

А.Д. Бровко, Н.А. Тешин

Производственно-коммерческая фирма «Криопром», а/я 99, г. Одесса, Украина, 65026
e-mail: krionika@mail.css.od.ua

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АППАРАТОВ ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЙ

Воздухоразделительные установки малой и средней производительности для получения продуктов в жидком виде целесообразно создавать на основе циклов среднего и высокого давлений. Это позволяет снизить удельные затраты электроэнергии на производство 1 кг жидкого продукта. Высокое давление воздуха в цикле влияет на выбор конструкций аппаратов, входящих в состав воздухоразделительных установок. Рассмотрены некоторые особенности конструкций аппаратов воздухоразделительных установок среднего и высокого давлений, изложена технология изготовления.

Ключевые слова: Криогенная техника. Воздухоразделительная установка. Давление воздуха. Жидкий криопродукт. Теплообменный аппарат. Ректификационная колонна.

A.D. Brovko, N.A. Teshin

FEATURES OF DESIGN AND MANUFACTURING TECHNOLOGIES DEVICES OF AIR SEPARATION UNITS OF MEDIUM AND HIGH PRESSURES

Air separation units of low and medium performance for products in liquid form it is advisable to created on the basis of cycles medium and high pressures. This helps reduce specific costs of electricity for production of 1 kg of liquid product. High air pressure in the cycle influences the choice of constructions devices that are part of air separation units. Some features of structural devices air separation units of medium and high pressures are considered and the technology of manufacturing are described.

Keywords: Cryogenic engineering. Air separation unit. Air pressure. Liquid cryoproducts. Heat exchanger. Rectification column.

1. ВВЕДЕНИЕ

Предприятие ПКФ «Криопром» разрабатывает и изготавливает криогенные установки разделения воздуха, оборудование для газификации жидких продуктов разделения воздуха и диоксида углерода, системы осушки и очистки газов.

Воздухоразделительные установки (ВРУ), выпускаемые нами, относятся к классу установок малой и средней производительности. ВРУ создаются в основном для производства жидких продуктов разделения воздуха с возможностью выдачи их частично в газообразном виде под давлением. Для минимизации удельных затрат электроэнергии на производство 1 кг жидкости схемы установок создаются на основе циклов среднего и высокого давлений [1,2].

Проанализируем особенности технологии изготовления аппаратуры ВРУ, реализующих термодинамические циклы среднего и высокого давлений. Рассматривать будем теплообменные и ректификационные аппараты как основное оборудование криогенных ВРУ.

2. ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Так как установки работают по циклам среднего и высокого давлений давление перерабатываемого воздуха в циклах составляет от 7 до 20 МПа. При таких рабочих давлениях исключается применение пластинчато-ребристых аппаратов в качестве теплообменников [3]. По этой причине в наших установках используются витые трубчатые теплообменные аппараты.

Витой теплообменник состоит из стального корпуса со встроенной внутрь навивкой, по трубам которой проходят, как правило, потоки высокого давления. Обратный поток низкого давления при этом движется в межтрубном пространстве.

Основная часть аппарата — стальной сердечник, на который намотаны слои медных труб (фото 1). Концы труб с обоих концов навивки объединяются либо в кольцевые или прямые коллекторы, либо в трубные решетки. В одном теплообменном аппарате могут быть смонтированы от одной до трёх навивок.

Наши возможности позволяют изготавливать на-

вивки диаметром до 1 м и длиной до 3 м. Аппарат максимальных размеров имеет массу около 3200 кг. Для навивки применяются трубы из мягкой меди диаметрами 5, 6, 8, 10 и 12 мм. Для интенсификации процесса теплообмена в некоторых типах аппаратов используются оребренные медные трубы. Оребрение труб выполняется плотной шаговой намоткой на трубу медной проволоки диаметром 1,5 мм. Оребряется труба на станке со специальным приспособлением, на выходе из которого она наматывается на барабан. Контроль качества оребрения (плотности прижатия проволоки к трубе) производится по следу, оставляемому проволокой на трубе.

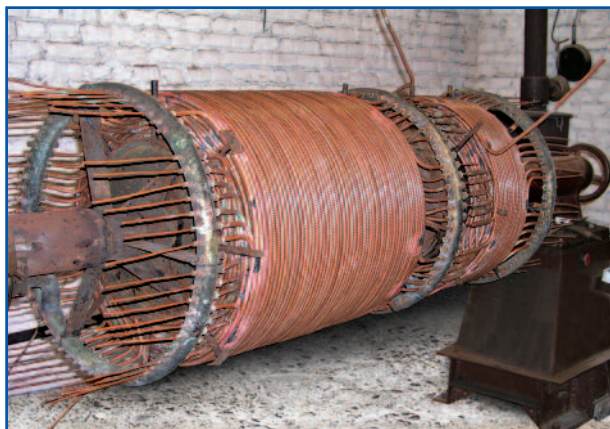


Фото 1. Двухсекционный теплообменный аппарат ВРУ в процессе изготовления

Навивка труб на сердечник выполняется также на станке со специальным приспособлением. Сердечник зажимается в станке. В каретке приспособления устанавливаются барабаны с трубами. Количество барабанов зависит от количества труб в заходе каждого слоя. Как правило, в каждом слое мотаются несколько труб параллельно. Трубы подаются от барабанов на сердечник через направляющее устройство, которое их выравнивает. Вся каретка с барабанами и направляющим устройством передвигается параллельно сердечнику по ходу навивки. Соседние слои навивки мотаются в противоположных направлениях спирали.

В зависимости от функционального назначения аппарата (его расположения в схеме ВРУ) применяются различные типы навивки. Нами изготавливаются теплообменные аппараты с тремя типами навивки: разреженная, шаговая и плотная.

В разреженной навивке (фото 2) трубы в пучке располагаются с определенным шагом как осевым, так и радиальным. Это обеспечивается установкой специальных прокладок между слоями труб. Толщина прокладок задает радиальный шаг, а профильные выступы — осевой.

В шаговой навивке (фото 3) трубы в пучке плотно прилегают друг к другу в осевом направлении, но с определенным радиальным шагом, который также, как и в разреженной навивке, обеспечивается установкой гладких прокладок между слоями труб.

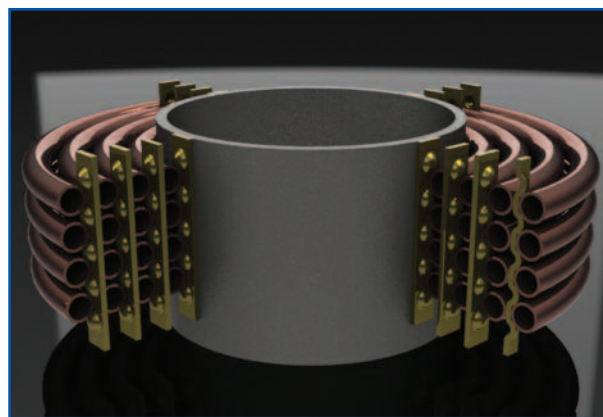


Фото 2. Элемент теплообменника с разреженной навивкой

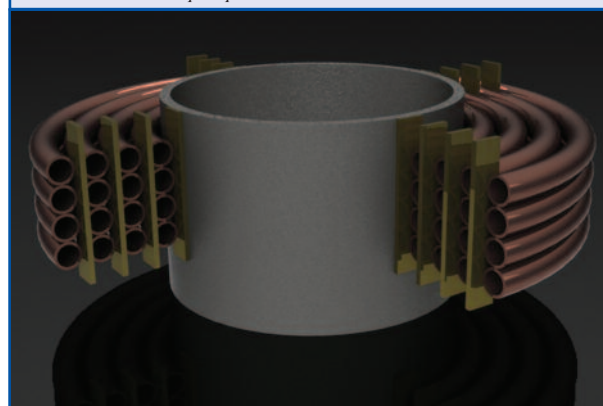


Фото 3. Устройство теплообменника с шаговой навивкой

В разреженной и шаговой навивках используются гладкие неоребренные трубы. Плотная навивка (фото 4) мотается из оребренных труб. В пучке трубы располагаются плотно друг к другу без прокладок. Зазоры между трубами для прохождения межтрубного потока обеспечиваются проволокой, из которой выполнено оребрение.

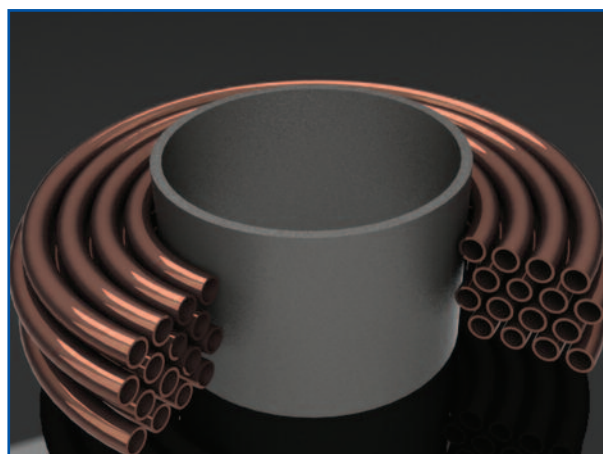


Фото 4. Часть теплообменника с плотной навивкой

В схемы некоторых ВРУ входят трехпоточные теплообменные аппараты [3,4], через которые проходят два потока высокого давления. Примером может

служить теплообменник предварительного охлаждения и основной теплообменник блока разделения, через которые проходят прямой поток воздуха под давлением, обратный поток кислорода высокого давления и обратный поток азота низкого давления. Воздух и кислород должны проходить по трубам, азот — в межтрубном пространстве. В предварительном теплообменнике воздушные и кислородные трубы наматываются параллельно плотной навивкой в каждом слое. В основном теплообменнике выполняется навивка типа «труба в трубе» (фото 5).

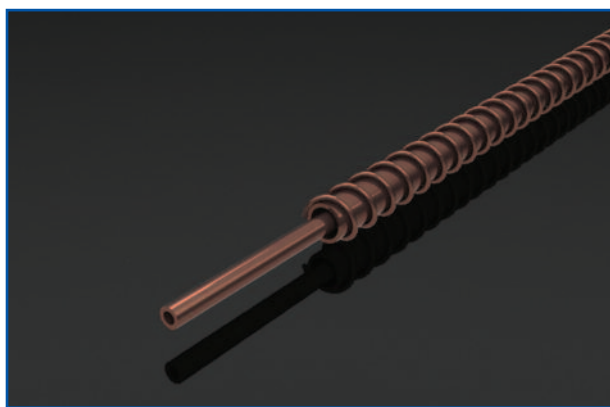


Фото 5. «Труба в трубе»

Показанная на фото 5 кислородная труба \varnothing 5 мм вставляется в воздушную оребренную трубу \varnothing 10 мм. В результате воздух обменивается теплом с кислородом изнутри, а с азотом — снаружи. Такой способ навивки позволяет существенно уменьшить её размеры. Это важно при создании одновременно эффективного и компактного аппарата.

3. РЕКТИФИКАЦИОННЫЕ КОЛОННЫ

В узлах ректификации выпускаемых нами воздухоразделительных установок используются тарельчатые ректификационные колонны. Конструкция колонн, на первый взгляд, кажется простой. В стальном корпусе устанавливаются с определенным шагом алюминиевые поперечно-точные тарелки. Типоразмеры применяемых нами колонн и тарелок приведены в таблице.

Показатели ректификационных колонн

Показатели	Значения показателей
Диаметры тарелок (колонн), мм:	
— с сепарацией фаз	400...700
— без сепарации фаз	800...1500
Расстояния между тарелками, мм:	
— с сепарацией фаз	50...60
— без сепарации фаз	80...120
Толщина стенки обечайки, мм	1,5...4
Диаметры перфорации тарелок, мм	0,9; 1,0; 1,1; 1,2

Как видно из таблицы, конструкции ректификационных колонн и тарелок отличаются в зависимости от их диаметра. Тарелки диаметром до 700 мм выполняются с сепарацией фаз.

В конструкцию этих тарелок включены отбойники, предотвращающие унос жидкости с тарелки. Благодаря этому удалось сократить расстояние между тарелками и, соответственно, высоту колонн и блока разделения. Тарелки такого типа изготавливаются в зависимости от количества карманов в двух вариантах: односливные и двухсливные. На односливных тарелках жидкость течет от краев к середине, на двухсливных — от середины к краям. При установке в колонну одно — и двухсливные тарелки чередуются. Тарелки диаметром выше 700 мм выполняются без сепарации фаз. Они имеют один сливной карман. Жидкость течет от одного края к другому через всё полотно тарелки. При установке в колонну тарелки разворачиваются на 180 град.

Ректификационные тарелки производятся из листового алюминиевого сплава и конструктивно состоят из нескольких деталей: сетка, стенки кармана, борта, перегородки, отбойники и т.д. Все эти детали изготавливаются штамповкой. На специальном штампе перфорируется полотно тарелки с определенным диаметром отверстий. Диаметр отверстий контролируется дважды после перфорации и после травления. При сборке тарелки все детали соединяются контактной сваркой.

Для установки тарелок в колонну на сваренных обечайках в специальном приспособлении выполняются так называемые зиги. Установка тарелок в обечайку производится на созданной нами закаточной машине (фото 6).

Тарелка устанавливается на головку машины, затем вводится в обечайку и позиционируется. Борт тарелки раскатывается роликами в зиг обечайки (фото 7).

Плотность закатки тарелки контролируется. Таким образом, тарелка устанавливается в обечайку без каких-либо дополнительных крепежных элементов. Обечайки с различным количеством тарелок (от 6 до 16) свариваются между собой.

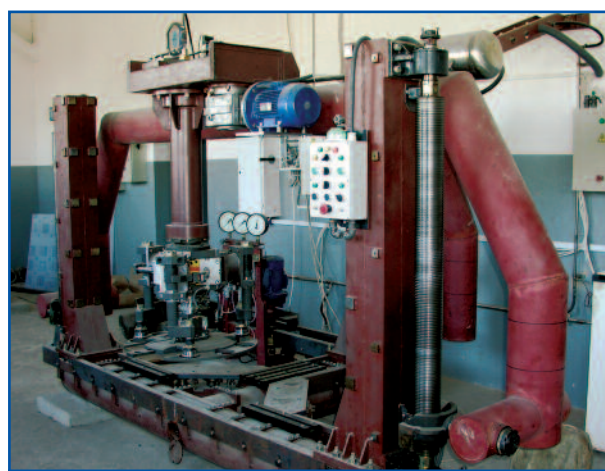


Фото 6. Внешний вид закаточной машины

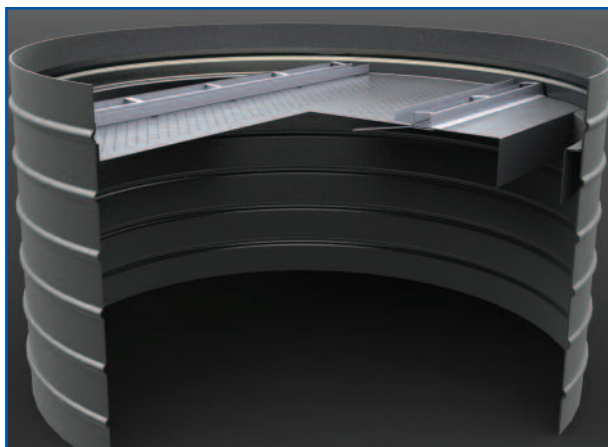


Фото 7. Вид ректификационной тарелки в обечайке колонны

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная статья предназначена, главным образом, для специалистов предприятий, на которых эксплуатируются небольшие воздуходелительные установки среднего и высокого давлений. Знание особенностей конструкций и технологий изготовления аппаратов воздуходелительных установок поможет

специалистам лучше понять процессы, происходящие в аппаратах установок, и в случае необходимости профессионально анализировать возможные причины отклонений параметров работы установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горенштейн И.В., Лавренченко Г.К. Анализ способов увеличения выхода жидких продуктов в воздуходелительных установках среднего давления// Технические газы. — 2003. — № 3. — С. 33-37.
2. Разделение воздуха методом глубокого охлаждения. В 2-ух т. Т.1. Термодинамические основы разделения воздуха, схемы и аппараты воздуходелительных установок. Под ред. В.И. Епифановой и Л.С. Аксельрода. — М.: Машиностроение, 1973. — 472 с.
3. Разделение воздуха методом глубокого охлаждения. В 2-ух т. Т. 2. Промышленные установки, машинное и вспомогательное оборудование. Под ред. В.И. Епифановой и Л.С. Аксельрода. — М.: Машиностроение, 1973. — 577 с.
4. Криогенные системы. В 2-ух т. Т. 2. Основы проектирования аппаратов, установок и систем/ А.М. Архаров, И.А. Архаров, В.П. Беляков и др. — М.: Машиностроение, 1999. — 720 с.





ПАО "Сумское НПО им.М.В.Фрунзе" - одно из старейших предприятий в мире по изготовлению поршневых компрессоров

- широкая номенклатура;
- высокая эффективность и надежность;
- большой ресурс работы;
- автоматизированная система контроля, управления и защиты;
- гарантийное обслуживание.



www.frunze.com.ua

ОПЫТ, которому можно доверять!

 Украина, 40004, г.Сумы, ул.Горького, 58
www.frunze.com.ua
 управление продаж:
 т. +38 0542 78 84 64, ф. +38 0542 22 63 62
 отдел маркетинга:
 т. +38 0542 78 05 71
 Представительство в России, г.Москва
 т. +7 495 745 88 30, ф. +7 495 745 88 31