

И. М. Аюпов, В. И. Петров, А. Ф. Махоткин,
Б. И. Мубаракшин

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ АММИАКА АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ С ОЧИСТКОЙ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ

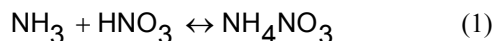
Ключевые слова: карбамид, аэрозоль, азотная кислота.

Предложены способы интенсификации процесса нейтрализации газов дистилляции производства карбамида, а также методы очистки газов от паров NH_3 , HNO_3 и NH_4NO_3 .

Keywords: carbamide, aerosol, nitric acid.

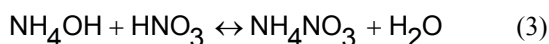
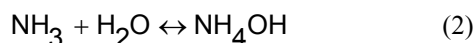
Ways of an intensification of neutralization process of carbamide manufacture distillation gases, and gas clearing methods from aerosol NH_3 , HNO_3 and NH_4NO_3 .

В основу способа производства аммиачной селитры положена реакция нейтрализации аммиака азотной кислотой [1].



При относительно высокой температуре и высокой концентрации паров аммиака и паров HNO_3 реакция (1) протекает преимущественно в газовой фазе. При этом образуется аэрозоль NH_4NO_3 .

Однако на практике наибольшее распространение получил способ хемосорбции аммиака водным раствором азотной кислоты. При этом образуется раствор селитры с концентрацией около 70%. Полученный раствор селитры затем направляют на стадию концентрирования, методом десорбции воды. При хемосорбции аммиака водным раствором азотной кислоты протекают реакции:



Образующийся водный раствор аммиачной селитры упаривают, а затем полученный плав гранулируют [2].

По реакциям (1 - 3) выделяется большое количество тепла. Тепло реакции нейтрализации используется для интенсификации десорбции паров воды.

В настоящее время во многих заводах реализована схема производства аммиачной селитры АС-60 и АС-72, в которых нейтрализация аммиака азотной кислотой происходит в аппаратах ИТН (использование теплоты нейтрализации) установленных последовательно [3]. Сам аппарат представляет собой вертикальный цилиндрический реактор, состоящий из реакционной и сепарационной зон. Но в силу несовершенства технологии и ужесточения требований по количеству допустимых выбросов токсичных веществ в атмосферу санитарными нормами, эта схема более не способна обеспечивать выполнение этих требований. Поэтому остро стал вопрос о разработке новой технологической схемы.

В процессе исследования было выявлено, что процесс нейтрализации аммиака азотной кислотой сопровождается не только десорбцией паров воды, но и десорбцией азотной кислоты и десорбцией аммиачной селитры. Кроме того, при нагревании раствора аммиачной селитры десорбирует аммиак уменьшая движущую силу основного процесса хемосорбции аммиака.

Кинетика основного процесса хемосорбции аммиака описывается уравнением массотдачи в газовой фазе:

$$Q_{\text{NH}_3} = K \cdot F \cdot (P_{\text{NH}_3} - P_{\text{NH}_3}^P) \quad (4)$$

где K - коэффициент массотдачи в газовой фазе в условиях быстрой химической реакции на границе раздела фаз;

F - площадь поверхности контакта фаз;

P_{NH_3} , $P_{\text{NH}_3}^P$ - текущее и равновесное

давления аммиака.

При дозировании азотной кислоты по стехиометрии реакция (3), или в небольшом избытке, равновесные давления аммиака равны нулю. Поэтому уравнение (4) может быть записано в виде:

$$Q_{\text{NH}_3} = K \cdot F \cdot P_{\text{NH}_3} \quad (5)$$

Следовательно, для интенсификации процесса хемосорбции NH_3 необходимо увеличивать площадь поверхности контакта фаз и степень турбулизации газовой фазы.

По модели Хигби величина коэффициента массотдачи зависит от времени обновления поверхности контакта фаз.

$$K = a \sqrt{\frac{D}{\tau}} \quad (6)$$

где a - константа;

D - величина коэффициента диффузии

τ - время контакта фаз, или время обновления поверхности контакта фаз

Следовательно, для интенсификации процесса хемосорбции аммиака в условиях нейтрализации газов необходимы аппараты, которые обеспечивают быстрое обновление поверхности контакта фаз при одновременной высокой степени турбулизации газового потока. Кроме того, для обеспечения высокой производительности технологии и сокращения капитальных затрат, требуются компактные аппараты с большой пропускной способностью как по газовой, так и по жидкой фазе. Таким требованиям удовлетворяют аппараты вихревого типа с нисходящим способом взаимодействия фаз. Отличительной особенностью этих аппаратов является низкое гидравлическое сопротивление, что обеспечивает сокращение эксплуатационных затрат [4].

Однако одноступенчатый контакт фаз не может обеспечить современные санитарные нормы по газовым выбросам в атмосферу. Последнее объясняется тем, что над раствором азотной кислоты имеется существенная равновесная упругость паров азотной кислоты. С увеличением концентрации азотной кислоты в растворе равновесная упругость паров азотной кислоты увеличивается по уравнению:

$$P_{\text{HNO}_3} = b \cdot [\text{HNO}_3]^C \quad (7)$$

где $C > 1$.

Кроме того в уравнении (7) при увеличении температуры увеличивается константа b . Поэтому даже при идеальном контакте фаз после первой по ходу газа ступени в газовом потоке содержится высокая концентрация паров азотной кислоты. Эта концентрация в десятки раз выше концентрации допустимого выброса. Незавершенность процесса хемосорбции аммиака и высокая концентрация паров азотной кислоты в газовой фазе приводят к тому, что в газовой фазе протекает быстрая химическая реакция (1), в результате которой образуется аэрозоль аммиачной селитры. Очистка отходящих газов при температуре 125°C с большой концентрацией паров воды от смеси паров аммиака, азотной кислоты и аэрозолей аммиачной селитры является сложной научно-технической проблемой.

К процессу нейтрализации аммиака азотной кислотой необходимо подходить не только с позиций интенсификации процесса, не только с

позиций использования тепла реакции нейтрализации, не только с позиций минимизации концентрации паров аммиака, паров азотной кислоты и аэрозолей токсичных веществ, но и с позиций обеспечения соблюдения санитарных норм выброса токсичных веществ в атмосферу. По данным литературы концентрация аэрозолей аммиачной селитры в газовом выбросе достигает 0,3 г/м³, соответственно концентрация аммиака достигает 1,2 г/м³, а концентрация паров азотной кислоты, в отходящих газах достигает 15,0 г/м³, что в десять раз выше допустимых санитарных норм.

По полученным результатам была разработана принципиально новая технологическая схема с вихревыми аппаратами. Основным массообменным элементом вихревого абсорбера является вихревое контактное устройство с завихрителем. Завихритель представляет собой набор тангенциально установленных пластин [5].

Предлагается осуществлять абсорбцию газов дистилляции в режиме нисходящего прямотока в абсорберах вихревого типа. При этом резко уменьшается скорость процесса образования тумана азотной кислоты и аммиачной селитры, что в свою очередь приводит к снижению концентрации токсичных веществ в газовом выбросе до санитарных норм.

Разработанная схема нейтрализации аммиака азотной кислотой в вихревых аппаратах принята на предприятии ОАО «КуйбышевАзот» и может быть использована на всех действующих и вновь строящихся заводах по производству аммиачной селитры.

Литература

- 1) Олевский В.М., Технология аммиачной селитры / В.М. Олевский - М.: Химия, 1978, -310 с.
- 2) Позин М.Е., Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот)/М.Е. Позин и др. - Л.: Химия, 1974, ч.1, изд. 4-е. -768 с.
- 3) Клевке В.А., Технология азотных удобрений / В.А.Клевке - изд. 2-е. Госхимиздат, Москва. 1963, 392с
- 4) Петров В.И. Исследование массоотдачи в жидкой фазе вихревых контактных устройств с нисходящим потоком фаз для многоступенчатых аппаратов / В.И. Петров // Вестник Казанского национального технологического университета. -2011. - № 21.-С.180-185
- 5) Петров В.И. Оптимизация конструкции и режимов работы вихревых контактных устройств. Часть2. ВКУ со сферическим контактным патрубком/ В.И. Петров // Вестник Казанского национального технологического университета. -2010. - № 12.-С.459-463