

УДК 628.512

Б.В. ПИСЬМЕННЫЙ, Л.П. КРАВЧЕНКО, А.В. ДЕРИМОВА, О.В. КОЖУРА

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ПОИСК НОВЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОЧИСТКИ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА (NO_x)

ГВУЗ „Украинский государственный химико-технологический университет”, г Днепропетровск

В настоящей статье представлены данные по сравнительной оценке эффективности улавливания оксидов азота из отходящих промышленных газов щелочными поглотителями и фильтроматериалом «МИОН» АК-22.

Введение

Оксиды азота NO_x , в больших количествах присутствующие в отходящих газах металлургических, химических и ряда других производств, являются токсичными примесями, которые наносят существенный ущерб окружающей среде. В газовоздушных выбросах от стационарных источников обычно присутствует смесь оксида азота и диоксида азота, при этом объемное соотношение $\text{NO}:\text{NO}_2$ может изменяться в широких пределах. Удаление оксидов азота из промышленных газовых выбросов является важной экологической задачей, в связи с чем в настоящее время актуальным является поиск более доступных и малозатратных методов очистки.

На сегодняшний день наибольшее распространение при обезвреживании отходящих газов, содержащих оксиды азота, получили абсорбционные и адсорбционные методы.

В случае мокрой очистки газовых выбросов от оксидов азота, имеющих степень окисления, близкую к 50% и выше, целесообразно использование щелочных поглотителей [1].

Перспективным является использование твердых сорбентов: активированных углей, цеолитов, ионообменных материалов. Последние обладают высокой сорбционной избирательностью, их удельная емкость по сравнению с активированными углями и цеолитами, как правило, выше, а регенерация проще [2].

В последние годы в промышленном масштабе налажено производство ионообменных волокон и текстильных материалов, сочетающих в себе свойства фильтроткани, используемой для очистки газов от высокодисперсных аэрозолей, и ионообменных смол. В частности, фильтроматериал «МИОН» АК-22 благодаря значительной удель-

ной поверхности и малой глубине диффузионного слоя обеспечивает высокую скорость сорбции при длине работающего слоя не более 2 мм. Нетканое иглопробивное полотно «МИОН» АК-22 имеет поверхностную плотность не менее $1000 \pm 100 \text{ г/м}^2$, низкое аэродинамическое сопротивление и воздухопроницаемость $150\text{--}200 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$, что позволяет получать большую фильтрующую поверхность в единице объема аппарата.

В настоящей статье представлены данные по сравнительной оценке эффективности улавливания оксидов азота из отходящих газов отделения выщелачивания уранового производства гидрометаллургического завода ГМЗ ГП «ВостГОКа» (г. Желтые Воды) щелочными поглотителями и фильтроматериалом «МИОН» АК-22.

Экспериментальная часть

Поглощение оксидов азота из отходящих газов исследуемыми сорбентами производилось на лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 1.

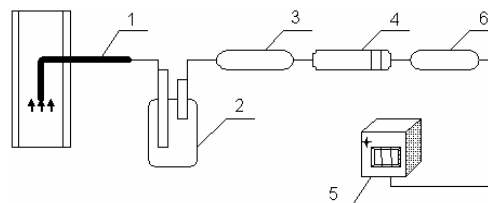


Рис. 1. Схема экспериментальной установки по очистке газов отделения выщелачивания ГМЗ: 1 — газозаборная труба; 2 — каплеуловитель; 3 — газовые пипетки; 4 — узел сорбции (абсорбер или разборная колонка с фильтротканью); 5 — аспиратор (мод. 822)

Отходящие газы при температуре $40\text{--}45^\circ\text{C}$, содержащие оксиды азота, конденсат, аэрозоли азотной и серной кислот, направлялись из газохо-

Параметры абсорбера и сорбционной колонки

Наименование	Размеры			Площадь фильтрующего полотна S, м ²
	Диаметр d, м	Высота (длина) h, м	Объем V, дм ³	
Абсорбер	0,045	0,135	0,215	—
Сорбционная колонка	0,034	0,450	0,408	0,000415

Таблица 2

Результаты экспериментов по поглощению оксидов азота растворами Na₂CO₃ и Ca(OH)₂

Наименование поглотительного раствора	Соотношение объемов пропущенных газов и поглотительных растворов, V _{газа} /V _{р-ра}	Концентрация NO ₂ в газах, мг/м ³		Степень очистки газов от диоксида азота W, %
		Исходная	После абсорберов	
5% Ca(OH) ₂	1:150	573,2	238,5	58,4
5% Ca(OH) ₂	1:150	657,3	225,1	65,8
5% Ca(OH) ₂	1:100	471,9	316,2	33,0
5% Ca(OH) ₂	1:100	443,9	109,8	35,4
5% Ca(OH) ₂	1:10	496,7	382,5	23,0
5% Ca(OH) ₂	1:10	503,8	383,9	23,8
5% Na ₂ (CO) ₃	1:150	449,7	76,4	83,0
5% Na ₂ (CO) ₃	1:150	433,0	71,9	83,4
5% Na ₂ (CO) ₃	1:100	457,1	85,5	81,3
5% Na ₂ (CO) ₃	1:100	499,6	104,4	79,1
5% Na ₂ (CO) ₃	1:10	459,9	159,6	65,3
5% Na ₂ (CO) ₃	1:10	512,6	157,9	69,2

да через каплеуловитель в сорбционные колонки для поглощения оксидов азота. Узел сорбции состоял из аппаратов двух типов, характеристика которых приведена в табл. 1.

Анализ газовых проб на содержание в них диоксида азота осуществлялся на входе и выходе узла сорбции фотометрическим методом с использованием реактива Грисса-Илосвая.

Исследования проводили при постоянной скорости пропускания газов, равной 0,5 дм³/мин.

Для обеспечения стабильной концентрации абсорбирующих растворов необходим их 10-кратный избыток по отношению к объемам пропущенных газов. Дальнейшее повышение степени абсорбции оксидов азота связано с увеличением количества поглощающих растворов.

Результаты исследований по поглощению диоксидов азота кальцинированной содой и известковым молоком при различных соотношениях пропущенных газов к объему абсорбирующих растворов приведены в табл. 2 и на рис. 2.

Как видно из приведенных данных, с ростом концентрации поглотителей степень очистки газов от диоксида азота увеличивается, при этом растворы соды сорбируют диоксид азота эффективнее известкового молока, обеспечивая максимальную степень очистки 91,6% при концентрации соды, близкой к 20%.

По мере снижения концентрации содового раствора абсорбционная способность данного по-

глотителя меняется незначительно, и при концентрации, равной 5%, степень очистки составляет около 85,2%.

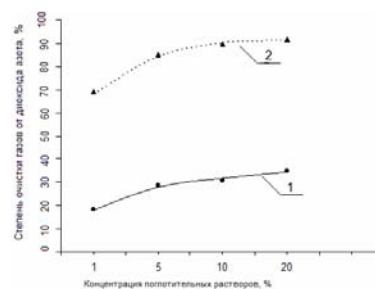


Рис. 2. Зависимость степени очистки газов от концентрации поглотительных растворов при соотношении объема пропущенного газа к объему поглотительного раствора 1:10:1 — суспензия известкового молока Ca(OH)₂; 2 — раствор кальцинированной соды Na₂CO₃

Максимальная степень очистки газов от диоксида азота 20% раствором известкового молока не превысила 35%.

Подготовка фильтроткани «МИОН» АК-22 к работе и регенерация осуществлялась путем погружения фильтра на 2–17 ч в 7% содовый раствор, с последующим удалением влаги путем отжима до прекращения самопроизвольного выделения капель регенерирующего раствора.

Полная статическая обменная емкость филь-

тра была установлена по методикам [3,4] и составила 4,89 мг-экв/г по анионам и 5,4 мг-экв/г по катионам.

Механизм адсорбции молекул газа на поверхности ионообменных материалов очень сложен и зависит от физических и химических свойств газа и материала. Наряду с хемосорбцией происходит эффективное осаждение молекул газа на поверхности материала за счет молекулярных сил адсорбента. Молекулы газа удерживаются на поверхности материала физическими силами притяжения (силы Лондона-Ван-дер-Ваальса).

На основании литературных данных о сорбции аэрозольных и газообразных примесей ионообменными материалами известно, что при скорости газа 0,1–0,4 м/с поглощение описывается уравнением Шилова, а изотермы сорбции имеют выпуклый вид [2]. Поэтому для исследования был выбран линейный диапазон скоростей газа 0,05–0,20 м/с.

Данные по очистке газа от диоксида азота приведены на рис. 3 и в табл. 3 и 4.

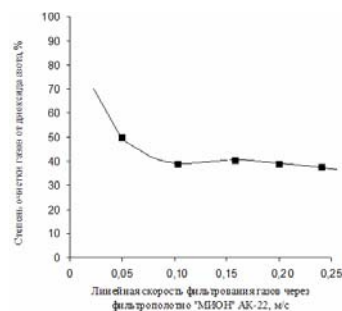


Рис. 3. Зависимость степени очистки газов от диоксида азота и линейной скорости фильтрации газов через фильтроткань «МИОН» АК-22 при отношении объема пропущенного газа к единице площади фильтроткани 3,37 м³ газа/м²

В соответствии с результатами эксперимента,
Таблица 3

Результаты исследований по поглощению оксидов азота фильтротканью «МИОН» АК-22

Отношение объема пропущенного газа к единице площади фильтроткани «МИОН», м ³ газа/м ²	Концентрация NO ₂ в газах, мг/м ³		Степень очистки газов от диоксида азота W, %
	Исходная	После фильтроткани «МИОН» АК-22	
1,69	512,0	165,9	67,6
1,69	596,0	295,0	50,5
1,69	518,0	222,7	57,0
1,69	497,0	231,1	53,5
среднее значение W=57,2%			
3,37	508,0	232,2	54,3
3,37	517,0	257,0	50,3
3,37	478,0	172,6	63,9
3,37	518,0	310,3	40,1
среднее значение W=52,2%			
6,75	588,0	369,3	37,2
6,75	500,0	174,5	65,1
6,75	489,0	341,3	30,2
6,75	606,0	289,7	52,2
среднее значение W = 46,2 %			

Таблица 4

**Результаты исследований по поглощению оксидов азота фильтротканью «МИОН» АК-22
после ее отмытки до pH=7,0**

Отношение объема пропущенного газа к единице площади фильтроткани «МИОН» м ³ газа/м ²	Концентрация NO ₂ в газах, мг/м ³		Степень очистки газов от диоксида азота W, %
	Исходная	После фильтроткани «МИОН» АК-22	
1,69	530,0	332,8	37,2
1,69	521,0	181,8	65,1
среднее значение W = 51,2%			
3,37	516,0	295,7	42,7
3,37	486,0	293,1	39,7
среднее значение W = 41,2%			
6,75	490,0	328,8	32,9
6,75	572,0	165,3	28,9
среднее значение W = 30,9%			

максимальная степень очистки от диоксидов азота фильтротканью достигается при линейной скорости фильтрации газов, равной 0,05 м/с и составляет 49,8%. При больших либо меньших линейных скоростях эффективность сорбции снижается.

Ввиду того, что исследуемый фильтроматериал обладает амфотерными свойствами, представилось интересным определение его поглотительной способности после регенерации и отмывки до $pH=7,0$. Результаты этих опытов представлены в табл. 4.

Полученные данные аналогичны результатам, приведенным в табл. 3, с той лишь разницей, что средняя степень очистки газов от диоксидов азота была снижена на 5–15%.

Выводы

Выполненные в данной работе экспериментальные исследования по очистке отходящих газов позволяют сделать следующие выводы. Эффективность поглощения оксидов азота карбонатом натрия в среднем в 1,5 раза выше, чем известковым молоком, и составляет 65%–83%. Макси-

мальная степень очистки фильтроматериал «МИОН» АК-22 равна 49,8% и достигается при линейной скорости газа 0,05 м/с. Таким образом, использование ионообменного волокна «МИОН» АК-22 уступает щелочным поглотителям по степени очистки отходящих газов от оксидов азота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганз С.Н. Очистка промышленных газов. Справочное пособие. — Д.: Проминь, 1977 — 116 с.
2. Аширов А. Ионообменная очистка сточных вод, растворов и газов. — Л.: Химия, 1983. — 295 с.
3. ГОСТ 10896-78. Иониты. Подготовка к испытанию. Методы испытаний. Введ. 01.01.1980. — М.: Изд-во стандартов, 1980. — 10 с.
4. ГОСТ 20255.1 — 89. Иониты. Методы определения статической обменной емкости. Введ. 01.01.91. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 8 с.

Поступила в редакцию 13.10.2011