

Автоматизация комбинированного процесса газового азотирования

Automation of combined process of gas nitriding

Исследована модель автоматизации процесса управления газовым азотированием аммиаком, в которой упрочнение поверхности деталей скомбинировано с получением производных аммония из отходов аммиака, позволяющее повысить экономическую эффективность производства и снизить опасность выброса токсичного газообразного аммиака.

Model of automation of controlling gas nitriding process combined with producing ammonium derivatives, which allow to arise economical efficiency and reduce danger of crash with gas ammonia, are investigated.

Ключевые слова: автоматизации процесса управления, газовое азотирование аммиаком, производные аммония.

Keywords: automation of controlling gas nitriding process, producing ammonium derivatives.

В работах по газовому азотированию аммиаком степень диссоциации аммиака традиционно определялась путем улавливания аммиака водой из отходящей из шахтной печи газовой смеси с последующим (занимающим длительное время) анализом полученного водного раствора. Современные экспресс-методы анализа аммиака позволяют рассматривать улавливание аммиака водой уже не как метод анализа, а как способ получения производных аммония, которые эффективно используются в качестве моющих средств, удобрений и т.д. [1,2]. В связи с этим возникает проблема автоматизации процесса газового азотирования, скомбинированного с получением производных аммония из отходов аммиака. Автоматизация такого комбинированного процесса позволит повысить экономическую эффективность производства и снизить опасность выброса токсичного газообразного аммиака.

Для решения проблем автоматизации технологических процессов в настоящее время широко практикуется использование программируемых логических контроллеров (ПЛК), представляющих собой специализированные вычислительные машины, предназначенные для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления. ПЛК создаются на базе микропроцессорной техники. Они работают в локальных и распределенных системах управления в реальном времени по заданной программе [3,4].

Для программирования ПЛК используют программаторы, которые являются дорогостоящими и сложными аппаратно-программными комплексами. Поэтому один программатор может использоваться для обслуживания нескольких ПЛК определенного типа. В последнее время в качестве программатора используют ноутбук или персональный компьютер с установленным специальным программным обеспечением (например, CoDeSys, MicroWIN, ISaGRAF и др.), вы-

полняющим трансляцию языка в исполняемый код процессора, который загружается в ПЗУ ПЛК, например, через порт Ethernet. Программирование контроллеров малой мощности выполняют с помощью кнопок, расположенных на лицевой панели ПЛК.

Широкое распространение в нашей стране получили контроллеры SIMATIC S7-200, S7-300 фирмы Siemens. ПЛК семейства SIMATIC S7-200 имеют модульную конструкцию и возможность наращивания количества входов-выходов. Они представляют собой идеальное средство для построения эффективных систем автоматического управления при минимальных затратах на приобретение оборудования и разработку самой системы. Контроллеры SIMATIC S7-200 имеют дружественную оболочку программирования STEP 7 MicroWIN 32. Контроллеры поддерживают язык релейно-контактных схем. Этот язык, внешне напоминающий электрическую схему, легко освоить специалистам в области автоматизации производства, не имеющим навыков программирования [3,5,7].

Для решения поставленной задачи автоматизации предлагается использовать ПЛК S7-200 в системе, включающей центральное устройство S7-200 (CPU), персональный компьютер, программное обеспечение STEP7-MicroWIN 32 и соединительный кабель. Учитывая периодичность процесса газового азотирования (чередование стадий загрузки и выгрузки упрочняемых изделий) и необходимость обеспечения непрерывности процесса получения производных аммония, предлагается вариант химико-термического производства на основе двух линий (А и Б) газового азотирования аммиаком, в который интегрирован сменный скруббер, улавливающий аммиак для получения производных аммония (рис. 1).

Технологическая система «Газовое азотирование – Получение производных аммония» представлена на-

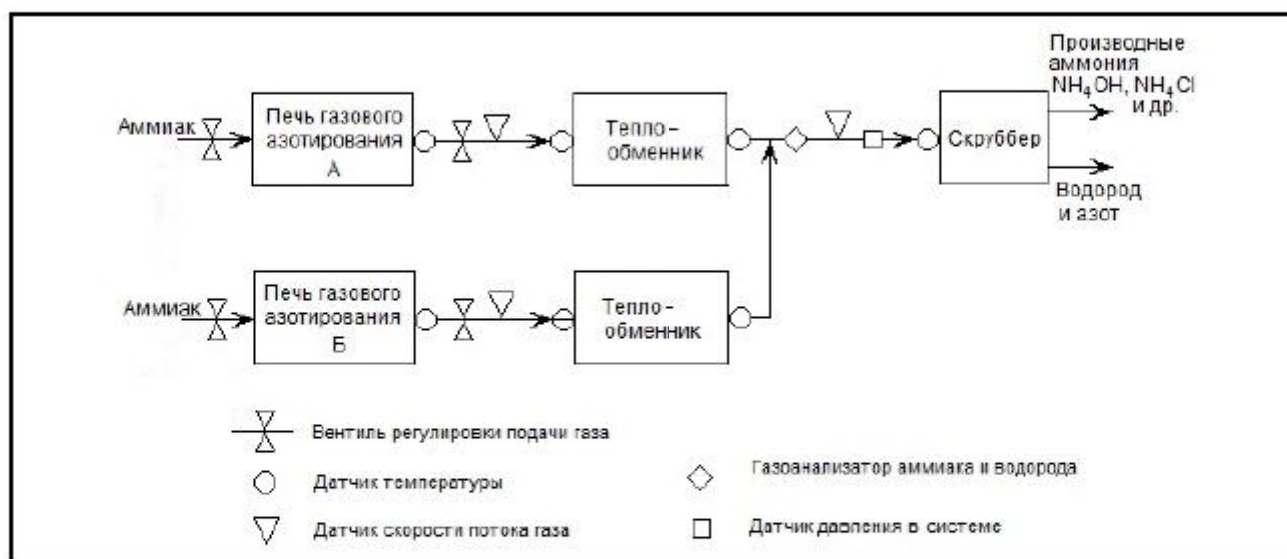


Рис. 1. Схема организации непрерывной работы технической системы «Газовое азотирование - Получение производных аммония»

ми графом операций, в основе которого используется сложная иерархическая сеть Петри (рис. 2).

Позиции моделируют операции технологического процесса, а переходы – условия смены операций. Маркировка (точка в позиции) означает, что соответствующая операция выполняется. Таким образом, движение точки по позициям сети моделирует последовательность и параллельность выполнения операций в технологическом процессе. Переходам приписываются сигналы с датчиков, сигнализирующих об окончании выполнения текущей операции и определяющих условия перехода к следующей операции.

В сложной иерархической сети позиции-дублиры, обозначенные на рис. 2 двойными кружками, объединяют несколько позиций и представляют сложные операции, включающие в себя несколько простых операций. Например, позиция p_2 включает в себя две позиции и представляет одну сложную операцию – подготовку 1А. Такое укрупнение сети облегчает её анализ. Анализ проводится на безопасность и живость, так как именно эти свойства сети Петри важны при моделировании технологических процессов.

Возможны и так называемые пустые позиции, которые не содержат технологических действий, а используются для удобства описания, например позиция, означающая исходное состояние или позиция, которая описывает достижение некоторого состояния.

Предлагается использовать две шахтные печи (А и Б), в которых процесс газовой азотировки (процесс 1) осуществляется поочередно (по 12 часов) следующим образом:

1. Выполняется подготовка одной из печей, например, 1А (загрузка деталей и нагрев печи до 500°C).

2. Идет процесс 1 в этой печи (процесс 1А).

3. Пока идет процесс 1А, осуществляется подготовка 1Б другой печи (загрузка деталей в шахтную печь процесса 1Б и нагрев печи до 500°C).

4. Идет процесс 1Б.

5. Пока идет процесс 1Б, осуществляется охлаждение печи процесса 1А и выгрузка из нее упрочненных деталей.

6. После запуска процесса 1А или процесса 1Б в постоянном режиме протекает процесс 2 - процесс получения производных аммония путем пропускания газового потока через скруббер-1 и переключения газового потока в скруббер-2 после достижения заданной концентрации производного аммония в скруббере-1.

Процесс запускается по команде «Пуск» с пульта управления оператора, что приводит к срабатыванию перехода t_1 или t_6 в зависимости от того, какая печь газовой азотировки начинает работать первой.

Моменты завершения вспомогательных операций загрузки изделий в печь, нагрева, охлаждения и разгрузки определяются по сигналам соответствующих датчиков. Эти сигналы приписываются переходам сети (рис. 2) и являются дополнительными условиями их срабатывания.

Когда процесс газовой азотировки в одной печи (процесс 1А) завершен, то сразу же начинается процесс в подготовленной к этому моменту другой печи (процесс 1Б). Завершение процесса газовой азотировки в одной печи и одновременное начало процесса в другой печи осуществляется по времени.

По окончании выгрузки изделий после нанесения на них покрытия и охлаждения могут сработать переходы, приводящие к повтору цикла (переходы t_4 или t_9) или возврату в исходное состояние (переходы t_5

или t_{10}). Какие именно переходы срабатывают, зависит от команды с пульта управления оператора.

Таким образом, достигается непрерывность газового потока, поочередно отходящего то из одной, то из другой печи газового азотирования и необходимо (после охлаждения до 40°C) для параллельно протекающего процесса получения производных аммония (процесс 2, позиция p_{10}).

Позиция p_9 – готовность – вспомогательная (пустая). Она сигнализирует о том, что после завершения процесса в одной печи начинается процесс в (подготовленной к этому моменту) другой печи.

В системе предусмотрена аварийная ликвидация избытка аммиака в одной или другой печи газового азотирования (позиции p_{11} , p_{12}) в случае появления сигнала аварии (переходы t_{11} , t_{12}). При этом процессы 1А, 1Б и процесс 2 останавливаются и возобновляются после устранения аварии.

Начальная маркировка – точки в позициях p_1 и p_5 , означающие исходные состояния, а также точка в позиции p_9 , означающая готовность одного из процессов (1А или 1Б) начать работу.

Анализ графа операций. Анализ сети Петри, лежащей в основе графа операций, выполнен с помощью дерева достижимости (рис. 3).

Дерево представляет собой граф, вершины которого маркировки, а дуги показывают переходы, срабатывание которых переводит сеть из одной маркировки в другую. Корень дерева – начальная марки-

ровка. Начальная маркировка соответствует исходному состоянию.

Анализ по укрупненной иерархической сети на безопасность и живость возможен, так как позиции дублиры p_2 , p_6 , p_4 , p_8 представляют собой автоматные сети. Позицию p_{10} также можно рассматривать как дублир, представляющий автоматную сеть и состоящий из двух позиций (операций):

- предварительное охлаждение аммиака до температуры 40°C ;
- собственно процесс 2 – процесс получения производных аммония.

Из дерева достижимости (рис. 3) видно, что сеть безопасна, так как в каждой достижимой маркировке максимальное количество точек в позициях сети не превышает единицы.

Из дерева также видно, что сеть живая, так как в дереве нет тупиков (все ветви дерева заканчиваются дублирующими маркировками) и возможна последовательность переходов, срабатывание которых переводит сеть из любой достижимой маркировки в любую другую достижимую маркировку. Живость также важна при моделировании технологических процессов, так как означает, что процесс не остановится в некотором состоянии, и нет операций, выполнение которых недоступно в последующих циклах.

В маркировке (000100100100) переход t_8 сработать не может, так как к моменту завершения процесса 1Б процесс 1А должен быть подготовлен.

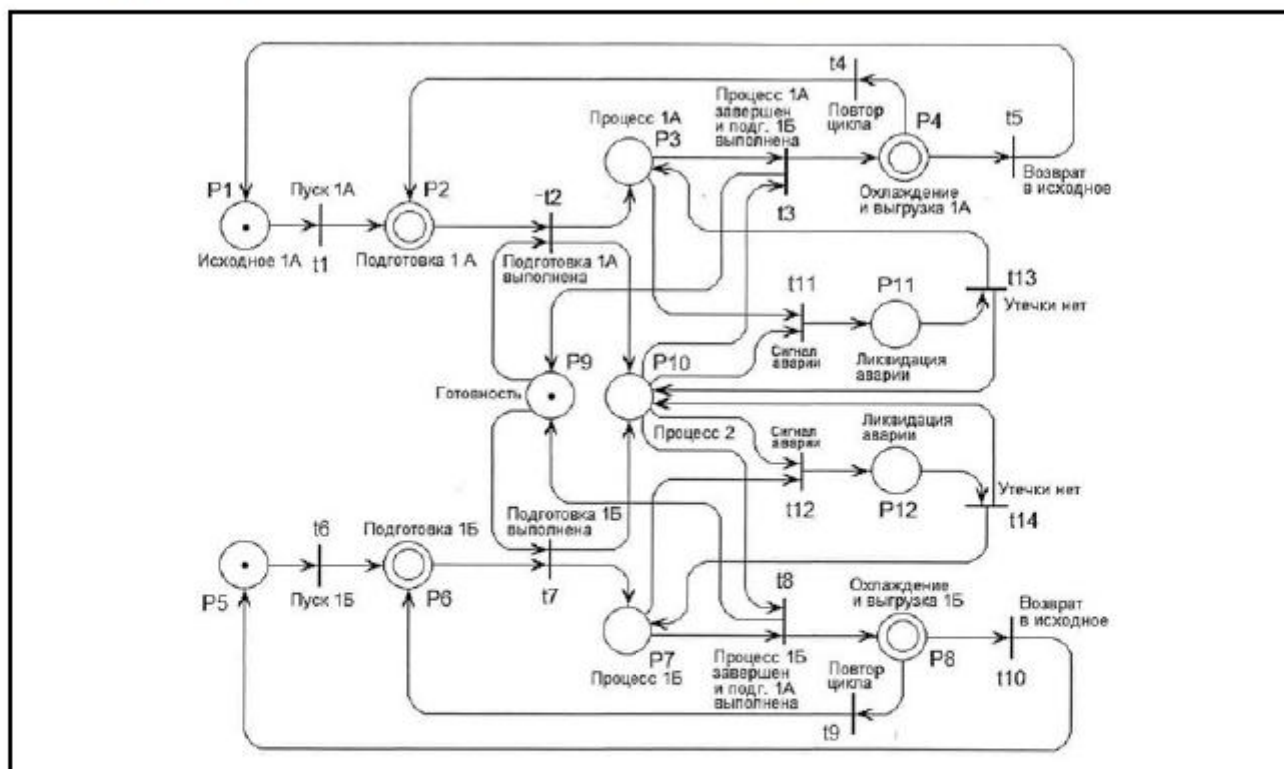


Рис. 2. Граф операций на основе сложной иерархической сети Петри

было обращено внимание на внезапную утечку аммиака, так как выбросы высокотоксичного аммиака из рефрижераторной системы мясокомбинатов (мясокомбинат «Микоян» (г. Москва) и мясокомбинат в г. Балаково (Саратовская обл.) приводили к гибели людей.

Нами предлагается адаптировать широко распространенную и апробированную противопожарную спринклерную систему для обезвреживания выбросов аммиака, поскольку аммиак весьма активно поглощается водой (1 л воды поглощает 700 л газообразного аммиака). Этому способствует разработка и выпуск промышленностью высокоэффективных датчиков обнаружения аммиака в атмосфере предприятий.

Идея совмещения двух процессов в целях ресурсосбережения и возможность ее реализации, несомненно, привлечет внимание специалистов.

Библиографический список

1. Букейханов Н.Р., Данкевич Е.А., Бриль Д.С. и др. Ресурсосбережение в некоторых процессах машиностроительного производства // Безопасность жизнедеятельности. 2006. № 6. С. 35-37.
2. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение: учебное пособие для студентов вузов. - М.: Машиностроение, 2007. - 256 с.
3. Никишечкин А.П. Реализация схем электроавтоматики на базе программируемых логических контроллеров S7-200 Siemens: учебное пособие по дисциплине «Электро-техника и электроника». - М.: МИИТ, 2012. - 164 с.
4. Шемелин В.К., Нежметдинов Р.А. Применение технологии клиент-сервер при проектировании контроллера типа SoftPLC для решения логической задачи в рамках систем ЧПУ // Автоматизация и современные технологии. 2010. №3. С. 31 - 37.
5. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л. Принципы построения распределенной системы ЧПУ технологическими машинами с использованием открытой модульной архитектуры // Справочник. Инженерный журнал. 2011. № 12. С. 45-51.
6. В.Н. Сергеев, Н.Р. Букейханов, А.П. Никишечкин, И.М. Чмырь, П.Б. Воробьев. Ресурсосберегающие интегрированные технические системы на основе процесса газового азотирования // Экология и промышленность России (ЭКиП). 2011. № 12. С. 8 - 9.
7. Григорьев С.Н. Современное вакуумно-плазменное оборудование и технологии комбинированного упрочнения инструмента и деталей машин // Технология машиностроения. 2004. № 3. С. 20-26.
8. Григорьев С.Н. Научно-технические проблемы построения современных технологических систем с числовым программным управлением // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 4. С. 19-26.
9. Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Козак Н.В., Пушков Р.Л. Прикладные решения в области управления электроавтоматикой станков с ЧПУ класса PCNC // Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. №4. С. 48-53.
10. Григорьев С.Н., Андреев А.Г., Мартинов Г.М. Перспективы развития кроссплатформенных компьютерных систем числового программного управления высокотехнологичного оборудования // Автоматизация в промышленности. 2011. №5. С. 3-8.

Данкевич Евгений Александрович – аспирант МГТУ «СТАНКИН».

Тел.: +7-985-268-94-05. E-mail: dankevich_ea@mosep.ru

Букейханов Нурым Раимжанович – д-р хим. наук, профессор кафедры

инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН».

Тел.: 8(909)-931-11-56. E-mail: bukeihanov2010@yandex.ru

Никишечкин Анатолий Петрович – канд. техн. наук, доцент кафедры компьютерных систем управления ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН».

Тел. 8-499-760-93-70, 8-915-325-51-32. E-mail: anatolij-petrovich@yandex.ru

Чмырь Инна Михайловна – канд. хим. наук, доцент кафедры инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН».

Тел.: 8(495)-347-70-60. E-mail: bukeihanov2010@yandex.ru

Dankevich Evgeniy Alexandrovich – postgraduate student of MSTU “STANKIN”.

Tel.: 7-985-268-94-05. E-mail: dankevich_ea@mosep.ru

Bukeixanov Nyrum Raimjanovich - doctor of chemical sciences, professor of sub-department “Engineering ecology and life safety” of MSTU “STANKIN”.

Tel.: 8(909)-931-11-56. E-mail: bukeihanov2010@yandex.ru

Nikishechkin Anatolij Petrovich - candidate of Science in engineering, associate professor of sub-department “Computer control system” of MSTU “STANKIN”.

Tel.: 8-499-760-93-70, 8-915-325-51-32. E-mail: anatolij-petrovich@yandex.ru

Chmir Inna Mixailovna - candidate of chemical sciences, associate professor of sub-department “Engineering ecology and life safety” of MSTU “STANKIN”.

Tel.: 8(495)-347-70-60. E-mail: bukeihanov2010@yandex.ru