

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВАКУУМ-КРИСТАЛЛИЗАТОРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СУЛЬФАТА АММОНИЯ

Д.А. Пешехонова, студент

Научный руководитель: В.А. Ермолаева, канд. хим. наук, доцент

Муромский институт Владимирского государственного университета имени А. Г. и Н. Г. Столетовых
(Россия, г. Муром)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-3-2-140-142

Аннотация. В данной статье изучается возможность применения оборудования для получения крупнокристаллического сульфата аммония. Подробно рассмотрена технологическая схема получения сульфата аммония, дана характеристика целевого продукта – чистого сульфата аммония, рассмотрены основные химические и физические свойства исходных веществ – аммиака и серной кислоты. Представлен расчет материальных и тепловых потоков производства. Проанализированы возможные типы кристаллизационного оборудования. Подробно рассмотрена конструкция и правила работы вакуум-кристаллизатора. Произведен расчет технологических и габаритных характеристик.

Ключевые слова: вакуум-кристаллизатор, сульфат аммония, аммиак, сатураторный способ.

Сульфат аммония – ценное минеральное удобрение, которое востребовано на рынке и пользуется хорошим спросом. Наибольшие требования предъявляются к качественным характеристикам данного продукта, в частности, к слёживаемости сульфата аммония, которая обусловлена наличием мелкой фракции кристаллов. Следовательно, актуальным направлением производства является получение крупнокристаллического продукта. Цель работы заключается в изучении возможности применения вакуум-кристаллизатора, при работе которого выпавшие кристаллы укрупняются.

При анализе производства необходимо охарактеризовать:

1. Целевой продукт и исходное вещество.

2. Рассмотреть и дать описание технологического процесса получения сульфата аммония, произвести характеристику процесса кристаллизации и представить основную классификацию кристаллизационного оборудования.

3. Дать основную характеристику технологического оборудования: вакуум-кристаллизатора, рассчитать установку вакуум-кристаллизатора.

4. Изучить вопросы техники безопасности при работе с вакуум-кристаллизатором.

Характеристика веществ и технологического процесса

Чистый сульфат аммония – бесцветные прозрачные кристаллы, белый порошок. Запаха не имеет. Гигроскопичность невысокая. Сульфат аммония получают при взаимодействии раствора серной кислоты с газообразным аммиаком: $2\text{NH}_3(\text{газ}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{ж}) = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 274 \text{ кДж}$

В данной работе рассматривается сатураторный способ получения кристаллов сульфата аммония. Для нейтрализации применяют 78% раствор серной кислоты. В сатуратор подводят дополнительное тепло с коксовым газом, нагретым до 60-80 °С. Затем к газу подмешивают пароаммиачную смесь и смесь поступает в сатуратор. Коксовый газ барботирует через раствор. Для получения крупных кристаллов в сатураторе поддерживают температуру не выше 50 °С. Пульпа содержит раствор и выделившиеся из него кристаллы сульфата аммония, далее поступает в автоматическую центрифугу непрерывного действия. Продукт, выходящий из центрифуги, подсушивается в сушилке.

Расчет материального и теплового балансов

Расчет материальных потоков производился, ориентируясь на получение 1000 кг влажного сульфата аммония сатураторным способом, по следующим исходным данным:

Содержание в коксовом газе: NH_3 9 г/м³, H_2O 28 г/м³; Плотность газа 0,42 кг/м³; Содержание в паро-аммиачной смеси: NH_3 15%, H_2O 85%; Потери NH_3 с отходящим коксовым газом 0,3 %. Найденное количество влажного сульфата аммония, выгруженного из центрифуги 1020 кг.

Таблица 1. Баланс материалов производства

Введено	кг	Получено	кг
Коксовый газ:	10632,22	Коксовый газ	9890,96
аммиак	232,52	аммиак	0,78
пары воды	724,72	сухой газ	9890,18
сухой газ	9674,98	Пары воды	1122,6
Паро-аммиачная смесь	172,0	Сульфат аммония (влажный):	1020,0
аммиак	25,84	сульфат аммония	
пары воды	146,83	вода	1000,0
Серная кислота(78%-ная):	951,85		20,0
Серная кислота(100%-ная)	742,44		
вода	209,41		
Итого	12941,79	Итого	13053,56

Невязка материального баланса составляет 0,8 %.

Расчет теплового баланса производства 1000 кг сульфата аммония (100%).

Суммарный приход тепла:

$$Q_{\text{прих}} = 715675,7 + 94844,02 + 1276431 + 433636 + 4896 = 1262456,03 \text{ ккал}$$

Суммарный расход тепла:

$$Q_{\text{расх}} = 398340,19 + 699087,06 + 24285,76 = 1121713,01 \text{ ккал}$$

Таблица 2. Результаты расчета тепловых потоков производства

Приход	Количество тепла ккал/кдж	%	Расход	Количество тепла ккал/кдж	%
С коксовым газом	<u>715675,7</u> 2996,39	56,7	С сухим коксовым газом	<u>398340,19</u> 1667,770	31,6
С аммиачной смесью	<u>94484,02</u> 395,586	7,5	С парами воды	<u>699087,064</u> 2926,94	55,4
С серной кислотой	<u>12764,31</u> 53,4416	1,0	С сульфатом аммония	<u>24285,76</u> 101,679	1,9
Тепло реакции синтеза (NH_4) ₂ SO ₄	<u>433636</u> 1815,54	34,4	Тепловые потери	<u>139743,02</u> 585,076	11
Воды промыва (NH_4) ₂ SO ₄	<u>4896</u> 20,499	0,4			
Итого	<u>1261456,03</u> 5281,4566	100	Итого	<u>1261456,03</u> 5281,465	100

Невязка теплового баланса составила 0,00017%.

Расчет установки вакуум-кристаллизатора

Кристаллизационное оборудование классифицируют по способу работы аппаратов (периодического и непрерывного действия), по размеру получаемых кри-

сталлов (с регулируемым и нерегулируемым ростом кристаллов).

Для производства сульфата аммония целесообразно использовать циркуляционный вакуум-кристаллизатор, отличающийся высокой производительностью и образованием достаточно крупных кри-

сталлов. Аппарат состоит из корпуса, циркуляционной трубы, испарителя и двух пульсирующих клапанов, через которые осуществляются вход питающего раствора и выход суспензии. Исходный раствор поступает в нижнюю часть циркуляционной трубы, и, поднимаясь, вскипает с образованием вторичного пара и пересыщенной суспензии.

Рассчитаны: объемный расход по маточному раствору, который составляет $4.3 \cdot 10^{-4}$ м³/с, степень смешения раствора 15,8, температура после процесса смешивания 65,9, высота кристаллизатора 6,4 м, диаметр и высота сепаратора 0,62 м. Для обеспечения производственной безопасности при работе вакуум-кристаллизатора необходимо:

- применять автоматику и дистанционное управление производством;

- обязательное наличие и исправная работа приточно-вытяжной вентиляции для удаления вредных веществ и снижения их концентрации;

- обязательное применение СИЗ при ведении ремонтных работ;

Заключение

Исходя из расчетной части (материального баланса) было найдено суммарное количество материалов, полученных в процессе = 12033,56 кг, а в последующем и невязка материального баланса = 0,8%.

В результате расчета теплового баланса был найден суммарный приход тепла $Q_{\text{прих}} = 1262456,03$ ккал; суммарный расход тепла $Q_{\text{расх}} = 1121713,01$ ккал, а также невязка теплового баланса 0,0001704%. Проведены расчеты технологических и габаритных характеристик вакуум – кристаллизатора.

Библиографический список

1. Ермолаева, В. А. Анализ технологического процесса производства азотной кислоты / В. А. Ермолаева, Д. М. Поликарпова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 5-2. – С. 73-76. – EDN XRGLWH.
2. Ермолаева, В. А. Алгоритмы расчета и расчетные характеристики химико-технологических процессов / В. А. Ермолаева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 5-1. – С. 28-32. – EDN XQFZWH.
3. Татарко, В.И. Особенности сатураторного процесса получения крупнокристаллического сульфата аммония / В.И. Татарко // Кокс и химия. – 2004. – №10. – С. 31-39.
4. Кауфман, А.А. Технология коксохимического производства / А.А. Кауфман, Г.Д. Харлампович. – Екатеринбург: Вухин, 2005 – 288 с.

STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING A VACUUM CRYSTALLIZER TO PRODUCE LARGE-CRYSTAL AMMONIUM SULFATE

D.A. Peshekhonova, Student

Supervisor: V.A. Ermolaeva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Murom Institute of Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletov (Russia, Murom)

Abstract. This article examines the possibility of using equipment for the production of large-crystal ammonium sulfate. The technological scheme for the production of ammonium sulfate is considered in detail, the characteristics of the target product – pure ammonium sulfate are given, the basic chemical and physical properties of the starting substances – ammonia and sulfuric acid are considered. The calculation of material and heat flows of production is presented. Possible types of crystallization equipment are analyzed. The design and operating rules of the vacuum crystallizer are considered in detail. The calculation of technological and dimensional characteristics was made.

Keywords: vacuum crystallizer, ammonium sulfate, ammonia, saturation method.