

## Приборы и оборудование

УДК 621.78.062

### Оборудование для производства технологических атмосфер (Обзор)

*Марчук Ю.В., Праженник Ю.Г., Бондаренко Б.И.*

*Институт газа НАН Украины, Киев*

Рассмотрены промышленные методы и аппаратура для производства технологических атмосфер, преимущественно с высоким углеродным потенциалом (типа эндогаз), используемые в процессах цементации, нитроцементации, необезуглероживающего отжига, спекания металлокерамических изделий. Указаны причины низкого уровня энергосбережения, резервы экономии энергозатрат и перспективные направления повышения энергоэффективности указанных производств.

**Ключевые слова:** технологическая атмосфера, эндогаз, экзогаз, автотермическая конверсия природного газа.

Розглянуто промислові методи та апаратуру для виробництва технологічних атмосфер, переважно з високим вуглецевим потенціалом (типу ендогаз), що використовуються у процесах цементації, нітроцементації, незневуглецювального відпалу, спікання металокерамічних виробів. Вказано причини низького рівня енергосбереження, резерви економії енерговитрат та перспективні напрямки підвищення енергоефективності вказаних виробництв.

**Ключові слова:** технологічна атмосфера, ендогаз, екзогаз, автотермічна конверсія природного газу.

#### 1. Газоприготовительное оборудование в промышленности Украины

Общая тенденция в производстве технологических атмосфер (ТА) для нужд тяжелой промышленности бывшего СССР заключалась в создании огромных централизованных комплексов, в которых себестоимость ТА якобы уменьшалась благодаря снижению общепроизводственных затрат в перерасчете на единицу, как правило, однородной продукции, производившейся годами или десятками лет без изменений технологии, оборудования и оснастки, а также качества и ассортимента изделий.

В качестве примера приведем положение в порошковой отрасли металлургии, а именно: в

производстве спеченных металлокерамических изделий для нужд машиностроения. В 1991 г. в стране работали порошковые комплексы-гиганты: БЗПМ (г. Бровары), СМЗ (г. Красный Сулин Ростовской обл.), МЗПМ (Московский завод), ДЗПМ (Дмитровский завод), БРНПО (Белоруссия) и др. В цехах спекания металлокерамических изделий на таких предприятиях работали высокопроизводительные печи, которые для обеспечения технологического процесса требовали до 1000 м<sup>3</sup>/ч технологической атмосферы (БЗПМ — 5000 м<sup>3</sup>/ч). Для обеспечения такой потребности создавались отдельные цеха или участки по производству эндогаза, укомплектованные эндогенераторами производитель-

ностью 125 м<sup>3</sup>/ч (ЭН-125) — наибольшей для выпускавшихся отечественной промышленностью. Количество их составляло в зависимости от общей мощности участка от 4 до 8 единиц.

В дополнение к этому заводы комплектовались электролизными цехами, оснащенными мощными аппаратами, которые поставляли водород для восстановительного отжига железного порошка. Например, БЗПМ укомплектован высокопроизводительными печами паровой конверсии и последующим оборудованием конверсии монооксида углерода и системой очистки водорода от примесей. Другие примеры: Горловский машиностроительный завод (1000 м<sup>3</sup> эндогаза/ч), Завод им. Малышева, г. Харьков (1500–2000 м<sup>3</sup>/ч). Аналогичные примеры можно привести также из других производств машиностроения и металлургии.

Для нужд химической промышленности были созданы и до сих пор работают многотоннажные производства технологических атмосфер таких, как синтез-газ для синтеза аммиака, метанола и др.

Практически весь парк газоприготовительного оборудования в Украине составляют устаревшие и морально изношенные установки, выпускавшиеся серийно на протяжении 40–50 и более лет без существенных перемен, за исключением импортных установок, приобретенных за пределами СНГ за валюту и имеющих неоправданно высокую стоимость.

Краткая характеристика основных типов этого оборудования по рекламно-информационным, литературным данным, технической документации разработчиков и опыту эксплуатации на действующих предприятиях приведена ниже.

**Эндогенераторы.** Технологическая атмосфера типа эндогаз предназначена для использования в процессах нагрева под закалку высоко-, среднеуглеродистых и легированных сталей, цементации и нитроцементации, твердой пайки сталей, спекания углеродных композиционных материалов.

Типичный аппарат — это каталитический реактор с внешним обогревом, как правило, электрическим, основным узлом которого является жаростойкая реторта, заполненная никелевым катализатором типа ГИАП, КСН или зарубежным аналогом. На катализаторе в условиях достаточно высокой температуры происходит процесс превращения смеси природного газа с воздухом в так называемый эндогаз, то есть технологическую атмосферу с высоким содержанием восстановителей (СО + Н<sub>2</sub>), по данным разработчика, около 60 %, а практически существенно ниже, а также низким содержанием

окислителей (СО<sub>2</sub> + Н<sub>2</sub>О), остальное — азот. В соответствии с процентным составом, атмосфера имеет сравнительно высокий углеродный потенциал, дающий возможность применять ее в вышеупомянутых процессах. Типоряд эндогенераторов был разработан Московским институтом ВНИИЭТО [1] и состоял, по документации 1979 г., из четырех типоразмеров производительностью 16, 30, 60 и 125 м<sup>3</sup>/ч в двух сериях — с электрическим и газовым обогревом; в промышленной эксплуатации находились преимущественно аппараты первой серии. Аппаратура серийно производилась Чадыр-Лунгским заводом ЭТО (Молдова) [2]. В настоящее время типичный аппарат морально устарел и не отвечает требованиям энергосбережения и децентрализации.

В последующие годы авторы этих разработок продолжали исследования, направленные на усовершенствование технологии получения эндогаза и конструкции генератора, в результате чего получили более 100 авторских свидетельств на изобретения. Отдельные примеры: эндо-экзогенератор [3, 4] и дальнейшая его модификация [5, 6], «безретортный» эндогенератор, который по сути содержит реторту, но с открытым верхним торцом, конструкция тупиковой реторты [7, 8], реторты с внутренней трубой, которая содержит съемное нагревательное устройство [9], и другие, из которых только незначительная часть нашла применение в серийных установках.

**Экзогенераторы.** Экзогаз используют в процессах отжига стали, цветных металлов, высокотемпературного отпуска стали. Главной частью экзогенератора является камера сгорания и установленный на выходе из нее холодильник, в котором отделяется излишек влаги. В случае потребности установка дополнительно оснащается системой моноэтаноламиновой абсорбции для удаления диоксида углерода, а в 1970-х гг. взамен ее разработана система адсорбционной очистки на цеолитах с термической регенерацией адсорбента. При необходимости установка дополнительно оснащается узлом конверсии монооксида углерода [10, 11].

**Диссоциаторы аммиака.** Установки для приготовления диссоциированного аммиака чаще всего используются в процессах порошковой металлургии, термообработки высоколегированных хромистых нержавеющей сталей, отжига латуни. Процесс производства азото-водородной смеси заключается в том, что аммиак на катализаторе при 900 °С диссоциирует на азот и водород в соотношении 25 : 75. По информации производителя, наличие встроенного испарителя и блока тонкой очистки и осушки газо-

вой среды позволяет повысить надежность и качество работы.

## 2. Нетрадиционные технологии и оборудование для приготовления ТА

### *Взрывобезопасная атмосфера типа эндогаз с повышенным содержанием азота.*

Углеродный потенциал эндогаза поддерживается необходимым количеством монооксида углерода при условии низких концентраций окислителей: диоксида углерода и водяного пара. В тех случаях, когда СО не является рабочим компонентом, то есть не расходуется в процессе химико-термической обработки (низкоуглеродистый отжиг), для поддержания требуемого потенциала, достаточно небольшой концентрации СО при условии соответствующего снижения концентраций окислителей. Для получения такой атмосферы предложена следующая схема [12]. Смесь природного газа с воздухом полностью сгорает до полных оксидов; после охлаждения и удаления влаги абсорбционным методом удаляется  $\text{CO}_2$ , в продукты сгорания добавляется природный газ и смесь подается в эндогенератор. В результате атмосфера содержит 1,5–2,0 % СО, 4,5–6,0 %  $\text{H}_2$ , остальное – азот; точка росы – от 0 до  $-40$  °С.

**Эндогенератор с реактором шахтного типа.** Учитывая известные проблемы, связанные с наличием реторты эндогенератора, периодически предлагались конструкции безретортных эндогенераторов с реакторами шахтного типа, футерованными и теплоизолированными изнутри. В изобретении [13] предложенная установка для получения защитной атмосферы типа эндогаз, в которой нагревательная камера выполнена из высокоглиноземистого кирпича, заполнена катализатором. Он нагревается силикатными нагревателями, изолированными карбондированными трубами, выполняющими роль реторты в традиционной конструкции.

Аналогичная установка, с некоторыми конструктивными усовершенствованиями, но на том же принципе разработана на Киевском заводе им. И.Лепсе; но, по нашим сведениям, не была введена в производство.

По результатам современной разработки также предложен безретортный эндогенератор [14], содержащий шахтную печь, рабочее пространство которой заполнено катализатором, герметичный кожух цилиндрической или прямоугольной формы, футерованный огнеупорными и теплоизоляционными материалами. Для подвода теплоты к катализатору использована труба-вставка с нагревательными элементами.

По утверждению авторов, это изобретение позволяет создать эндогенератор без металлической реторты и улучшить технико-экономические показатели за счет уменьшения габаритов конструкции и сокращения затрат на огнеупорные изделия.

**Реакторы шахтного типа для автотермической конверсии.** Химическая реакция неполного окисления углеводного сырья воздухом имеет незначительный, но положительный тепловой эффект, который увеличивается с ростом соотношения воздух–углеводород. Исходя из этого, на протяжении многих десятилетий велись исследования и разрабатывались технологии и конструкции аппаратов автотермической каталитической конверсии (АВК) природного газа с воздухом.

Первые поисковые эксперименты в этой области велись в 1930-е гг.; результаты изложены в работах сотрудников ГИАП, относящихся к этому периоду. В конце 1950-х гг. в США на заводах Дуглас и АХО были построены установки воздушной каталитической конверсии. В 1963–1964 гг. в Институте газа была разработана, изготовлена и испытана установка АВК с подогревом воздуха (АВКП) до 550 °С [15].

В 1964 г. получено авторское свидетельство [16], согласно которому часть природного газа смешивается с воздухом в соотношении  $\text{CH}_4 : \text{O}_2 = 1 : 2$ , после чего продукты полного сгорания, содержащие, кроме азота, окислители  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , смешиваются с остатком воздуха, и смесь с температурой около 600 °С вместе с остатком природного газа подается на катализатор, где и происходит неполное окисление природного газа сначала свободным кислородом, а после достижения максимальной температуры остальным количеством окислителей  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Благодаря указанным технологическим приемам исходные продукты, природный газ и воздух не нуждаются в подогреве. В 1965–1966 гг. опытно-промышленная установка типа АВК производительностью 500 м<sup>3</sup>/ч была построена и испытана в опытном цеху Алтын-Топканского свинцово-цинкового комбината [17].

В начале 1980-х гг. на том же принципе, но с некоторыми конструктивными отличиями, сотрудниками бывшего ВНИИПромгаза и Института газа была создана опытно-промышленная установка [18], работавшая в производстве никеля, по нашим сведениям, до 1992–1993 гг.

Перспективность разработанного Институтом газа принципа подтверждается современными разработками. В немецкой заявке [19] предложены способ и устройство двухстадийного

получения защитных атмосфер, содержащих CO и H<sub>2</sub>, для термических печей. На первой стадии происходит сгорание углеводородного топлива с газом, содержащим кислород, на второй — эндотермическая каталитическая реакция продуктов сгорания с углеводородом.

В Институте газа с целью получения дешевой ТА с максимально возможной восстановительной способностью была разработана, изготовлена и введена в производство установка газоздушной каталитической конверсии [20] производительностью 400 м<sup>3</sup>/ч с подогревом воздуха до 600–700 и газа до 400–500 °С. Минимальные достигнутые концентрации окислителей в конвертированном газе составляли 1,2 % CO<sub>2</sub> (на сухой газ), точка росы — 20 °С.

В связи с возрастающей потребностью в ТА для порошковой металлургии начат новый цикл исследований и разработок в направлении автотермической конверсии. Разработаны усовершенствованный способ АВК [21], усовершенствованная конструкция реактора [22], предложены усовершенствования, направленные на экономию энергоресурсов, увеличение срока службы и улучшение качества восстановительной атмосферы [23, 24]. В конце 1980-х гг. в цехе металлокерамических изделий Сулинского металлургического завода была построена опытно-промышленная установка типа АВК, которая была включена в работу и испытана последовательно в четырех вариантах технологической схемы.

**Гомогенные и гетерогенные некаталитические технологии.** В середине 1970-х гг. в Саратовском политехническом институте проведены исследования, разработаны технология и оборудование для получения восстановительных газов, которые могут использоваться в качестве технологических атмосфер, без применения катализатора [25, 26].

Исследован процесс гомогенной воздушной конверсии природного газа в циклонной камере с умеренным подогревом газо-воздушной смеси до 673–873 °С и обогащением дутья кислородом до 40 %. Разработан проект установки защитного газа, внедренный в отделении отжига сталепроволочного цеха Саратовского завода метизов.

Во втором исследовании установка гомогенной конверсии была соединена с гетерогенной ступенью (инертная огнеупорная насадка), что позволило при условии дополнительного подвода теплоты во вторую ступень снизить общий коэффициент затраты воздуха до 0,15–0,25 (по утверждению автора) и обеспечить получение высокотемпературного восстановительного газа, пригодного для нужд черной металлургии.

Преимущество этого метода — получение высокотемпературного восстановителя — может быть использовано для того оборудования, в котором существует возможность подачи ТА непосредственно в агрегат химико-термической обработки (ХТО); в этих случаях энтальпия восстановителя может быть использована в процессе ХТО. Недостатки: применение кислорода и большие потери теплоты в тех случаях, когда ТА производится в отдельном агрегате и должна подаваться в печь после охлаждения.

**Формирование ТА непосредственно в агрегатах ХТО.** В некоторых случаях целесообразно не создавать отдельное газоприготовительное оборудование, а вводить исходные газовые и жидкие компоненты непосредственно в агрегат ХТО, главным образом, тогда, когда агрегат имеет небольшую производительность, поскольку указанные компоненты поставляются в баллонах. В [27] сообщается о печи ХТО, в которую подают два газовых потока: газ-носитель — смесь водорода с азотом; активный — поток углеводорода. Комбинируя оба потока в разных соотношениях, можно получать внутрипечную атмосферу с требуемыми свойствами и вести разные процессы ХТО: от светлого и обезуглероживающего отжига до цементации, нитроцементации и спекания металлокерамики.

В [28] сообщается о формировании атмосферы с помощью метанола, который впрыскивается в поток азота внутри печи спекания порошковых метизов.

На предприятии Ford Motor Company в Мичигане проведены испытания процесса цементации в печи карбюризации фирмы Линдберг [29–31]. Смесь метана, пропана или бутана с воздухом вводилась непосредственно в печь без предварительной подготовки в эндогенераторе. В двух сериях экспериментов при 843 и 927 °С доказано, что процесс может быть автоматически управляем с помощью циркониевого датчика кислородного потенциала. Сообщается, что для обеспечения близкого к равновесию состояния атмосферы приходилось поддерживать низкие скорости потоков.

Авторам этой статьи также известны из заводской практики технологии цементации метизов в промышленных печах, в которые впрыскивались жидкие углеводороды (керосин, соляр и т.п.). На вышеупомянутом БЗПМ в печи спекания в конвертированный газ добавляли природный газ.

### 3. Современное газоприготовительное оборудование

**Эндогенераторы.** ООО «НПЦ ЭТО-ЭС-КАТЕРМ» (бывшее ВНИИЭТО) сообщает о



новых конструктивных решениях, обеспечивающих повышение производительности и качества газовых сред. Разработана новая серия эндогенераторов с расширенным типорядом: 20; 30; 40; 60; 90; 120; 150 и 250  $\text{нм}^3/\text{ч}$  эндогаза [32]. Новая серия, по сообщению авторов, по ряду показателей существенно превосходит все известные российские и зарубежные конструкции и гарантированно решает проблемы заводов России, исключая необходимость приобретения их в западных странах по ценам, превышающим российские в 2–3 раза.

ЗАО «ТЕРМОТРОН» (г. Брянск) также предлагает новую серию эндогенераторов с расширенным типорядом: 5; 10; 15; 20; 30; 40; 60; 90; 120; 150; 200 и 250  $\text{нм}^3/\text{ч}$ , с рядом усовершенствований и улучшенными техническими характеристиками, благодаря чему, по утверждению авторов, новые генераторы существенно превосходят аналогичные генераторы серии Холкрофт, Айхелин и др. Но, как видно из краткого описания, конструкция и технология не подверглись существенным изменениям, а усовершенствованы только система КИПиА и конструкция холодильника.

**Встроенные устройства для приготовления технологических атмосфер.** Представляют интерес разработки конструкций аппаратов для приготовления ТА, встроенных непосредственно в печное пространство агрегата ХТО. Некоторым приближением к такой конструкции можно считать изобретение [33], в котором на верхней части печи для цементации установлен вентилятор с полым валом, в нижней части которого внутри печи находится камера с катализатором конверсии. ТА создается вследствие каталитической конверсии природного газа с  $\text{CO}_2$ ; теплота для осуществления эндотермической реакции поставляется печными нагревательными элементами.

В изобретении [34] предложена объединенная с нагревательной печью камера сгорания, оборудованная горелкой. Конструктивные усовершенствования устройства повышают его экономическую эффективность.

В изобретении [35] предложен модульный эндогенератор универсального применения, соединенный со стандартной печью термообработки. Встроенный генератор имеет реакционную камеру кассетного типа, содержащую катализатор, с открытым концом для выхода газа, погруженную в печное пространство, благодаря чему энтальпия горячего эндогаза не теряется в холодильнике (как это имеет место в стандартных установках). Кассета легко демонтируется для замены катализатора. В зависимости от

требуемого количества эндогаза вместо увеличения размеров генератора можно легко устанавливать несколько одинаковых модулей, что дает заметный экономический эффект за счет унификации оборудования и повышения оперативности эксплуатации.

Изобретение [36] предлагает экзогенератор, установленный непосредственно на входе в печь ХТО. Управление температурой и свойствами эндогаза — от восстановительного до инертного — осуществляется посредством добавления продуктов сгорания или инертного газа, например, азота.

Более интересной с точки зрения энергосбережения является конструкция эндогенератора [37], реторта которого размещена внутри печного пространства и использует высокотемпературную печную среду как источник теплоты для реакции на катализаторе; вдоль оси реторты дополнительно размещен электронагреватель, а катализатор находится в кольцевом зазоре. Таким образом, создается равномерный и эффективный прогрев каталитической зоны. В изобретении [38] для такого типа встроенного генератора предложена система автоматического регулирования.

В статье [39], со ссылкой на предыдущий источник, рассматривается эффект экономии теплоты при применении встроенного эндогенератора, а также приводится информация о разработке новых катализаторов.

Оригинальная конструкция печи ХТО [40] включает катализатор, изготовленный в форме стенок или шторок, который по сути является встроенным генератором защитной атмосферы.

**Универсальные установки типа эндо-экзогенераторы.** Имеются разработки, выполненные для одновременного (или попеременного) получения двух типов атмосфер в одном агрегате. С этой целью природный газ сжигается с воздухом в камере сгорания при соотношении воздух : газ, равном 0,95 от необходимого для полного сжигания. Полученный экзогаз направляется, полностью или частично, к потребителю или в реторту, заполненную катализатором, на котором восстанавливается до эндогаза при взаимодействии с дополнительным метаном [4].

Аналогичное по цели и принципу действия устройство [41] конструктивно отличается тем, что для получения эндогаза смесь воздуха с природным газом сжигается в радиационных трубах, заменяющих камеру сгорания, и также расположенных внутри слоя катализатора. Оригинальность этого изобретения заключается также в том, что система получения ТА конст-

руктивно объединена с устройством для термообработки. Такое решение можно рассматривать как прототип встроенных генераторов.

**Экзогенераторы.** В области производства экзогенераторов разработчики также идут традиционным путем усовершенствования отдельных элементов конструкции, применения современных средств автоматизации, прогрессивных материалов и т.п. Кроме вышеупомянутого ООО «НПЦ ЭТО-ЭСКАТЕРМ», предприятие ОАО «ЮВЭНЕРГОЧЕРМЕТ» запатентовало способ производства азотной контролируемой атмосферы [42], включающий неполное сжигание углеводородного топлива с дальнейшей традиционной абсорбционной очисткой от диоксида углерода и адсорбционной — от влаги. В камере сгорания дополнительно подают смесь углеводородного топлива с техническим азотом. Как утверждается, изобретение позволяет удешевить производство и значительно повысить производительность процесса при сохранении качественных характеристик готового продукта и одновременно сократить удельные затраты углеводородного топлива.

**Новые тенденции в области химико-термической обработки метизов.** За последние годы созданы и продолжают создаваться многие предприятия с небольшим капиталом, настроенные на производство небольших партий метизов и ординарных, и высококачественных, различных конфигураций, массы и назначения.

Существующая общая тенденция к снижению капиталоемкости, сроков окупаемости и увеличению фондоотдачи в современной газовой, машиностроительной, металлургической и других отраслях промышленности приводит к необходимости создания малотоннажных технологических комплексов, во многих случаях в блочно-комплектном (контейнерном) исполнении, то есть малогабаритных модульных установок, которые могут быть привязаны непосредственно к небольшим установкам химико-термической обработки металлов. Такие установки должны отвечать требованиям гибкой технологии и быстрой переналадки рабочих режимов ХТО, что связано с малыми партиями изготовления «под заказ»; соответственно этому — малой производительности; наименьших затрат энергоносителей и сырья; экологической безопасности. Наиболее перспективным представляется создание комплексов «под ключ».

Требования к современному газоприготовительному оборудованию можно сформулировать следующим образом: 1) гибкая технология (короткое время запуска и остановки, легкое

изменение режима в необходимых пределах параметров); 2) адекватное качество технологической атмосферы (соответственно требованиям ХТО, без избыточных энергозатратных технологических мероприятий); а) усовершенствование технологии, конструкции; б) использование новых теплоизоляционных материалов; 3) снижение энергозатрат за счет: а) использования новых технологий; б) использования излишков теплоты; в) рекуперации; г) новых теплоизоляционных материалов.

Такое оборудование, безусловно, должно быть децентрализованным, то есть приближенным к оборудованию ХТО, с более или менее жесткой привязкой к последнему, что облегчит оперативное регулирование режима работы, снизит потребность в инвестициях и энергозатраты.

**Мероприятия по энергосбережению в современных технологиях.** В любом случае процесс ХТО определяет требования к составу и свойствам ТА, причем выбор технологии ее производства осложняется тем, что в одном и том же процессе могут использоваться различные по составу и свойствам атмосферы. Например, для процесса необезуглероживающего отжига стальных изделий по этим критериям одинаково пригодными могут быть эндогаз, экзогаз, продукты процессов АВКП и при условии модификации АВК; при этом затраты энергии на создание указанных атмосфер будут существенно различаться.

При разработке оптимальной (энергоэффективной) технологии необходимо руководствоваться принципом минимума энергозатрат, для чего требуются четкие представления о возможных способах обеспечения процесса требуемым количеством энергии. Решение проблемы выбора можно облегчить, руководствуясь предлагаемой систематизацией технологических приемов по принципу формирования энергобаланса процесса:

— внесение необходимой теплоты непосредственно в зону реакции (эндогенераторы, диссоциаторы аммиака);

— повышение коэффициента расхода воздуха  $\alpha$  (шахтные реакторы каталитической конверсии типа АВК, экзогенераторы);

— предварительный нагрев исходных газа и воздуха (шахтные реакторы каталитической конверсии типа АВКП);

— уменьшение доли балластного азота в результате обогащения воздуха кислородом (реакторы АВК, реакторы гомогенной конверсии, горелки);

— использование теплоты процесса ХТО (внутрипечные, в том числе «автоатмосферы»);

– рециркуляция отработанных (окисленных) ТА с регенерацией восстановлением оксидов и повторной подачей в печь ХТО;

– децентрализованное применение чистых газов и их смесей в соединении с их централизованным производством;

– использование вторичных энергоресурсов: химической энергии дожигания ТА, физической энтальпии сбросной ТА, физической энтальпии дымовых газов.

Как правило, максимальный эффект достигается комбинацией указанных способов.

### Выводы

По результатам приведенного обзора, с учетом собственного опыта авторов установлено, что основными недостатками существующего оборудования являются: а) неоправданно высокие показатели затрат энергии на производство эндо-, экзогаза, диссоциированного аммиака и производных от них модифицированных ТА; б) неоправданно высокие потери теплоты в окружающее пространство, имеющие место в большинстве известных агрегатов производства ТА; в) неоправданно высокие потери теплоты с охлаждающей водой, которые не могут быть устранены в условиях работы нескольких агрегатов в общий коллектор; г) стабильный режим и негибкая система централизованного производства ТА, не допускающая быструю переналадку технологии ХТО при изменении технических требований к разным партиям метизов; д) в подавляющем большинстве оборудования и систем не осуществляется утилизация тепловой и химической энергии отработанных ТА.

Указанные недостатки и некоторые другие могут быть частично или полностью устранены в результате использования комбинации способов энергосбережения в сочетании с применением современных материалов, КИПиА.

Многие недостатки, связанные с необходимостью структурной перестройки промышленных производств, потребляющих ТА, могут быть устранены в результате разработки и внедрения децентрализованных комплексов или модулей оборудования ТА-ХТО преимущественно малой единичной производительности.

### Список литературы

1. Маергойз И.И., Петрук А. П. Контролируемые атмосферы в электрических печах. – М. : Энергия, 1971. – 111 с.
2. Осипов И.В., Погорелко М.П., Маергойз И.И. Новая серия установок для приготовления эндотермического газа : Каталог // Электротехн. про-

- м-сть. Электротермия. – 1982. – № 4. – С. 18–19.
3. А.с. 221009 СССР, МКИ С 21 D 1/74. Способ получения контролируемых атмосфер / И.И.Маергойз, А.Е.Лившиц, С.З.Васильев. – Оpubл. 01.07.68, Бюл. № 21.
4. А.с. 475865 СССР, МКИ С 21 D 1/74. Эндо-экзогенератор / С.З.Васильев, И.И.Маергойз, Л.А.Михайлов и др. – Оpubл. 25.12.77, Бюл. № 45.
5. А.с. 632645 СССР, МКИ С 01 В 2/26. Способ получения контролируемых атмосфер / С.З.Васильев, И.И.Маергойз, Л.А.Михайлов и др. – Оpubл. 15.11.78, Бюл. № 42.
6. А.с. 578096 СССР, МКИ В 01 J 8/04. Генератор контролируемых атмосфер / С.З.Васильев, И.И.Маергойз, Л.А.Михайлов и др. – Оpubл. 30.10.77, Бюл. № 40.
7. А.с. 994397 СССР, МКИ<sup>5</sup> С 01 В 3/36. Способ получения эндотермической контролируемой атмосферы и устройство для его получения / С.З.Васильев, И.И.Маергойз, Л.И.Пушкарев. – Оpubл. 07.02.83, Бюл. № 5.
8. Журенков П.М. Майергойз И.И., Ройзенман Р.М., Тельнюк Ю.Н. Создание установок с тупиковыми ретортами для приготовления эндотермического газа // Электротехн. пром-сть. Электротермия. – 1984. – № 8. – С. 16–17.
9. А.с. 373314 СССР, МКИ С 21 D 1/74. Смеситель / С.З.Васильев, И.И.Маергойз, Л.А.Михайлов и др. – Оpubл. 02.08.73, Бюл. № 14.
10. Эстрин Б.М. Производство и применение контролируемых атмосфер. – М. : Металлургия, 1973. – 392 с.
11. Васильев С.З., Маергойз И.И., Пушкарев Л.И. Установки экзогаза. – М. : Энергия, 1977. – 128 с.
12. Титов Н.А. О некоторых методах получения контролируемых атмосфер // Всесоюз. конф. по безокислительному и скоростному нагреву стали. – Днепропетровск : Днепропетр. металлург. ин-т, 1963. – 15 с.
13. А.с. 184281 СССР, МКИ С 21 D 1/74. Установка для получения защитной атмосферы / Л.В.Подгурский. – Оpubл. 21.07.66, Бюл. № 15.
14. Пат. 2236471 РФ, МПК<sup>8</sup> С 21 D 1/74. Безретортный эндогенератор конструкции / М.П.Погорелко, В.М.Погорелко. – Оpubл. 20.09.04.
15. Копытов В.Ф., Стеженский А.И., Праженник Ю.Г. Каталитическая конверсия природного газа с воздухом // Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах институтов АН УССР. Химия. – Киев : УкрНИИТИ, 1968. – С. 6–7.
16. А.с. 168836 СССР, МКИ С 01 G 11/02. Способ каталитической конверсии газа с воздухом / В.Ф.Копытов, А.И.Стеженский, Ю.Г.Праженник. – Оpubл. 26.02.65, Бюл. № 5.
17. Стеженский А.И., Праженник Ю.Г., Махов М.П. и др. Методы конверсии природного газа и пути применения их при производстве тяжелых цветных металлов // Цв. металлы. – 1967. – № 7. – С. 12–14.

18. Ермаков Г.П., Жебрак Ю.А., Жуков А.Ф., Плужников А.И. Установка автотермической конверсии природного газа // Газов. пром-сть. — 1982. — № 7. — С. 26–27.
19. Заявка 10036163 Германия, МПК<sup>7</sup> С 01 В 3/00, С 21 D 1/74. Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung eines CO- und Hs-haltigen Behandlungsgases fuer die Waermebehandlung von metallischem Gut sowie Waermebehandlungsanlage / Kleinpass Bernd. — Оpubл. 07.02.02.
20. Святенко А.М., Бондаренко Б.И., Пилипенко Р.А., Праженник Ю.Г. Установка конверсии природного газа // Информ. письмо № 235. — Киев, 1974.
21. А.с. 1560466 СССР, МКИ<sup>5</sup> С 01 В 3/38. Способ автотермической каталитической конверсии природного газа / Ю.Г.Праженник, Ю.В.Марчук, Б.И.Бондаренко и др. — Оpubл. 30.04.90, Бюл. № 16.
22. А.с. 1162476 СССР, МКИ<sup>4</sup> В 01 J 8/00. Реактор для конверсии углеводородного газа / Ю.Г.Праженник, Ю.В.Марчук, Б.И.Бондаренко и др. — Оpubл. 23.06.85, Бюл. № 23.
23. А.с. 1524914 СССР, МКИ<sup>4</sup> В 01 J 8/04. Контактный аппарат для проведения эндотермических процессов / Ю.В.Марчук, Ю.Г.Праженник, А.В.Любимов. — Оpubл. 30.11.89, Бюл. № 44.
24. А.с. 1547843 СССР, МКИ<sup>5</sup> В 01 J 8/00. Реактор для автотермической конверсии углеводородного газа / Ю.Г.Праженник, Ю.В.Марчук, В.Н.Мищенко и др. — Оpubл. 07.03.90, Бюл. № 9.
25. Лункин В.Н. Исследование высокотемпературного процесса неполного окисления природного газа в циклонном реакторе : Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Саратов, 1974. — 21 с.
26. Удалов В.П. Исследование процесса получения высокотемпературных газов-восстановителей путем гомогенно-гетерогенной конверсии природного газа : Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Саратов, 1975. — 21 с.
27. Mathurin L. Hermste, Raymond Le Bossenc, Pierre Godart, Francois Pierrard. New Method for Controlled Atmosphere Heat Treating of Steel // Ind. Heat. — 1981. — March. — P. 13–15.
28. Jack Solomon, Thomas F. Kinneman. Sintering of Powder Metal Parts Using Nitrogen Plus Methanol Furnace Atmosphere // Ibid. — P. 24–25.
29. Stickels C.A., Mack C.M., Pieprzak J.A. Gas Carburizing of Steel with Furnace Atmospheres Formed in situ from Air and Hydrocarbon Gases // Ibid. — 1982. — June. — P. 12–14.
30. Jelle H. Kaspersma, Robert H. Shay. A model for carbon transfer in gas-phase carburization of steel // J. Heat Treating. — 1980. — Vol. 1, Nov. — P. 21–28.
31. Stickels C.A., Mack C.M., Pieprzak J.A. Technical Report No. SR-81-84, Ford Motor Company, July 15, 1981.
32. Погорелко М.П., Погорелко В.М. Новая серия эндогенераторов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Автоматизированный печной агрегат — основа энергосберегающих технологий металлургии XXI века», Москва, 15–17 нояб. 2000 г. — М. : Изд-во МИСиС, 2000. — С. 246–248.
33. А.с. 1672181 СССР, МКИ<sup>5</sup> F 27 В 9/02, С 23 С 8/20. Печь для газовой цементации изделий / С.З.Васильев, И.И.Маергойз, Ю.Н.Тельнюк. — Оpubл. 23.08.91, Бюл. № 31.
34. Акцент. заявка 55-40088 Япония, МКИ<sup>3</sup> С 21 D 1/00 1/74, F 27 В 9/04, F 27 D 17/00. Устройство для непрерывной термообработки в неокисляющей газовой среде / М.Окумура. — Оpubл. 15.10.1980.
35. Pat. 4805881 US, IC4 С 11 D 1/76. Internal Gas Generator for Heat Treating Furnace / Thomas J. Shults, Deane A. Horna, Stephan J. Sikirica, Jones W. Bender. — Publ. Feb. 21, 1989.
36. Pat. 4051231 US, IC В 01 J 7/00. Production of Internal Atmospheres for Kilns / Desmond H. Bond, George W. Taggart, Kurt S. Jaeger. — Publ. Sept. 27, 1977.
37. Вылож. заявка 58-55677 Япония, МКИ<sup>3</sup> С 21 D 1/00 1/74, F 27 В 9/04, F 27 D 17/00. Печь для термообработки с встроенным генератором газа эндотермического типа / Тоедзи Китасима. — Оpubл. 02.04.83.
38. Вылож. заявка 59-25923 Япония, МКИ<sup>3</sup> С 21 D 1/74. Конвертер генераторного газа с автоматическим регулированием температуры этого газа, устанавливаемый в печи / Ониси Насасе. — Оpubл. 10.02.84.
39. Toshimi Minami. Endothermic Gas Generator Mounted Inside Furnace // J. Jap. Soc. Heat Treat. — 1984. — Vol. 24, Feb. — P. 96–100.
40. Вылож. заявка 56-38419 Япония, МКИ<sup>3</sup> С 21 D 1/74, F 27 D 7/00. Печь с защитной атмосферой для нагрева металлических изделий / Такахаси Сусуму. — Оpubл. 13.04.81.
41. А.с. 840193 СССР, МКИ<sup>3</sup> С 21 D 1/74, С 23 С 11/00. Способ безокислительного нагрева металла / Н.М.Буслович, С.З.Васильев, Э.Я.Махтингер и др. — Оpubл. 26.06.81, Бюл. № 23.
42. Пат. 2253683 РФ, МПК<sup>7</sup> С 21 D 1/74, С 01 В 21/02. Способ производства азотной контролируемой атмосферы / А.М.Айдинов, С.А.Бидаш. — Оpubл. 10.06.05.

Поступила в редакцию 21.12.09



## The Equipment for Technological Atmospheres Production (Review)

**Marchuk Yu.V., Prazhennik Yu.G., Bondarenko B.I.**

*The Gas Institute of NASU, Kiev*

The industrial methods and equipment for technological atmospheres (TA) production mainly with high carbon potential (of endogas type) used during cementation, nitrocementation, non-decarburizing annealing, sintering of metal-ceramic products are considered. The reasons of low level energy saving, reserves of power input economy and perspective directions of power efficiency increase of the productions are specified.

**Key words:** technological atmosphere, endogas, exogas, natural gas autothermal conversion.

Receive December 21, 2009

## «Сводный каталог периодических изданий, выпускаемых академиями наук — членами МААН»

Новый каталог создан после принятия Советом Международной ассоциации академий наук решения про поддержку инициативы Совета по книгоизданию при МААН о создании совместного подписного каталога научных периодических изданий Академий наук и организаций — членов МААН.

Понимая важное значение создания «Сводного каталога», подписное агентство «Укринформнаука» ставит перед собой задачу ознакомить ученых и специалистов, аспирантов и студентов с деятельностью организаций и лабораторий, функционирующих в академических учреждениях на постсоветском пространстве, облегчить поиск и заказ академических журналов и трудов ученых научных организаций академий наук — членов МААН. Целью создания каталога является улучшение коммуникаций и обмена научной информацией между учеными и создание льготных условий для подписчиков, издателей и редакций научных изданий.

В «Сводном каталоге» изложены условия подписки на периодические и книжные издания на 2010 год.

В каталог на второе полугодие 2010 года вошли периодические издания Национальных академий наук Армении, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Российской Федерации, Республики Узбекистан, Украины.

По вопросам организации подписки, оформления заказов и обработки подписной документации обращайтесь

### В Украине

#### Подписное агентство «Укринформнаука»

ул. Владимирская, 54, комн. 144

Киев-30, 01601

тел. / факс +38 (044) 239-64-57

моб. +38 (050) 154-77-83

E-mail: innovation@nas.gov.ua

### В России

#### Компания «Информнаука»

вед. специалист

Перова Ольга Александровна

тел.: 8(495) 787 38 73

факс: 8(499) 152 54 81

e-mail: perova@viniti.ru