

В. А. Лашков, С. Г. Кондрашева, А. В. Тюрин

РАЗРАБОТКА АППАРАТОВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ, СОПРОВОЖДАЮЩИХСЯ ПАРОГАЗОВЫМИ ВЫБРОСАМИ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ

Ключевые слова: парогазовые выбросы, абсорбция, герметичное оборудование, понижение давления.

Усовершенствованы технологии переработки твердой фазы, основанные на принципах герметичного исполнения основных аппаратов химико-технологического комплекса. Оборудование может быть использовано в шинном производстве и производстве наполненных пластиков.

Keywords: steam-gas emissions, absorption, tight equipment, pressure reduction.

The processing technologies of solid phase, based on the principles of encapsulated design of the main apparatus chemical engineering were improved. The equipment can be used in tire production and the production of filled plastics.

Ежегодно в мире промышленные производства выбрасывают в атмосферу 700 млн. т вредных веществ, причем 600 млн. т составляют газообразные вещества [1]. Основными причинами загрязнения воздуха являются использование морально и физически устаревшего оборудования, а также конструктивные недостатки машин и аппаратов, применяемых для ведения некоторых технологических операций; несовершенство и периодичность технологических процессов [2].

Решение проблемы охраны окружающей среды на предприятиях химической промышленности проводится по трем основным направлениям [3]:

- создание новых технологических процессов, основанных на безотходном принципе;
- усовершенствование технологических процессов, позволяющее ликвидировать или уменьшить выбросы токсичных веществ в атмосферу;
- обработка промышленных газовых выбросов с целью извлечения примесей и дальнейшего их использования или нейтрализации их вредного воздействия на окружающую среду.

Основной целью этих направлений является разработка оборудования, способного воздействовать на газовые выбросы различными средствами, для обеспечения санитарных требований по чистоте выбросных газов. Выбор методов очистки и обезвреживания промышленных выбросов, находящихся в газообразном состоянии или в виде аэрозоля, определяется специфическими особенностями газовых систем (составом и концентрациями токсигенов, характеристиками газо- и пылесодержания, периодичностью поступления выбросов в атмосферу), а также требованиями, предъявляемыми к степени очистки. Для обезвреживания газовых выбросов применяют сорбционные, химические, конденсационные методы и методы окисления (термического и каталитического). В ряде случаев они достаточно эффективны или каждый сам по себе или в сочетании друг с другом. Универсального метода, позволяющего добиться обезвреживания токсичных продуктов в широком интервале концентраций для различных технологических процессов, не существует. В каждом конкретном случае применяется наиболее пригодный метод (или сочетание методов), определенный технико-экономическим расчетом.

С целью улавливания газообразных приме-

сей применяют процессы конденсации, сорбции (абсорбции и адсорбции), хемосорбции.

Абсорбционную очистку выбросов в атмосферу используют как для извлечения ценного компонента из газа, так и для санитарной очистки газа. Абсорбционной обработке подвергают выбросы, загрязнители которых хорошо растворяются в абсорбенте. Абсорбцию целесообразно применять, если концентрация данного компонента в газовом потоке составляет свыше 1%. Если при этом концентрация загрязнителя в выбросах превышает $(1-2) \cdot 10^{-3}$ кг/м³, то технически возможно достичь степени очистки более 90%. Абсорбция - наиболее распространенный процесс очистки газовых смесей во многих отраслях. Ее применяют для очистки выбросов от сероводорода, других сернистых соединений, паров соляной, серной кислот, цианистых соединений, органических веществ (фенола, формальдегида и др.). В качестве абсорбента чаще всего используют воду или органические жидкости, кипящие при высокой температуре.

В ряде работ [4-8] для улавливания газообразных выбросов показана целесообразность применения технологий на основе оборудования герметичного исполнения с понижением общего или частичного давлений парогазовой среды.

Технологические процессы, протекающие при понижении давления, осуществляются в герметично закрытых аппаратах и характеризуются минимальными выбросами испаряемой жидкости в окружающую среду. К числу таких процессов относится химическое взаимодействие реагентов в многофазных средах при термической обработке, сопровождающееся выделением большого количества паров и газов.

Термическая обработка твердых материалов (например, полимеров) в зависимости от назначения процесса приводит к разложению вещества или его полимеризации с выделением большого количества газообразных продуктов химической реакции. При разработке аппаратурного оформления процессов, сопровождающихся химическим превращением твердой фазы, необходимо обеспечить отвод парогазовой смеси из реакционной зоны в устройства газоочистки с целью ликвидации выбросов в окружающую среду.

Аппаратурное оформление процесса полимеризации

В процессе термической обработки полимеров (вулканизация резины), представляющей собой химический процесс перехода линейных полимеров в трехмерные структуры, выделяется смесь газов.

Вулканизационные газы по данным [9] содержат до 400 различных компонентов, в том числе 12 канцерогенных нитрозоаминов. Суммарное содержание газообразных веществ при пересчете на углерод, диоксид серы и аминогруппы составляет 71, 26, 28,6 и 0,14% соответственно. Анализ воздуха рабочей зоны на качественный состав вулканизационных газов позволил определить альдегиды, кетоны, алканы C_5-C_{17} , алкены и циклоалкены C_5-C_{15} , циклоалканы C_5-C_9 , ароматические углеводороды C_6-C_{14} , полиароматические углеводороды, амины, N-нитрозоамины и серосодержащие соединения, обладающие вредным влиянием на человека и окружающую среду.

Количество выделяющихся газов в процессе вулканизации шин зависит от типа оборудования [9] (см. табл. 1).

Известные конструкции форматоров-вулканизаторов отечественного и зарубежного производства не обеспечивают сокращения газовых выбросов в процессе переработки полимеров в изделие [10, 11].

Таблица 1 - Газовыделение на различном оборудовании при вулканизации шин

Тип вулканизационного оборудования	Температура вулканизации,	Производительность	Количество выделяющихся газов	
	°С		г/ч	г/кг изд.
Форматор-вулканизатор: 55"	153	90	63	0,700
15"	153	53	37	0,698
83"	153	34	24	0,705
Многопозиционный Вулканизатор: ВПМ-2-100	180	363	254	0,699
ВПМ-2-200	160	2460	1720	0,699
ВПМ-2-300	160	1428	1000	0,700
Вулканизатор для камер: 50-1140	180	21	15	0,714
85-1400	175	35	25	0,714
180-1870	160	50	35	0,700
Многопозиционный вулканизатор для камер	180	112	78	0,696
ЛВА-1 Вулканизатор	180	30	21	0,70

Для исключения газообразных выбросов процесс очистки необходимо организовать по многоступенчатой схеме контакта фаз, а в качестве рабочей жидкости использовать универсальный абсорбент, например, воду.

На рис.1. представлена установка [12], которая содержит паровую камеру 6 с крышкой 7, размещенную в камере пресс-форму, механизм 4 сбрасывания готовой покрывки 3, диафрагму 5 и

вытяжную систему, соединенную с полостью паровой камеры 6. Пресс-форма образована нижней 2 и верхней 1 полуформами, которые связаны с камерой 6 и ее крышкой 7. Верхняя полуформа связана с крышкой 7 при помощи гибкой мембраны 12 и штока 10.

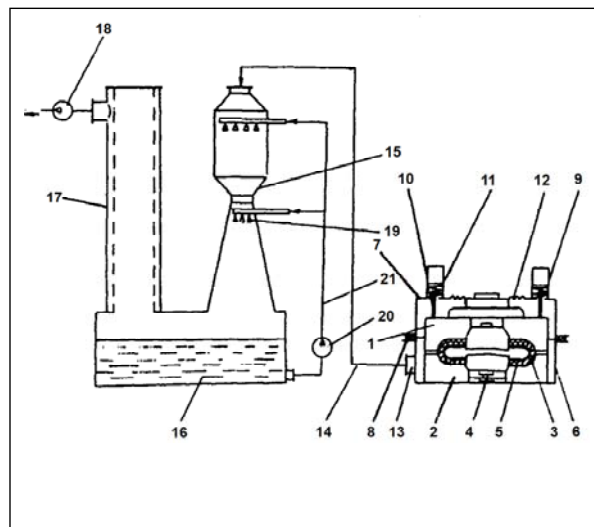


Рис. 1 - Принципиальная схема установки для переработки полимеров в изделия

ков 10. На крышке 7 установлены стаканы 9 с пружинами 11, а штоки 10 установлены в стаканах 12. Вытяжная система включает вентиляционную линию 14, скруббер Вентури 15, приемную емкость 16, рукавный фильтр 17 и вытяжной вентилятор 18. Скруббер 15 снабжен форсунками 19 для распыления абсорбента, которые сообщены с приемной емкостью 16 через циркуляционный насос 20 и линию 21 подачи адсорбента.

Установка работает следующим образом. Невулканизированную резину подают на нижнюю полуформу 2. После проверки ее посадки контрольными щупами опускают верхнюю полуформу 1 с крышкой 7. Крышка 7 герметично закрывает паровую камеру 6. В дальнейшем при перемещении верхней полуформы 1 по направлению к нижней полуформе 2 штоки 10 в стаканах 9 сжимают пружины 11, что обеспечивает надежную герметизацию паровой камеры за счет деформации прокладки 8. После закрытия пресс-формы в диафрагму 5 подают пар с избыточным давлением. Под действием пресового усилия и давления пара в диафрагме 5 стенки покрывки 3 выгибаются, покрывка 3 вначале формируется и затем вулканизируется. По окончании процессов формования и вулканизации включают вытяжной вентилятор 18 и циркуляционный насос 20. Циркуляционный насос 20 нагнетает рабочую жидкость на форсунки 19, проходя через которые струи дробятся на капли, увеличивая поверхность массообмена.

В момент раскрытия пресс-формы (герметичный кожух за счет действия сжатой пружины 11 закрыт) пары и газы, образовавшиеся при вулканизации, отводятся вытяжным вентилятором 18 через герметичный кожух, патрубок 13 и вентиляционную линию 14 в скруббер Вентури 15, где парогазовая

смесь сорбируется рабочей жидкостью. Окончательная очистка воздуха осуществляется при его прохождении над поверхностью абсорбента в приемной емкости 16 и при фильтрации через рукавный фильтр 18. После раскрытия паровой камеры крышка 3 при помощи механизма сбрасывания удаляется из пресс-формы. В разработанной конструкции герметичный кожух остается закрытым до тех пор, пока раскрытие пресс-формы не устранил деформацию пружины 11 и штоки 10 не соединяются с доньями стаканов 9. Этого отрезка времени достаточно для полного удаления вулканизационных газов на очистку.

Аппаратурное оформление процесса получения наполненных пластиков

Фенольные стекловолокниты АГ-4В и ДСВ, обладая рядом ценных технологических свойств, вместе с тем содержат опасные фенол и формальдегид.

В справочной литературе [13] приводится сравнительная информация по предельно-допустимым концентрациям (ПДК) веществ, входящих в состав фенолформальдегидных прессматериалов (смол), и порогам восприятия запаха:

- ПДК по фенолу 0,1 мг/м.куб (0,0001 мг/л); порог восприятия запаха фенола составляет 0,004 мг/л, что в 40 раз больше ПДК;

- ПДК по формальдегиду 0,05 мг/м.куб (0,00005 мг/л), порог восприятия запаха формальдегида, по разным данным, 0,00007-0,0004 мг/л, что в 1,4-8 раз больше ПДК.

Известные технологии и технические решения по производству фенопластов не обеспечивают снижение концентраций вредных веществ в зоне обслуживания экструдера и ликвидацию выбросов летучих компонентов в окружающую среду [14-15]. Пыль и летучие компоненты выделяются через узлы ввода полимера, стекловолокна и неплотности оборудования, а также низкой степенью надежности работы системы газоочистки вследствие ограниченного радиуса действия местных отсосов. Низкая концентрация летучих компонентов в вентиляционном потоке снижает эффективность очистки воздуха методом абсорбции, что приводит к выбросам вредных веществ в окружающую среду.

Для сокращения пылегазовых выбросов в зону обслуживания и атмосферу разработана установка для получения наполненных пластмасс [16] (рис.2), преимущественно стекловолокнита, которая состоит из экструдера 1, линий подачи фенолформальдегидной смолы 2 и наполнителя 3, герметичного кожуха 4, промежуточной емкости 5, устройства улавливания пыли и летучих компонентов, линии циркуляции абсорбента, вентиляционной системы.

Устройство улавливания пыли и летучих компонентов состоит из рукавного фильтра 6 и скруббера 7. Промежуточная емкость 5 включает в себя патрубки ввода 8 и отвода 9 абсорбента, патрубки отвода шлама 10 и абсорбента на нейтрализацию уловленных компонентов, ввода 11 регенерированного абсорбента, сетку 12.

Линия циркуляции абсорбента состоит из промежуточной емкости 5, насоса 13, коллектора 14, распыливающих форсунок 15, сборника жидкости 16, штуцера 17, трубопровода 18.

Вентиляционная система состоит из коллектора 19, отбойника 20, патрубка 21, вентилятора 22 и воздухопроводов 23. Рукавный фильтр 6 включает в себя трубную решетку 24, фильтрующие рукава 25 и межукавное пространство 26.

Экструдер 1 помещен в герметичный кожух 4, а выходной конец экструдера 1 - в герметичный приемник 27, сообщенный через патрубки 28, 29 и воздухопровод 23 с коллектором 19.

Рукавный фильтр 6 расположен в верхней части скруббера 7, а форсунки орошения 15 линии циркуляции введены в каждый рукав 25 фильтра. Нижний срез патрубка ввода 8 абсорбента расположен под сеткой 12, а патрубка отвода 9 абсорбента - над сеткой 12.

Установка работает следующим образом. Перед началом работы включают насос 13, обеспечивающий циркуляцию абсорбента. Рабочая жидкость из промежуточной емкости 5 поступает в коллектор 14 и равномерно подается на форсунки 15, обеспечивающие ее дробление на мелкие капли и создание развитой массообменной поверхности. В ограниченном пространстве рукавов 25 рукавного фильтра 6 достигается высокая плотность орошения,

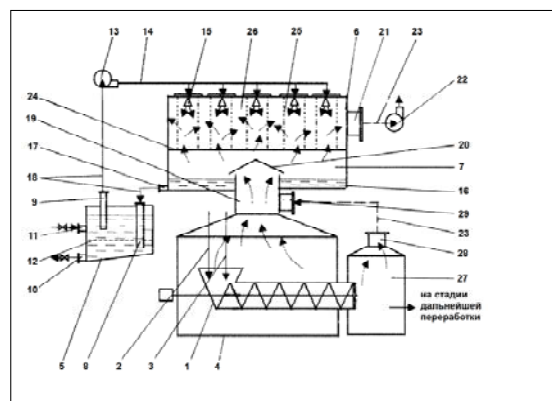


Рис. 2 - Принципиальная схема установки для получения наполненных пластиков

приводящая дополнительно к возникновению пленочного течения абсорбента по фильтрующей поверхности. Из рукавного фильтра 6 через отверстия трубной решетки 24 рабочая жидкость стекает в сборник 16, из которого через штуцер 17 по трубопроводу 18 и патрубку ввода 8 поступает самотеком в промежуточную емкость 5.

Включают вентилятор 22 и по линиям подачи 2, 3 подают компоненты на смешение в экструдер 1. Готовая масса через фильеру экструдера 1 выдавливается в герметичный приемник 27, а оттуда поступает на стадии ее дальнейшей обработки.

Выделяющиеся в процессе работы экструдера 1 пыль и летучие компоненты из герметичного кожуха и герметичного приемника 27 через патрубки 28, 29, воздухопровод 23, коллектор 19, отражаясь от отбойника 20, поступают в скруббер 7 на абсорбцию. Взаимодействуя с распыленной рабочей жид-

костью и пленкой абсорбента, стекающего по фильтрующей поверхности, а также проходя через рукава 25 в межукавное пространство 26 фильтра 6, воздушный поток очищается от твердых частиц и газовых компонентов. Очищенный воздух выбрасывается в атмосферу через патрубок 21, воздухопровод 23 вентилятором 22.

Отработанный абсорбент из сборника 16 поступает в донную часть промежуточной емкости 5, при этом твердые частицы задерживаются сеткой 12, а очищенная от механических примесей рабочая жидкость через патрубок отвода 9, трубопровод 18, насос 13 и коллектор 14 направляется на форсунки 15.

По мере повышения концентрации уловленных компонентов в абсорбенте и твердой фазы под сеткой 12 промежуточной емкости 5 рабочую жидкость частично удаляют на регенерацию через патрубок 10 при открытом вентиле. В то же время через патрубок 11 при открытом вентиле промежуточную емкость 5 заполняют абсорбентом с восстановленными свойствами.

Литература

1. Ю.Н. Бродский, Л.Н. Мельникова, *Промышленная и санитарная очистка газов*, 5, 35-38 (1975).
2. Г.А. Быстров, В.М. Гельперин, Б.Н. Титов, *Обезврежи-*

вание и утилизация отходов в производстве пластмасс. Химия, Ленинград, 1977. 266 с.

3. К.А. Буштуева и др. *Руководство по гигиене атмосферного воздуха*. Медицина, Москва, 1976. 82 с.
4. В.А. Лашков, С.Г. Кондрашева, *Вестн. Казан. технол. ун-та*, **14**, 20, 122-129 (2011).
5. В.А. Лашков, С.Г. Кондрашева, *Вестн. Казан. технол. ун-та*, **14**, 16, 210-215 (2011).
6. В.А. Лашков, С.Г. Кондрашева, Д.А. Казанцева, *Вестн. Казан. технол. ун-та*, **14**, 8, 135-143 (2011).
7. В.А. Лашков, *Вестн. Казан. технол. ун-та*, **16**, 24, 118-121 (2013).
8. В.А. Лашков, С.Г. Кондрашева, *Вестн. Казан. технол. ун-та*, **15**, 15, 201-207 (2012).
9. Р.С. Ильясов, В.П. Дорожкин, Г.Я. Власов, А.А. Мухутдинов, *Шины. Некоторые проблемы эксплуатации и производства*, Казань, КГТУ, 2000. 576 с.
10. Пат. США 4.573.894 (1986).
11. Авт. свид. СССР 1.766.688 (1986).
12. Пат. РФ 2.092.313 (1997).
13. Н.В. Лазарев, Э.Н. Левина *Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Том I. Органические вещества*. Химия, Ленинград, 1976. 592 с.
14. Авт. свид. СССР 1.801.752 (1993).
15. Авт. свид. СССР 1.807.632 (1996).
16. Пат. РФ 2.185.961 (2002).