при адсорбции кислорода на цеолите в несколько раз ниже.

К числу макрокомпонентов воздуха, наряду с азотом и кислородом, относится аргон. Дисперсионные взаимодействия для Ar на цеолитах существенно выше, чем для O_2 , поскольку он имеет большую молекулярную массу. Но кислород адсорбируется как за счет дисперсионных сил, так и за счет специфического взаимодействия, и по сумме сил адсорбция кислорода на цеолитах такая же, как и у аргона. Поэтому при полном поглощении азота из слоя цеолитов выходит смесь кислорода и аргона, в которой отношение «кислород – аргон» такое же, как в атмосферном воздухе ($O_2 : Ar = 20,95 : 0,932$). Следовательно, предельная чистота кислорода, произведенного в адсорбционных установках, составляет 95,7 об. %. (4,3 об. % приходится на аргон). Практически они производят кислород чистотой 90–95 об. %.

На сегодняшний день наибольшее распространение получили следующие разновидности установок КЦА: напорные – PSA, вакуумные – VSA и смешанные, напорно-вакуумные генераторы кислорода – Vacuum Pressure Swing Adsorption (VPSA). В генераторах напорного типа давление воздуха, поступающего на разделение, составляет 0,2–0,4 МПа, при этом стадия регенерации протекает при атмосферном давлении. Общее время цикла обычно составляет (0,5–2) мин. В вакуумном генераторе стадия адсорбции осуществляется при атмосферном давлении, а регенерация путем вакуумирования адсорберов. Смешанные генераторы сочетают изменение положительного и отрицательного давления для достижения наиболее эффективных результатов. В PVSA-процессах величина оптимального остаточного давления на стадии вакуумирования адсорберов составляет 0,02–0,03 МПа, а величина давления воздуха на стадии адсорбции не выше 0,11 МПа. Заполнение отвакуумированных адсорберов продуктовым кислородобогащенным воздухом позволяет повысить концентрацию кислорода в продукте. Кислородный генератор напорного типа заметно проще вакуум-напорного генератора в аппаратурном оформлении, но требует для своего осуществления более высокого давления воздуха на стадии адсорбции.

Под руководством д.т.н. Курникова А.С. авторам удалось создать уникальный по соотношению «цена – качество» аппарат с вакуумной регенерацией, аппаратное исполнение которого гармонично вписалось в озонаторные установки очистки воды. На изобретение получен патент №2190458.

Новизна изобретения заключается в том, что регенерация адсорбента осуществляется с помощью вакуума, создаваемого дополнительным эжектором, а транзит воздуха через озонатор – эжектором станции. Принцип работы осушителя, теория и экспериментальные исследования были подробно отражены в предыдущих трудах авторов. Также немало было сделано в доработке конструктивных элементов адсорберов.

Новый осушитель является «гибридом» существующих напорного и нагревного вариантов, вобравшим в себя их лучшие качества. Дополнительный эжектор, производительность которого не превышает 1/20 основного, создает вакуум до 5 кПа, температура кипения воды при котором около 35°C . Такую температуру легко поддерживать в герметичном шкафу обычными лампами накаливания.

Управление переключения циклов адсорберов, как и в напорном варианте, осуществляется реле времени.

Применение вакуума открывает новые возможности для создания осушителя, который одновременно будет осушать и обогащать воздух кислородом. Адсорберы при этом заполняются адсорбентом цеолитом Na-x.