

УДК 697.432

Криогенный способ производства продуктов разделения воздуха

Грищенко А.Ю., Егощенков И. Н.

Научный руководитель – к.т.н., доцент ЯРМОЛЬЧИК Ю.П.

Производство продуктов разделения воздуха, таких как азот, кислород, аргон, ксенон и других, широко востребовано современной промышленностью в различных технологических процессах. Системы разделения широко применяются в самых различных областях:

- нефтегазовой, химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности;
- электронике и электроэнергетике;
- металлургии;
- строительстве;
- на предприятиях, которые занимаются оптовой торговлей техническими газами.

Разделение воздуха осуществляется тремя основными способами: криогенным, адсорбционным и мембранным. Первый вариант считается классическим, поскольку позволяет получать не только чистый кислород и азот, но и аргон, гелий, неон и прочие составляющие.

Адсорбционный способ считается одним из самых прогрессивных. Он основан на способности некоторых материалов поглощать газы из атмосферного воздуха. Процесс протекает при обычной температуре, и аппарат быстро выходит на проектную мощность. Является идеальным вариантом для получения кислорода или азота чистотой до 95 %.

Мембранный способ основан на разной скорости проникновения компонентов атмосферного воздуха под определенным давлением через тело мембраны. Применяется в тех случаях, когда не требуются большие объемы газа.

Остановимся подробнее на первом способе разделения воздуха. Принцип работы криогенной ректификационной колонны основывается на разнице в температурах кипения газов, составляющих атмосферный воздух. Легкокипящие вещества, такие как гелий и неон, оказываются в виде пара, скапливающегося в верхней части колонны. Обладающие меньшей летучестью криптон и ксенон остаются в виде жидкости внизу. Аргон вместе с кислородом и азотом относится к средней фракции. Поскольку она всего лишь на несколько градусов отличается от их температур кипения, это несколько осложняет процесс его получения.

После частичного отделения кислорода и азота, остается смесь, содержание аргона в которой колеблется от 85 до 94 %. Такой «сырой» аргон подлежит доочистке. Примеси азота, составляющие от 3 до 5 % смеси, удаляются ректификацией. А 3 – 10 % кислорода убираются адсорбцией или химическим способом, связывая его водородом или серой. В результате чистота полученного аргона достигает 99,99 %.

Рассмотрим схему ВРУ для получения аргона. При разделении воздуха содержащийся в нем $Ar(0,93\%)$ распределяется между N_2 и O_2 . При получении чистого азота основное количество Ar отводится с кислородом (до 4%), при получении чистого кислорода - с азотом (до 1%). Наличие в N_2 и O_2 примеси Ar не всегда допустимо. Например, при синтезе NH_3 из элементов Ar как инертный газ накапливается в системе, что снижает эффективное давление процесса. Кроме того, поддержание в цикле содержания Ar на допустимом уровне приводит к необходимости непрерывного вывода (путем продувки) из системы части циркулирующей азотоводородной смеси. Чистые азот и кислород получают отбором из верхней части колонны фракции N_2-O_2-Ar , а Ar как целевой продукт - ректификацией данной фракции в дополнительной колонне. Отводимый из этой колонны сырой Ar , содержащий 2-5% O_2 и 1-2% N_2 , смешивают (для связывания O_2) с водородом и подвергают очистке от O_2 на палладиевом катализаторе. От азота и некоторого избытка водорода аргон освобождают ректификацией в специальной колонне.

Получение Ne , Kr и Xe . Неон в составе азот-неон-гелиевой смеси вместе с N_2 накапливается под крышкой конденсатора-испарителя. Криптон и ксенон, накапливаемые в

кубе верхней части колонны, выделяются при получении больших количеств кислорода и азота. Смесь O_2 -Kr-Xe разделяется в дополнительной колонне, из куба которой отбирается жидкий O_2 , содержащий небольшие количества Kr и Xe (так называемый первичный концентрат). Ne из неон-гелиевой смеси и Kr и Xe из обогащенного первичного концентрата выделяются адсорбционным методом.

Большим плюсом является получение продуктов разделения с низким содержанием примесей. Привычная криогенная ректификационная технология получения продуктов разделения воздуха позволяет получать их в больших объемах. Но, дороговизна и сложность получения таким способом вдохновляет изобретателей на поиски более удобного и дешевого способа получать эти газы в нужном количестве. Также серьезным недостатком является невозможность полной автоматизации процесса.

В заключении хотелось бы сказать, что в современных условиях стабильное снабжение промышленных предприятий продуктами разделения воздуха является важной задачей, и технология криогенной ректификации отлично справляется с данной задачей.

Литература

1. Теплофикация и тепловые сети / Е.Я. Соколов – М.: Издательство МЭИ, 2001, - 472 с.
2. Некоторые аспекты регулирования отпуска теплоты на теплоснабжение от газотурбинных ТЭЦ / В.П. Вершинский, Н.М. Коробов, З.П. Сорокина. – М.: «Промышленная энергетика». 2002, № 2, с. 29-31.
3. «Эффективность использования топлива» / М.Б. Равич. – М.: Изд-во «Наука», 1977, 443 с.