

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЦИКЛОНА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ ОТ ДИСПЕРСНЫХ ПРИМЕСЕЙ

В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, К.В. Шалунова

В статье рассматривается конструкция усовершенствованного циклона для очистки промышленных газов от дисперсных примесей. Особенность разработанной конструкции является введение в конструкцию источника УЗ колебаний, в качестве которого использовалась высокоэффективная пьезоэлектрическая колебательная система с дисковым излучателем. Проведенные экспериментальные исследования показали высокую эффективность разработанного циклона, обеспечивающего до 99,5% осаждения частиц аэрозоля.

Многие технологические процессы на предприятиях металлургической, химической, нефтехимической промышленности, в ряде цехов машиностроительных заводов, на многих других производствах сопровождаются поступлением опасных аэрозолей, содержащих как жидкую, так и твердую дисперсную фазу, в атмосферный воздух.

Ежегодно различными отраслями промышленности выделяется в атмосферу до 25 млрд. тонн аэрозолей вредных веществ. Таким образом, очистка промышленных отходящих газов, содержащих вредные и токсичные вещества, в настоящее время является неременным требованием во всех производствах.

Конечной стадией очистки отходящих газов с целью улавливания готового продукта и (или) безопасного выброса газов в атмосферу является использование различных типов циклонов. Их широкое применение в химической промышленности связано с дешевизной, простотой устройства и эксплуатации. Однако используемые циклоны обеспечивают степень улавливания аэрозолей различных веществ лишь до 80-85% и обладают малой эффективностью при улавливании частиц аэрозоля размером менее 10 мкм [1].

Возможным способом повышения эффективности работы циклонов является усовершенствование циклона за счет введения в конструкцию источника УЗ колебаний, обеспечивающего повышение эффективности процесса улавливания аэрозолей за счет УЗ коагуляции [2]. Однако все попытки повысить эффективность циклона таким способом были обречены на неудачи. Это связано с тем, что в качестве источников УЗ колебаний использовались малоэффективные газоструйные излучатели, характеризующиеся низким КПД, необходимостью использования сжатого воздуха, низкой рабочей частотой.

Существенным недостатком газоструйных излучателей является срыв генерации УЗ колебаний, связанный с тем, что в резонаторе противодавление достигает столь большой величины течения, при котором сверхзвуковой режим истечения оказывается невозможным и торможение струи происходит без образования скачка уплотнения [3]. Частая, бессистемная повторяемость подобных «срывов» обуславливает невозможность генерирования стабильных (по фазе и частоте) гармонических ультразвуковых колебаний. Это, в свою очередь, не позволяет осуществлять ультразвуковое воздействие в максимально эффективном режиме – режиме стоячей волны с резонансным усилением колебаний.

Кроме того, при своей работе газоструйные излучатели инжектируют в рабочую зону циклона поток воздуха. Это может приводить к повторному увлечению осажденных частиц воздушным потоком, и разрушению агрегатов коагулированных частиц. Отсекание воздушных потоков с помощью звукопрозрачных пленок не приводит к желаемым результатам т.к. вызывает значительное снижение интенсивности УЗ колебаний, которая является основной величиной, влияющей на эффективность процесса коагуляции.

Альтернативой традиционным газоструйным излучателям могут служить созданные в лаборатории акустических процессов и аппаратов Бийского технологического института пьезоэлектрические ультразвуковые колебательные системы (УЗКС) [4–6].

На рисунке 1 показаны устройство и внешний вид разработанных колебательных систем.

Особенностью разработанной УЗКС является то, что излучающим элементом является лицевая и тыльная поверхность колеблющегося диска, совершающего изгибные колебания (б). Таким образом, диск излучает

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЦИКЛОНА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ ОТ ДИСПЕРСНЫХ ПРИМЕСЕЙ

колебания большой амплитуды (до 100 мкм) в обе стороны, что позволяет формировать ультразвуковые колебания большой мощности, необходимые для эффективной коагуляции. Преимуществами дисковых ультразвуковых колебательных систем является высокий КПД, стабильность генерации УЗ гармонических колебаний, малые энергетические затраты, отсутствие инжекции воздуха, высокая интенсивность излучаемых УЗ колебаний (более 150 дБ).

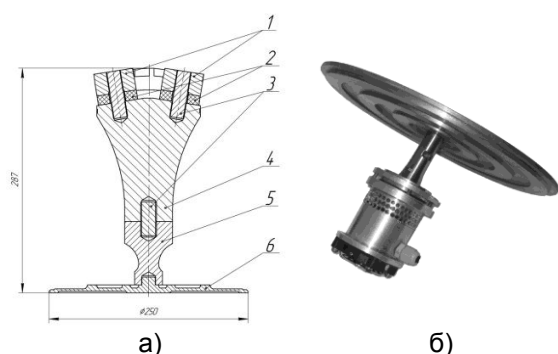


Рисунок 1. УЗКС с двухполуволновым преобразователем и дисковым излучателем: а – конструктивная схема; б – внешний вид; 1 – задние отражающие накладки, 2 – пьезоэлектрические элементы, 3 – стягивающие шпильки, 4 – преобразователь, 5 – концентратор, 6 – дисковый излучатель

Поэтому, для повышения эффективности работы циклонов было предложено применить разработанную УЗКС вместо традиционных газоструйных излучателей. Структура и 3D – модель усовершенствованного циклона приведена на рисунке 2.

Установка состоит из герметичного корпуса, основными элементами которого являются верхний (1) и нижний (6) отражатели, формирующие в цилиндрическом циклоне (3), равномерное акустическое поле.

Оба отражателя располагаются в ближней зоне дискового излучателя. В этой зоне излучение можно считать направленным преимущественно перпендикулярно поверхности дискового излучателя. Ультразвуковые колебания за счет двукратного отражения от стенок отражателя (стенки представляют собой усеченный конус с наклоном образующей 45°) равномерно распределяются по объему камеры циклона (3). В центре верхнего отражателя циклона размещен излучатель УЗ колебаний дискового типа 5.

Для создания высокоэффективной конструкции размеры циклона выбираются таким образом, чтобы реализовывался резонансный режим стоячей волны, и обеспечивалось

необходимое время пребывания частиц в камере (зависит от конкретного технологического процесса, скорости аэрозоля на входе, его дисперсного состава и др.). При формировании в циклоне режима стоячих волн, звуковое давление принуждает частицы сконцентрироваться вблизи пучностей, создавая тем самым в этих зонах высокие концентрации частиц. Это способствует значительному увеличению эффективности коагуляции, вследствие увеличения вероятности столкновения частиц.

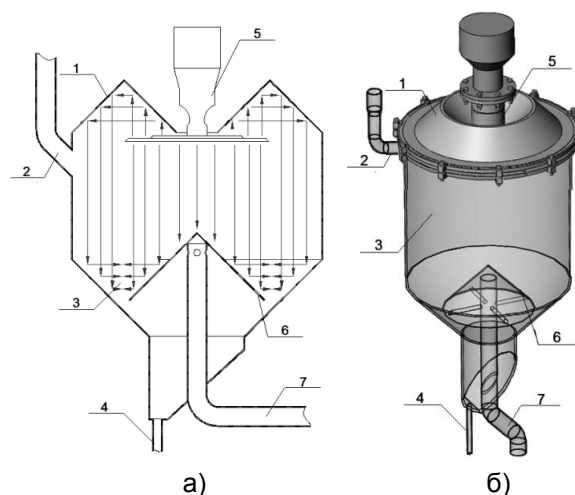


Рисунок 2. Новая конструкция циклона с УЗ излучателем: а – структурная схема циклона с УЗ излучателем; б – 3D-модель циклона с УЗ излучателем; 1 – верхний отражатель; 2 – входной патрубок; 3 – корпус циклона; 4 – отвод к бункеру; 5 – ультразвуковая колебательная система; 6 – нижний отражатель; 7 – выходной патрубок

Очищаемый газ подводится с помощью специального установленного входного патрубка 2 (обеспечивающего завихрение входного потока и содержащегося в нем аэрозоля), а для вывода очищенного газа используется центрально установленный выходной патрубок 7. Частицы аэрозоля, многократно увеличившиеся в массе за счет их коагуляции, под действием увеличившейся центробежной силы завихренного газового потока, смещаются к внешней стенке камеры циклона и отводятся к бункеру через патрубок 4.

Для возможности работы в высокотемпературных и агрессивных средах к материалу, из которого изготавливается корпус циклона, предъявляются следующие требования: химическая стойкость к воздействию агрессивных газов и высокий коэффициент отражения УЗ волн. Перечисленным требованиям удовлетворяют следующие материалы: нержавеющая сталь, кварц, стекло.

Для определения эффективности разработанной конструкции были проведены экспериментальные исследования по коагуляции различных аэрозолей.

Состав частиц дисперсной фазы, используемых при проведении экспериментальных исследований, и их размер приведены в таблице 1.

Таблица 1

Аэрозоли, использованные при проведении экспериментальных исследований

№	Название	Размер частиц, мкм
1	Мышьяковистый ангидрид	6...9
2	Окись свинца	12...15
3	Сланцевая пыль	10...14
4	Фосфорный ангидрид	1...5
5	Кремниевая пыль	15...20

Выбор именно этих аэрозолей при проведении экспериментальных исследований

обусловлен имеющимися в наличии литературными источниками, содержащими сведения о характере и размере частиц этих аэрозолей и существующей практической необходимостью коагуляции таких аэрозолей.

При проведении эксперимента запыленный газ перемещался вдоль входного патрубка с потоком воздуха, создаваемым при помощи вентилятора. Расход запыленного газа регулировался путем изменения скорости вращения вентилятора и контролировался при помощи анемометра Testo 417. Максимальное значение уровня звукового давления, при котором производились эксперименты, равнялось 150 дБ. Это ограничение является конструктивным пределом дискового излучателя, превышение которого ведет к поломке излучателя. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Значения уровня звукового давления соответствующего коагуляции аэрозолей при различных расходах запыленного газа

Название аэрозоля	Размер частиц, мкм	Расход, м ³ /час					
		3	5	7	9	11	15
Кремниевая пыль	15...20	125	130	135	140	145	150
Окись свинца	12...15	130	130	135	140	145	150
Сланцевая пыль	10...14	130	135	145	145	150	150
Мышьяковистый ангидрид	6...9	135	135	140	145	150	150
Фосфорный ангидрид	1...5	140	145	145	150	150	150

Из анализа полученных данных следует, что уровень звукового давления в 125...150 дБ, является достаточным для коагуляции аэрозолей в потоке воздуха при расходе менее 15 м³/час. Коагулированные частицы аэрозолей оседали под действием силы тяжести на дно установки, и удалялись через специальный отвод из циклона в бункер. Очищенный газ выходил через выходной патрубок. Полученные результаты позволяют говорить о том, что разработанная конструкция обеспечивает не только эффективную коагуляцию аэрозолей, но и их последующее осаждение. Этот факт позволяет отказаться от использования дополнительных фильтров.

Таким образом, в результате проведенных работ была разработана усовершенствованная конструкция традиционного циклона, снабженная излучателем УЗ колебаний. Было установлено, что:

– введение в конструкцию циклона источника УЗ колебаний позволило повысить эффективность традиционного циклона до 99,5%.

– уровень звукового давления в 125...150 дБ, является достаточным для коагуляции аэрозолей в циклоне при расходе запыленного газа менее 15 м³/час;

– кроме укрупнения частиц аэрозоля в созданной конструкции циклона наблюдалось осаждение образовавшихся агрегатов, что позволило отказаться от использования дополнительных средств улавливания укрупненных частиц на выходе циклона.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук и их научных руководителей № МК-383.2008.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев, Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов / Г.М Алиев. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
2. Шалунов А.В. // Ползуновский вестник. – 2008. – №1-2. – С.66-75.
3. Физические основы ультразвуковой технологии / под ред. Л.Д. Розенберга. – М.: Наука,

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЦИКЛОНА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ ОТ ДИСПЕРСНЫХ ПРИМЕСЕЙ

1969. – 689 с
4. В.Н. Хмелёв, А.В. Шалунов Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности – Барнаул: АлтГТУ, 2007. – 416 с.
 5. Хмелёв В.Н., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н. Ультразвуковая колебательная система: пат. №2141386 Российская Федерация; заявл. 15.12.97; опубл. 20.11.99, Бюл. № 20. – 5 с.: ил.
 6. Хмелёв В.Н., Кицанов А.С., Митин А.Г., Ларионенко Г.Г. Ультразвуковой преобразователь для газовых сред: пат. №2059239 Российская Федерация; заявл. 14.05.93; опубл. 27.04.96, Бюл. № 21. – 5 с.: ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ОБРАТИМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ АЛЮМИНИЯ В КСИЛОЛЬНО-ДУРОЛЬНОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ.

С. П. Шавкунов, В.Е. Чернышев

Проведены исследования кинетики электрохимического восстановления и растворения алюминия из ксилол-дурольного электролита с использованием методов измерения потенциодинамических поляризационных кривых (ПК), регистрации изменения потенциала электрода во времени. По изменению потенциала алюминированного платинового электрода во времени в условиях разомкнутой цепи показана обратимость процесса электровосстановления алюминия в исследуемом электролите. На основе экспериментальных циклических вольтамперных кривых предложена методика определения процентного выхода по току алюминия и подбор оптимального режима электровосстановления алюминия из ксилол-дурольного электролита.

ВВЕДЕНИЕ

Алюминий обладает целым рядом ценных физико-химических свойств, которые выгодно отличают его от других металлов. Новыми направлениями применения алюминия является разработка химических источников тока нового поколения, замена покрытий из золота в интегральных микросхемах, декоративные и антикоррозионные покрытия. Благодаря этим свойствам, а также относительно невысокой стоимостью по сравнению с другими цветными металлами этот металл нашел широкое применение в самых различных отраслях современной техники. Однако нанесение алюминия на металлическую и неметаллическую поверхности вызывает определенные технологические сложности. Одним из наиболее перспективных и дешевых способов нанесения алюминия на электропроводящую подложку при комнатной температуре является электрохимическое осаждение металла из алкилбензолных электролитов.

Настоящая работа является продолжением цикла исследований кинетики восстановления - растворения алюминия из неводных электролитов на основе системы ксилол-дурол- AlBr_3 [1] с применением метода циклических вольтамперных кривых (ЦВАК), на платиновом и алюминированном платиновом

электродах. Доказательством обратимого растворения электровосстановленного алюминия из алкилбензолного электролита является изучение зависимости потенциала разомкнутой цепи рабочего электрода во времени. Для характеристики технологических свойств электролита с помощью трех методов: анализ ЦВАК в области катодных и анодных потенциалов, гравиметрии и анодным растворением осадка в гальваностатическом режиме, провели сравнительную оценку выхода по току Al .

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Ксилол-дурольный электролит алюминирования готовили, используя дурол марки «ХЧ», ксилол - «ХЧ», подвергнутый перегонке, безводный бромид алюминия «ЧДА». Концентрация AlBr_3 в растворе ксилола составила 2 моль/л, дуrolа - 1 моль/л, готовый раствор имел темно-коричневую окраску и представлял собой расслаивающуюся систему [2].

Для исследований была изготовлена герметичная стеклянная ячейка с рабочим объемом 40 мл, которая закрывалась тефлоновой крышкой. Во фторопластовую крышку ячейки были впрессованы три электрода. Рабочим электродом служила платиновая про-