

Исследование параметров эффективности автоматизированной ресурсосберегающей системы "Газовое азотирование – каталитический аммонолиз"

The parameters of efficiency automatized resourcesaving system "Gas nitriding – catalytic ammonolysis"

Исследованы параметры эффективности автоматизированной ресурсосберегающей системы "Газовое азотирование – каталитический аммонолиз". Определены экономически выгодные условия совместимости процессов и значения необходимых параметров автоматической системы управления.

The parameters of efficiency automatized resourcesaving system "Gas nitriding – catalytic ammonolysis" are investigated. Economical profitable conditions of compatibility of processes and values of parameters of automatic control system are estimated.

Ключевые слова: параметры, ресурсосбережение, азотирование, аммонолиз.

Key words: parameters, resourcesaving, nitriding, ammonolysis.

Ресурсосбережение материальных и энергетических ресурсов, сокращение затрат работы персонала (фактор повышения производительности труда), экономия финансовых средств являются актуальными проблемами современности.

Основные направления решения указанных проблем заключаются в совершенствовании технологии основных и вспомогательных процессов производства, минимизации объема материальных и энергетических отходов, совершенствовании организации производства и управления персоналом, автоматизации управления как техническими процессами, так и технологиями управления производством, логистикой, маркетингом и т.п.

Базовую стадию составляют технологии технических процессов, объем и состав материальных и энергетических отходов которых отражают уровень приближения к современным критериям эффективных производств.

Нами в результате анализа состояния процессов химико-термической обработки в машиностроении определена недостаточная эффективность использования аммиака и продуктов его превращений в технологиях газового азотирования. Так, при газовом азотировании аммиаком на образование целевого износостойкого нитридного покрытия на поверхности изделий из стали расходуется не более 1-5% азота аммиака. Оставшиеся после деструкции 40% аммиака и образую

щихся при его разложении смесь водорода и азота или сжигали, или поглощали водой, не доводя эту стадию производства до получения товарных продуктов [1].

Одним из направлений сбережения указанных материальных ресурсов является интеграция газового азотирования с производствами по переработке отходящего газового потока, реализация которой определяется как техническими, так и экономическими факторами.

Схема интегрирования производств в ресурсосберегающую систему включает следующие этапы (рис.1).

Основная задача данного этапа исследования - расчет объема катализатора аммонолиза в условиях, заданных составом отходящих газов процесса газового азотирования и выявление соответствия расчетных данных параметрам действующих установок каталитического аммонолиза.

Расчет объема катализатора проводили по уравнению:

$$V_{\text{катализатора}} = 3 \text{ сек} [k (V_{\text{аммиака}} + V_{\text{азота и водорода}} + V_{\text{спирта}} - 30 \text{ л азота})] / 3600,$$

где: 3 сек = время контакта реакции аммонолиза;

Этап 1. В работе [2] предложена принципиальная схема интегрированной ресурсосберегающей системы "Газовое азотирование – каталитический аммонолиз спиртов" (рис. 2).

Нами обоснованы параметры эффективного эффективного совмещения указанных процессов в условиях

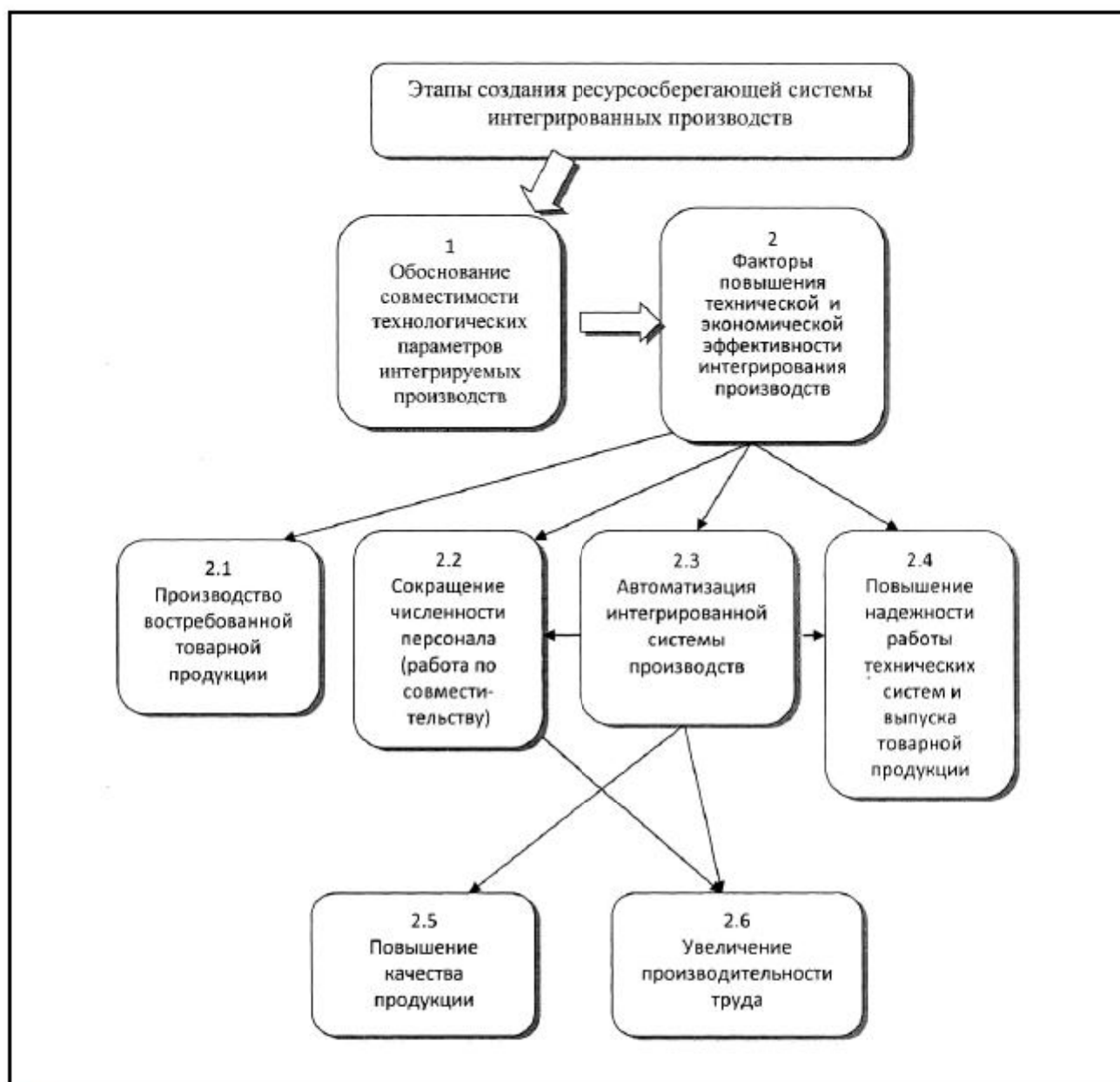


Рис. 1. Схема создания ресурсосберегающей системы интегрированных производств

газового азотирования, использованных АО «Политегмет» [3]: скорость подачи аммиака 600 л/час, время цикла азотирования 12 часов, температура 500°C, степень превращения аммиака в азот и водород - 60%, доля аммиака, образующего целевую нитридную пленку на поверхности изделия, - 1-5%.

Согласно [3] аммонолиз спиртов на установке каталитического синтеза с выходом целевых продуктов нитрилов около 90% проводят в следующих условиях: внутренний диаметр реакционной трубки установки аммонолиза - 30 мм, коэффициент заполнения трубки гранулами катализатора, размером 4x4 мм, около 0,5; время контакта газовой смеси с катализатором - 3 сек.,

температура процесса - 400°C, молярное соотношение спирта и аммиака 1: 3.

Основная задача данного этапа исследования - расчет объема катализатора аммонолиза в условиях, заданных составом отходящих газов процесса газового азотирования;

k - коэффициент возрастания объема абгазов с увеличением температуры, определяемый в рассмотренных условиях соотношением $(400^{\circ}\text{C} + 273) / (20^{\circ}\text{C} + 273)$ и равный 2,297;

$V_{\text{аммиака}}$ - объем аммиака в абгазах, л/час;

$V_{\text{азота}}$ и водорода (л/час), объем азота и водорода, образовавшихся в печи азотирования по уравнению дис-

социации $\text{NH}_3 \rightarrow 0,5\text{N}_2 + 1,5\text{H}_2$, который соответственно в 2 раза превышает объем разложившегося аммиака;

$V_{\text{спирта}}$ - объем этилового спирта, который соответственно условиям реакции аммонолиза составляет 1/3 объема аммиака;

Из общего объема отходящих газов вычитают 30 л азота, затраченного на образование нитридной пленки на поверхности изделий, помещенных в печь газового азотирования. Время работы катализатора аммонолиза в течение 1 часа = 3600 с.

Рассмотрены варианты ведения процесса азотирования, при которых степень диссоциации аммиака (α) равна 50 - 80%. Результаты расчетов приведены в таблице, в которой в нижней строке даны расчетные количества ацетонитрила (продукт аммонолиза этанола).

В нижней строке даны расчетные количества ацетонитрила (продукт аммонолиза этанола, выход согласно [3] 90%) за 12 часов работы интегрированного производства «Газовое азотирование – Каталитический аммонолиз».

1. Из таблицы следует, что комбинирование газового азотирования с аммонолизом реально, поскольку расчетные насыщенные объемы катализаторов аммонолиза соответствуют характеристикам установок аммонолиза, используемых в опытных производствах нитрилов и других продуктов аммонолиза [3,4].

1.1. Другой технической задачей является подбор теплообменника, обеспечивающего снижение температуры 500°C (температура газов, отходящих из шахтной печи газового азотирования) до 400°C (температура реакционной зоны каталитического реактора

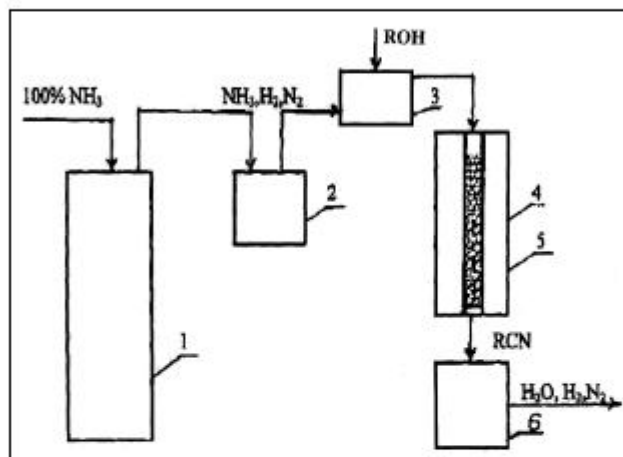


Рис. 2. Схема интегрированного производства "Газовое азотирование — аммонолиз": 1 - печь газового азотирования, 2 - предохранительная емкость, 3 - смеситель, 4 - реактор аммонолиза, 5 - катализатор, 6 - скруббер

аммонолиза спиртов). Для исключения существенно увеличения сопротивления в системе нами предлагается проводить теплообмен с отходящих газов в теплообменнике, охлаждаемом водой.

1.2. Целесообразно оценить возможность использования отходящей водородсодержащей газовой смеси как топлива для обогрева шахтной печи аммонолиза.

1.3. Оценка возможности использования водорода указанной газовой смеси для производства электроэнергии в соответствующем топливном элементе.

1.4. Оснащение средствами оповещения и активного воздействия на ликвидацию выбросов токсичного аммиака и пожаро-, взрывоопасного водорода газовой смеси.

Расчетные параметры объема катализатора аммонолиза, соответствующие условиям газового азотирования (условия приведены в тексте)

Параметры и показатели интегрированного производства	α аммиака, %			
	50	60	70	80
$V_{\text{аммиака}}$ в отходящих газах, л/час;	300	240	180	120
$V_{\text{этилового спирта}}$, л/час .	100	80	60	40
$V_{\text{азота и аммиака}}$, л/час.	600	720	840	960
$V_{\text{общий}}$ (абгазы+этанол*) при 400°C , л/час	970	1010	1050	1090
Объем катализатора аммонолиза, л	1,856	1,933	2,009	2,086
Масса ацетонитрила * за 12 часов, кг	1,975	1,583	1,186	0,788

*Ацетонитрил образуется по реакции $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{CN} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2$

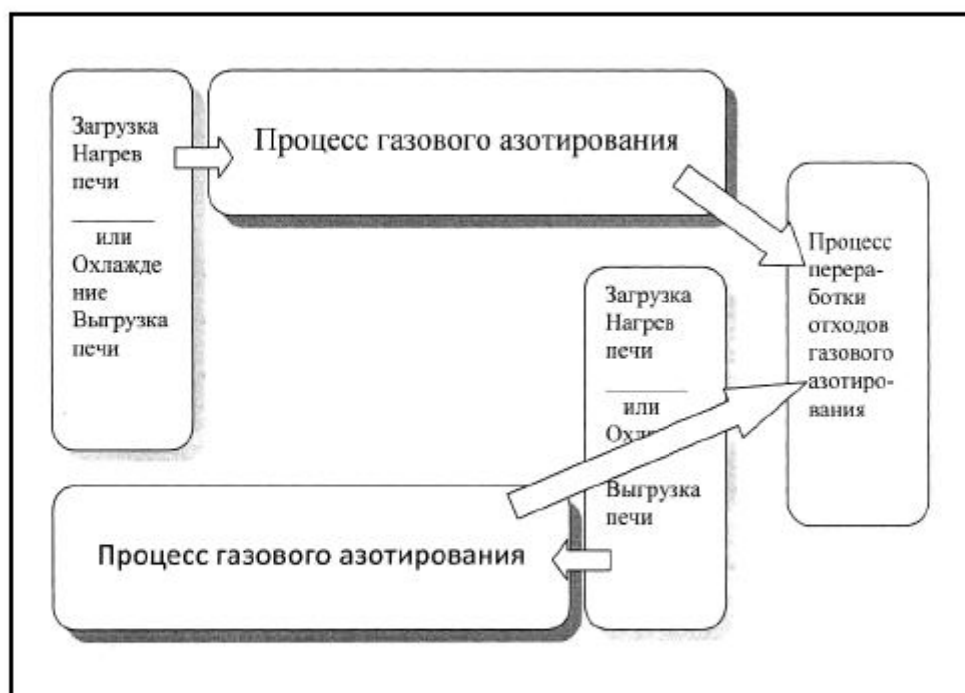


Рис. 3. Схема работы 2-х параллельных линий процесса газового азотирования, обеспечивающая её непрерывность

- повысить качество продукции;
- увеличить производительность труда.

При этом система автоматического управления такой многопараметрической системой должна обеспечить регулирование температуры в зоне газового азотирования и каталитического аммонолиза с точностью $\pm 5^{\circ}\text{C}$, скорость подачи аммиака ± 10 л/час, скорость пода-

2. Учитывая периодичность процесса азотирования (чередование стадий загрузки и выгрузки упрочняемых изделий) целесообразно включить в производство две линии газового азотирования, с основной стадией работы которых можно интегрировать одну установку каталитического аммонолиза (рис.3).

2.1. Для получения ацетонитрила в количестве 1,1-1,5 кг (при строгом соблюдении условий эффективного протекания процесса газового азотирования) более благоприятна степень диссоциации аммиака при азотировании, равная 60-70%.

Получение нитрилов вместо сжигания абгазов газового азотирования выгодно как точки зрения получения ценного растворителя (ресурсосбережение), так и с позиций обеспечения охраны труда и экологической безопасности — снижения выброса в помещение предприятия и в атмосферу углекислого газа (парниковый газ) и оксидов азота.

2.2. Интегрирование производств позволяет сократить численность персонала за счет работы специалистов по совместительству.

2.3. Автоматизация интегрированных производств позволяет:

- снизить негативное влияние человеческого фактора;
- обеспечить быстрдействие и надежность работы технических систем и соответственно и синхронность выполнения операций в сложной интегрированной системе;

чи спирта ± 10 г/час, время отклика систем автоматического управления по температуре и давлению в системе газового азотирования и каталитического аммонолиза 10-40 сек., изменений концентраций реагентов - 1-10 мин., пожарной и токсикологической опасности - 10-20 сек. [3-6].

2.4. Интегрирование производств также как и автоматизация позволяет повысить стабильность экономических показателей совокупного выпуска товарной продукции (продукции азотирования и продукции, получаемой из отходов газового азотирования) за счет увеличения надежности работы технических систем.

2.5 и 2.6. Создание эффективных ресурсосберегающих интегрированных производств позволяет повысить качество продукции и увеличить производительность труда персонала производства.

Библиографический список

1. Букейханов Н.Р., Бриль Д.С., Данкевич Е.А.и др. Ресурсосбережение в некоторых процессах машиностроительного производства//Безопасность жизнедеятельности, 2006, №6. с. 35-37.
2. Колесников И.В. Комбинированное производство «Газовое азотирование — каталитический аммонолиз» // Сборник тр/ межд.научно-практ. конф.ПРОТЭК-2006., М.: изд-во «Янус-К», с.98-104.
3. Букейханов Н.Р., Суворов Б.В., Макетов А.К и др. Газофазный каталитический аммонолиз – метод синтеза полупродуктов полимерных материалов и их модификато-

ров / В кн. «Исследование мономеров и полимеров, Алма-Ата. Изд-во Наука КазССР, 1986, с.3-16.

4. Суворов Б.В., Букейханов Н.Р. Макетов А.К. и др. Катализатор для получения бутиронитрилов // Положительное решение по заявке на госпатент на изобретение № 4108099/3104(125638) приоритет от 18.08.86.

5. Митин Т.П., Хазанова О.В. Системы автоматизации с использованием программируемых логических контроллеров: Учебное пособие. - М.: ИЦ МГТУ «Станкин», 2005. -136 с.

6. Никишечкин А.П. Теория дискретных систем управления. Учебное пособие. - М.: ИЦ МГТУ «Станкин», 2006. - 246 с.

Сергеев Вадим Николаевич - аспирант кафедры «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности» МГТУ «СТАНКИН»

Тел.: 8 (499) 972-94-83

Ульянов Дмитрий Юрьевич – аспирант кафедры «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности» МГТУ «СТАНКИН»

Тел.: 8 (499) 972-94-83

Букейханов Нурым Раимжанович – д-р хим. наук, профессор кафедры «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности» МГТУ «СТАНКИН»

Тел.: 8(499) 972-94-83

Воробьев Павел Борисович – д-р хим. наук, зав. лаб. нефтехимического синтеза АО «Институт химических наук» НАН Республики Казахстан

Никишечкин Анатолий Петрович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Компьютерные системы управления» МГТУ «СТАНКИН»

Тел.: 8 (499) 972-94-40

Чмырь Инна Михайловна – канд. хим. наук, доцент кафедры «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности» МГТУ «СТАНКИН»

Тел.: 8(499) 972-94-83

Sergeev Vadim Nikolaevich - Postgraduate student of subdepartment "Engineering Ecology and Safety of Ability to Live" of MSTU "STANKIN"

Tel.: +7 (499) 972-94-83

Ulyanov Dmitry Yuryevich - Postgraduate student of subdepartment "Engineering Ecology and Safety of Ability to Live" of MSTU "STANKIN"

Tel.: +7 (499) 972-94-83

Bukeikhanov Nuryim Raimzhanovich- Candidate of Chemical Sciences, Professor of subdepartment "Engineering ecology and safety of ability to live" of MSTU "STANKIN"

Tel.: +7 (499) 972-94-83

Vorobyev Pavel Borisovich - D.Sc. in Chemistry, chief of petrochemical laboratory of AO "Institute of Chemical Science". National Academia of Science of Republic Kazakhstan

Nikichechkin Anatolij Petrovich - Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of subdepartment "Computer control systems" of MSTU "STANKIN"

Tel.: +7 (499) 972-94-40

Chmir Inna Mikhailovna - Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of subdepartment "Engineering Ecology and Safety of Ability to Live" of MSTU "STANKIN"

Tel.: +7 (499) 972-94-83

