

УДК 621.59(075.8)

А.Д. Бровко, А.А. Леонтьев

Производственно-коммерческая фирма «Криопром», а/я 99, г. Одесса, Украина, 65026

e-mail: krionika@mail.css.od.ua

В.Б. Сычёв

ООО «Новороссийский кислородный завод», ж/д петля, парк А, 2-ой км, г. Новороссийск, РФ, 353909

e-mail: general@oxygen-plant.ru

СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА НА НОВОРОССИЙСКОМ КИСЛОРОДНОМ ЗАВОДЕ

Продукты разделения воздуха позволяют значительно повысить эффективность электросталеплавильного производства и улучшить качество выпускаемой стали. На Новороссийском кислородном заводе построен и сдан в эксплуатацию цех разделения воздуха с двумя воздуходелительными установками КжК-2. Каждая из установок может производить 2200 кг/ч жидкого кислорода, 2000 кг/ч жидкого азота, одновременно возможно получать 1200 кг/ч жидкого кислорода и 750 м³/ч газообразного кислорода под давлением. Создание цеха разделения воздуха полностью обеспечит потребности в кислороде и азоте Новороссийского металлургического завода «Новоросметалл».

Ключевые слова: *Сталь. Воздухоразделительная установка. Кислород. Азот. Аргон.*

A.D. Brovko, A.A. Leontyev, V.B. Sychev

CREATION OF MODERN MANUFACTURE OF AIR SEPARATION PRODUCTS IN NOVOROSSIYSK OXYGEN FACTORY

The air separation products allow to increase the efficiency of electric furnace steelmaking and quality of released steel. Two air separation plants «КжК-2» are constructed and handed over in Novorossiysk oxygen factory. Every plant can make 2200 kg/h of liquid technical oxygen, 2000 kg/h of liquid nitrogen, simultaneously 1200 kg/h of liquid technical oxygen and 750 m³/h of high pressure gaseous technical oxygen. Creation of air separation plants will provide the demands of Novorossiysk metallurgical factory «Novorosmetall» in oxygen and nitrogen.

Keywords: *Steel. Air separation plant. Oxygen. Nitrogen. Argon.*

1. ВВЕДЕНИЕ

Общеизвестно, что во всех металлургических процессах широко применяется кислород [1]. Очень эффективным является его использование в электросталеплавильных технологиях [2,3]. Продувкой кислородом ванны с расплавленной сталью добиваются более высоких температур. Это позволяет снизить затраты энергии и производить сталь с пониженным содержанием углерода [4].

В электросталеплавильных технологиях применяются и другие технические газы. Так, чистым азотом выполняют продувки, создают инертную среду. Аргон способствует улучшению качества стали.

При производстве стали используется очень большое количество кислорода. Если приобретать жидкий кислород и газифицировать его, всегда есть

определённый риск, вызванный нарушением поставок. Кроме того, стоимость жидкого кислорода очень высока. Возникает необходимость в создании собственных производств продуктов разделения воздуха в составе электросталеплавильных заводов [4].

На Новороссийском металлургическом заводе «Новоросметалл» использовался приобретаемый жидкий кислород в количестве около 100 т/сут. При росте стоимости жидкого кислорода руководство предприятия приняло решение о создании дочернего предприятия «Новороссийский кислородный завод» для удовлетворения своих потребностей в кислороде и азоте.

Создание, поставка и пуск в эксплуатацию двух установок разделения воздуха были поручены ПКФ «Криопром» ООО (г. Одесса, Украина). Монтажные работы выполняло ЗАО «НПП Криосервис» (г. Балашиха Московской области).

2. ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ЦЕХА РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА

При создании Новороссийского металлургического завода для более быстрого его пуска было предусмотрено сооружение базы хранения приобретаемых жидких продуктов разделения воздуха. В состав базы входят четыре кислородных резервуара РЦВ-63, четыре холодных газификатора ГХК-25/2000, азотный резервуар РЦВ-63, азотный и аргонный газификаторы ГХК-8/500 (фото 1).



Фото 1. База хранения жидкого кислорода

Доставка жидкого кислорода осуществлялась как железнодорожными цистернами, так и транспортными восьмитонными резервуарами. Жидкий кислород принимался в резервуары РЦВ-63, из которых криогенным насосом перекачивался в резервуары газификаторов. Газообразный кислород по трубопроводу подавался в два реципиента объёмом 125 м³ каждый. Непосредственно из этих реципиентов и производилось дутьё в электросталеплавильную печь.

Для снижения расходов на жидкий кислород было решено создать рядом с базой хранения цех разделения воздуха, который удовлетворит потребности металлургического завода в кислороде и азоте. В состав цеха должны были войти две воздухоразделительные установки (ВРУ) производительностью 2200 кг/ч жидкого кислорода каждая.

ПКФ «Криопром» были спроектированы и изготовлены две установки разделения воздуха КЖК-2 с производительностью по жидкому кислороду 2200 кг/ч, по жидкому азоту 2000 кг/ч. ВРУ могли работать в смешанном режиме: кислород жидкий — 1200 кг/ч; кислород газообразный под давлением до 35 кгс/см² — 750 м³/ч. Чистота кислорода — 99,7 % об. О₂; азота — 0,0001 % об. О₂. Режим с получением газообразного кислорода был необходим для подкачки реципиентов. Это сокращало затраты на производство кислорода, так как кислород газообразный получается в установке благодаря внутреннему сжатию насосом жидкого кислорода и последующей газификации в основном теплообменнике блока разделения. Есть возможность производства небольшого количе-

ства концентрированной неонгелиевой смеси.

Установки были созданы по классической схеме цикла высокого давления с турбодетандером и предварительным охлаждением воздуха. Такой цикл считается одним из наиболее эффективных для жидкостных установок средней производительности. При таком построении схемы удельный расход электроэнергии на производство жидкого продукта не превышает 1 кВт·ч/кг.

Данным установкам свойственны две особенности. Первая заключается в том, что осушка воздуха происходит при подаче воздуха в установку из компрессора. Это сделано, во-первых, в целях защиты теплообменника предварительного охлаждения от замерзания, который является крупным витым аппаратом высокой стоимости. Во-вторых, последующее охлаждение воздуха в высокотемпературной холодильной машине до $-5...0$ °С позволяет улучшить поглощение цеолитом СО₂ в блоке очистки воздуха. Второй особенностью является применение роторного компрессора регенерирующего газа для «продавливания» блоков осушки и очистки воздуха при регенерации, так как давление отбросного азота на выходе из установки недостаточно для прохождения блоков при регенерации. Это положительно сказывается на работе ВРУ. При работе роторного компрессора давление отбросного азота на выходе из установки удаётся поддерживать низким (0,005 МПа). Благодаря этому снижаются до минимальных давления в верхней (0,04...0,045 МПа) и нижней колоннах (0,45 МПа), что уменьшает работу разделения. Тепло сжатия роторного компрессора используется при нагреве адсорбента блоков осушки и очистки воздуха. Для охлаждения адсорбентов применены последовательно пластинчатые водяной и азотный теплообменники. В азотном теплообменнике регенерирующий газ охлаждается до 5 °С обратным потоком отбросного азота, отбираемым до предварительного теплообменника (для охлаждения блока очистки). Для охлаждения блока осушки используется азот после водяного теплообменника с температурой не выше 30 °С.

Для сжатия воздуха в установках применяются поршневые компрессоры высокого давления 6ВМ16-150/201 производства ОАО «Сумского машиностроительного НПО им. М.В. Фрунзе». Мы считаем, что поршневые компрессоры, производимые этим предприятием, являются самыми надёжными из всех, которые выпускаются на постсоветском пространстве. Компрессорная установка автоматизирована фирмой ИТЦ «Смартекс».

Работа установок осуществляется в автоматическом режиме. Система управления построена на базе программируемого контроллера «Siemens». Запорная и регулирующая арматура имеет пневматические приводы «Camozzi». Рабочее место, как оператора установки, так и машиниста компрессора, представляет собой персональный компьютер с монитором, на который выводятся все необходимые данные (фото 2). Имеется система архивирования всех показателей работы установок.

Необходимо отметить, что руководство Новороссийского кислородного завода выполнило все требования и рекомендации по надёжной и безопасной работе цеха разделения воздуха. В частности, был создан современный автоматизированный цех водоподготовки с контролем качества оборотной воды. Так же была создана лаборатория с полным набором всех приборов, необходимых для проведения анализов воздуха и продуктов разделения на содержание вредных примесей.

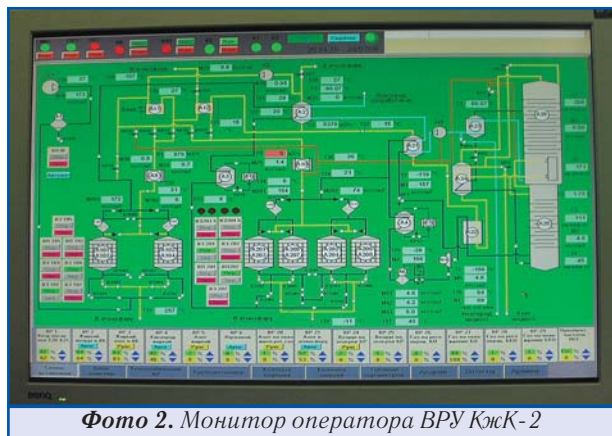


Фото 2. Монитор оператора ВРУ КжК-2

3. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА

Большинство оборудования установок поставлялось в собранном виде с полной заводской готовностью. К такому оборудованию относятся блоки осушки и очистки воздуха, агрегат смазки турбодетандера, холодильные машины, компрессор роторный, электроподогреватели, испарители, теплообменная аппаратура. Блок разделения конструктивно состоит из двух узлов: блока теплообменников и блока ректификации. Блок теплообменников поставлялся в собранном виде и включал в себя основной и детандерный теплообменники, отсек турбодетандера, арматуру. Блок ректификации — узлами (каркасы, колонны, теплообменники, арматура), так как высота его составляет 24 м (фото 3).

Каркас блока ректификации состоит из четырёх секций. После установки нижней секции на фундамент, в неё монтировалась нижняя колонна в сборе с конденсатором. Далее устанавливалась следующая секция каркаса. После установки всех секций и верхней колонны предполагалась стыковка колонн и монтаж всех трубопроводов. Однако все сварные швы и монтажные работы пришлось бы выполнять на высоте на открытом воздухе. Монтаж блока ректификации первой очереди выполнялся в феврале 2008 г. В это время года в Новороссийске не редкость сильные штормовые ветры.

Монтажные работы проводились бригадой ЗАО «НПП Криосервис». Нельзя не отметить высокий профессионализм монтажников этой компании.

Было принято совместное решение выполнять максимально возможную обвязку колонн трубопроводами в горизонтальном положении в помещении цеха. Все трубопроводы крепились к колоннам. Кроме того,

верхние две секции каркаса стыковались также в помещении цеха, после чего в каркас заводилась верхняя колонна, выставлялась и раскреплялась в нём в горизонтальном положении, обвязывалась трубопроводами. Для стыковки колонн и каркасов затем поднималась вся конструкция (фото 4).



Фото 3. Блок разделения ВРУ КжК-2



Фото 4. Монтаж верхней части блока разделения ВРУ КжК-2



Фото 5. Вид на базу хранения и цех разделения воздуха

После стыковки каркасных конструкций удалялись временные крепления колонны и производилась стыковка колонн между собой. При таком способе монтажа количество монтажных и сварочных работ на высоте сводилось к минимуму.

После завершения монтажных работ проводился контроль сварных швов, пневмоиспытания тёплые и холодные. Затем следовали обшивка стальными листами, засыпка изоляции и окраска.

Первая очередь цеха разделения воздуха на Новороссийском кислородном заводе была пущена в эксплуатацию в июне 2008 г., вторая — в апреле 2009 г.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ПКФ «Криопром» разработаны, изготовлены и поставлены две установки КЖК-2. На базе этих установок на Новороссийском кислородном заводе создано новое производство продуктов разделения воздуха, введённое в эксплуатацию двумя очередями в 2008 и 2009 гг.

Наличие собственной станции разделения возду-

ха у дочернего предприятия дало возможность Новороссийскому металлургическому заводу «Новоросметалл» полностью отказаться от приобретения кислорода и азота у сторонних организаций, что привело к значительной экономии средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлургические мини-заводы/ **А.Н. Смирнов, В.М. Сафонов, Л.В. Дорохова, А.Ю. Цупрун.** — Донецк: Норд-пресс, 2005. — 469 с.
2. **Бурнашев Р.Р.** Эффективное использование альтернативных источников энергии при выплавке стали в электропечах ММЗ// Технические газы. — 2001. — № 4. — С. 38-44.
3. **Лепихин А.П.** Эффективное использование технических газов и энергосберегающие технологии при производстве электростали// Технические газы. — 2004. — № 1. — С. 46-51.
4. **Лавренченко Г.К.** «Криогенмаш» и ММЗ «Истил (Украина)»: Создание современного производства продуктов разделения воздуха// Технические газы. — 2007. — № 2. — С. 39-47.

ВСЕ О НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗАХ И ПРОДУКТАХ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА — В ОДНОМ ЖУРНАЛЕ!
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ
“ТЕХНИЧЕСКИЕ ГАЗЫ”

ИЗДАТЕЛЬ — УКРАИНСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ “УА-СИГМА”

ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН В ГОСКОМИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ, ТЕЛЕ- И РАДИОВЕЩАНИЯ УКРАИНЫ — СВИДЕТЕЛЬСТВО КВ № 4943 ОТ 15.03.2001 Г. С 2005 Г. — ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ ВАК УКРАИНЫ. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗДАНИЯ — 6 ВЫПУСКОВ В ГОД. ОБЪЁМ КАЖДОГО ВЫПУСКА — 72 СТР. ПУБЛИКУЕМЫЕ СТАТЬИ РЕФЕРИРУЮТСЯ В РАЗЛИЧНЫХ ЖУРНАЛАХ И БАЗАХ ДАННЫХ ВИНТИ РАН (Г. МОСКВА)

ЖУРНАЛ ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СОЗДАНИЕМ, ИЗГОТОВЛЕНИЕМ И ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ И КРИОГЕННЫХ УСТАНОВОК, СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ (ГЕЛИЯ, ВОДОРОДА, ОКСИДА И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА И ДР.), ПРОДУКТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА, А ТАКЖЕ НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ И СТУДЕНТОВ

РУБРИКИ ЖУРНАЛА

- ПРОБЛЕМЫ КРИОГЕННОГО, КИСЛОРОДНОГО, КОМПРЕССОРНОГО И УГЛЕКИСЛОТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ
- ТЕХНИЧЕСКИЕ ГАЗЫ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ
- ПРОЦЕССЫ, ЦИКЛЫ, СХЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ И КРИОГЕННЫХ СИСТЕМ
- ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЗОВ И ИХ СМЕСЕЙ. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМАХ
- УСТАНОВКИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА, КОМПРИМИРОВАННОГО И СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА; ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И ДР. ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ
- ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, БЕЗОПАСНОСТЬ
- ПРАКТИКА, НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ

Приглашаем к сотрудничеству производителей, учёных, аспирантов и докторантов

Для оформления подписки и размещения рекламы нужно связаться с редакцией журнала по телефону или e-mail.
 Адрес редакции: а/я 271, г. Одесса-26, Украина, 65026
 Тел./факс: +380 (48) 777-00-87; e-mail: uasigma@paco.net; http://www.uasigma.odessa.ua