

УДК 661.566

## ОЧИСТКА ВЫХЛОПНОГО ГАЗА ПРОИЗВОДСТВА СЛАБОЙ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ ОТ ОКСИДА УГЛЕРОДА ОЗОНОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИЗАТОРА

Шван Г.С., магистрант гр. ХМм-161, II курс

Научный руководитель: Михайлов Г.С., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Загрязнение атмосферы земли промышленными отходами и критические последствия этого процесса определяют проблему сохранения чистоты окружающей среды в число одной из важнейших [1, 2]. Одними из наиболее распространенных загрязняющих веществ является оксид углерода, который присутствует в газовых выбросах и отходящих газах практически любого производства, в том числе, при получении слабой азотной кислоты. В таких условиях возможным и наиболее интересным методом очистки газовых выбросов от оксидов углерода может быть их взаимодействие с озоном, вырабатываемом в озонаторах.

Оксид углерода - угарный газ, который относится к химическим соединениям с очень прочными связями между атомами углерода и кислорода (1069 кДж/ моль). В молекуле CO, как и в изоэлектронной молекуле азота имеется тройная связь. Вместе с тем, CO в выхлопном газе, особенно с ограниченным притоком кислорода, образуется значительно легче, чем конечный продукт окисления - углекислый газ. Энталпия образования CO составляет -110,5 кДж/моль, а CO<sub>2</sub> равна -393,5 кДж/моль. Дожигание CO до CO<sub>2</sub> связано с активированием очень прочной молекулы угарного газа и является кинетически затрудненной реакцией [3]. Поэтому прямое сжигание CO возможно лишь при температурах более 700 °C. При более низких температурах реакция реализуется лишь с использованием различных каталитических систем. В известных реакторах производственного выхлопа применяются каталитические системы на основе соединений палладия, платины, родия и его соединений, однако эти фильтры дороги (более 500 долларов за комплект), а их использование накладывает определенные ограничения на качество сырья. Более перспективными являются оксидные катализаторы дожигания угарного газа на основе оксидов меди, марганца, хрома, железа, цинка и их композиций. Такие катализаторы менее эффективны по сравнению с катализаторами на основе платиновых металлов, однако, они несравненно более дешевы и технологичны в производстве, что на перспективу должно обеспечить их широкое применение для нейтрализации выхлопа [4].

Эффективным окислителем в подобных реакциях является озон, который легко активируется и участвует в реакциях с отщеплением активного атомарного кислорода. В таких условиях отсутствуют сложности, связанные с генерацией озона, т.к. он легко образуется в барьерном разряде с

использованием простых озонаторов, для питания которых можно использовать высоковольтное высокочастотное напряжение. Потребление энергии на генерацию озона весьма незначительно. Энергия связи 0-0 в молекуле озона составляет всего 142 кДж/моль, что втрое ниже, чем в молекуле кислорода.

Реакционная способность СО низка и реакция его окисления в объеме газовой смеси является кинетически затрудненной из-за высокой прочности связи С-О (1069 кДж/моль). Применяется много способов связывания СО, в частности, восстановление его водородом, окисление водяным паром, окисление кислородом, адсорбция едким натром. Эти методы пригодны лишь при высоких концентрациях СО в газовых смесях и достаточно эффективны в промышленных технологических процессах превращения СО в важные целевые продукты. Реагентные методы связывания СО являются достаточно экзотическими и находят применение, в основном, в аналитической химии. Это связывание СО оксидом йода, хлоридом палладия, оксидом серебра и др. Большой проблемой остается связывание малых количеств СО в газах (менее 1% об.). Здесь наиболее перспективными являются методы прямого окисления СО до СО<sub>2</sub> как кислородом воздуха, так и более эффективными реагентами (пероксиды, озон). При этом, добиться глубокой очистки газов от примеси СО можно только с использованием активных катализаторов. Для дожигания СО применяются различные катализаторы.

Задача обезвреживания выхлопа по нашему мнению должна решаться посредством разработки высокоактивных форм уже известных катализаторов с учетом модификации и совершенствования технологии их изготовления. В этой части еще полностью не раскрыты потенциальные возможности медьюксидных катализаторов дожигания СО. С другой стороны необходимо активировать окислитель. Одним из путей такого активирования является использование более сильного окислителя, чем кислород газообразного озона, для которого характерен распад на поверхности катализаторов с образованием высокореакционноспособного атомарного кислорода. Генерирование озона в экологически приемлемых концентрациях, является несложной технической задачей, т.к. озон образуется в барьерном электрическом разряде при высоких напряжениях. На производстве источник высокого напряжения имеется, сам же реактор для производства озона представляет собой трубку из диэлектрика (стекло, керамика) и двумя металлическими обкладками. В связи с вышеизложенным, очевидна актуальность проблемы дожигания СО [5].

На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что установка озонатора с медным катализатором в выхлопную трубу значительно уменьшит выброса не только оксида углерода, окислив его до угарного газа, но и других опасных оксидов, встречающихся в выхлопах, например, оксида азота. Очистку озоном можно использовать как дополнительный способ более высокой очистки для уменьшения общих выбросов в атмосферу и сохранения благоприятной экологической обстановки [6, 7].

### Список литературы:

1. Михайлов, В. Г. Основные риски эффективного функционирования химической промышленности Сибирского федерального округа [Текст] / В. Г. Михайлов, Н. Е. Гегальчий, Я. С. Михайлова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2009. – № 2. – С. 208-210.
2. Использование веб-технологий для реализации методики оценивания экологических проблем [Текст] / [Митченков, И. Г. и др.] // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – № 4 (98). – С. 136-139.
3. Шмидт, Ю. В. Окись углерода. Ее значение и применение в технической химии [Текст] / Ю. В. Шмидт. – М.: ОНТИ, ГХИ, 1936. – 256 с.
4. Крылов, О. В. Адсорбция и катализ на переходных металлах и их оксидах [Текст] / О. В. Крылов, В. Ф. Киселев. – М.: Химия, 1981. – 286 с.
5. Окисление монооксида углерода на смешанных оксидных катализаторах в присутствии озона / [Уфимкин, Д. П. и др.] // Журнал физической химии. – 1999. – Т. 73. – № 9. – С. 1557-1560.
6. Михайлов, В. Г. Исследование эффективного управления природоохранной деятельностью на Кемеровском ООО ПО «Химпром» [Текст] / В. Г. Михайлов, С.М. Бугрова // В мире научных открытий. – 2013. – № 10 (46). – С. 36-55.
7. Михайлов, В. Г. Управление локальной эколого-экономической системой на основе формирования диверсифицированной экологобезопасной производственной программы [Текст] / В. Г. Михайлов, Г. С. Михайлов, Т. В. Киселева // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии». – 2015. – С. 82.
- .