

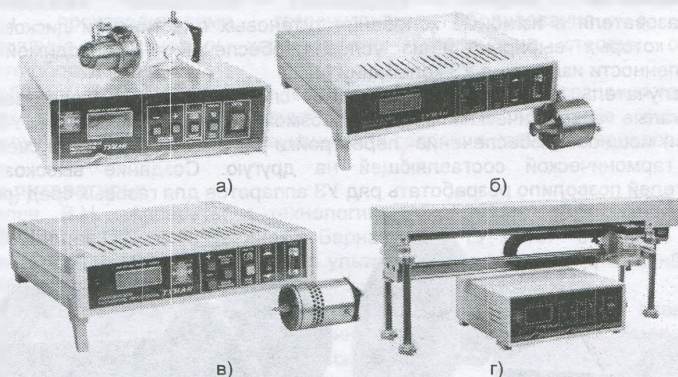
ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ В ГАЗОВЫХ СРЕДАХ

Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Нестеров В.А., Голых Р.Н., Доровских Р.С., Шалунова А.В.

Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» г. Бийск, Россия, E-mail: shalunov@bti.sechna.ru

Одним из наиболее эффективных и перспективных направлений развития ультразвуковых (УЗ) технологий является интенсификация процессов, протекающих в газовых средах, к которым относится распыление. Основными преимуществами УЗ распыления являются: высокая дисперсность и малый разброс формируемых капель относительно среднего значения, высокая производительность процесса, низкая энергоемкость, отсутствие необходимости в распыливающем агенте. Благодаря указанным преимуществам УЗ распыление находит применение в различных технологических процессах, связанных с распылительной сушкой, напылением различных покрытий (например, фоторезиста на поверхность кремниевых пластин или флюса на печатные платы), микрокапсулированием лекарственных веществ, нанесением покрытий на стенты для кровеносных сосудов [1,2].

Для решения этих задач был построен ряд УЗ распылителей для нужд химической и радиоэлектронной промышленности, а также медицины. Фото распылителей приведены на рисунке 1.



а) низкочастотный (22 кГц), высокопроизводительный (40 л/ч); б) для распыления высоковязких жидкостей (до 45 сПз, 44 кГц); в) высокочастотный (130 кГц), высокодисперсный ($D=3,2$ мкм); г) линия для нанесения покрытий

Рисунок 1 – Фотографии разработанных распылителей

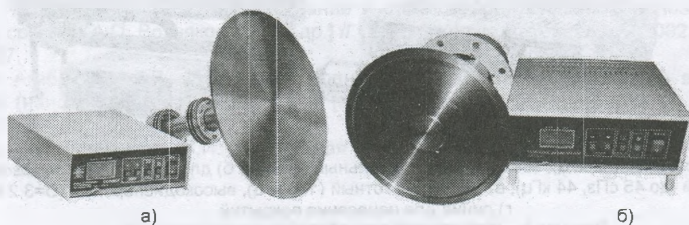
Разработка УЗ распылителей позволила решить ряд насущных технологических проблем. Были созданы установки для напыления фоторезиста на поверхность кремниевых пластин и паяльного флюса на печатные платы. Кроме того, разработаны распылители, предназначенные для работы в составе установок для химико-механического (СМР) полирования. Созданы распылители для установок получения мелкодисперсного пульверизата алюминия. Установлено, что применение УЗ воздействия позволяет увеличить выход фракции с размером частиц до 5 мкм с 8,65 до 12,62 %, а частиц до 10 мкм с 24,1 до 33,3 % от перерабатываемого металла, что при годовом объеме производства в 5000 т позволило дополнительно получить до 200 т мелкодисперсного алюминиевого пульверизата [3].

Научившись создавать аэрозоль с требуемыми параметрами или имея загрязненные газовые среды возникает необходимость воздействия на них УЗ колебаниями с целью удаления дисперсной фазы – коагуляции аэрозолей.

Коагуляция различных аэрозолей, пыли и дымов может применяться для осаждения дисперсных частиц из воздушной среды с целью ее очистки от вредных примесей или получения готового продукта. В этой области отдельно остро стоит проблема осаждения периодически образующихся природных туманов, препятствующих посадке самолетов, движению автотранспорта, судоходству и т.д. Кроме этого, огромную опасность представляет аэрозольное загрязнение атмосферы в промышленных центрах, техногенные аэрозоли, образующиеся при взрывах, при добыче и переработке материалов, при техногенных катастрофах. Действенных средств и методов борьбы с этими аэрозолями, на сегодняшний день, не существует, что обуславливает актуальность и необходимость решения этой проблемы. При этом известно, что использование ультразвуковых колебаний позволяет увеличить эффективность дымоуловительных установок и довести их эффективность до 93–99% без применения электростатических или рукавных фильтров. Воздействие на туман позволяет сократить время его распада до 15 раз по сравнению с естественным распадом [1].

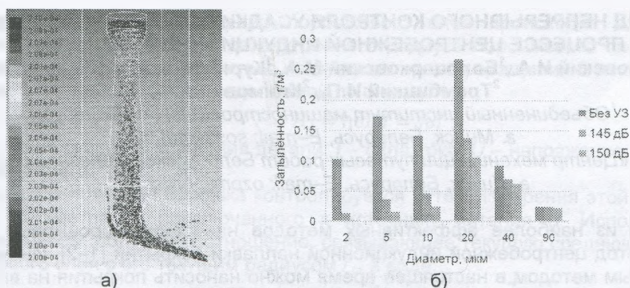
При этом основным фактором, сдерживающим широкое распространение УЗ технологий в этой области, является отсутствие эффективных источников (излучателей и преобразователей) УЗ колебаний, пригодных для промышленного использования. Для решения этой задачи были разработаны дисковые пьезоэлектрические ультразвуковые колебательные системы (УЗКС). Новизной технического решения, положенного в основу разрабатываемых УЗКС, является использование излучающей поверхности специальной формы, которая обеспечивает преобразование энергии продольных колебаний пьезоэлектрического преобразователя в изгибные колебания титановых пластин или дисков, размеры и форма которых выбираются из условия обеспечения необходимой частоты и направленности излучения УЗ колебаний [4].

Излучатель дискового типа обладает следующими преимуществами: высокий КПД; малые энергетические затраты; возможность формирования УЗ колебаний большой мощности; обеспечение перестройки частоты излучения за счет перехода с одной гармонической составляющей на другую. Создание высокоэффективных излучателей позволило разработать ряд УЗ аппаратов для газовых сред (рис. 2).



а) диаметр излучателя 420 мм; б) диаметр излучателя 320 мм
Рисунок 2 – Фотографии созданных ультразвуковых аппаратов

Создание таких аппаратов послужило основой разработки коагуляционных камер с резонансным усилением. Было создано оборудование для улавливания частиц высокодисперсного аэрозоля в процессе его производства, а также обеспечено повышение эффективности золоулавливающей установки на основе трубы Вентури (рис. 3).



а) траектории движения частиц сажи в трубе Вентури; б) изменение дисперсного состава золы на выходе золосульфидирующей установки при УЗ воздействии

Рисунок 3 – Примеры применение ультразвуковых колебаний для повышения эффективности газоочистки

Применение оборудования для воздействия на аэрозоли может быть эффективно использовано для решения проблем очистки попутного нефтяного газа. Также полученные научные результаты могут быть использованы научными институтами, занимающимися исследованиями в области проблем пылегазоочистки и физики атмосферы. Благодаря возможности работы в агрессивных средах, разработанные конструкции модулей ультразвукового воздействия могут быть использованы производителями газоочистного оборудования с целью совершенствования технических характеристик (увеличение степени очистки) производимого оборудования.

Таким образом, ультразвуковые колебания и аппараты для их создания являются эффективным инструментом повышения эффективности процессов химических технологий, улучшения свойств существующих или создания новых материалов.

Список литературы:

1. Хмелев, В.Н. . Аппараты и технологии: монография / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, Г.В. Хмелев С.С., С.Н. Цыганок. – Барнаул: АлтГТУ, 2015. – 688 с.
2. Розенберг, Л.Д. Источники мощного ультразвука / под ред. Л.Д. Розенберга. – М.: Наука, 1969. – 380 с.
3. Шалунов, А.В. Использование ультразвуковых колебаний для повышения эффективности распыления расплава алюминия / А.В. Шалунов, В.Н. Хмелев, С.В. Змановский, С.Н. Цыганок // Научно–технический вестник Поволжья. – 2011. – № 5. – С. 135–140.
4. Хмелев, В.Н. Разработка пьезоэлектрических ультразвуковых колебательных систем для интенсификации процессов в газовых средах / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, С.С. Хмелев, С.Н. Цыганок, А.Н. Лебедев, А.Н. Галахов // Известия Тульского Государственного университета. Серия «Технические науки». – 2010. – Вып.1. – С.148–153.