РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) 2 744 826 (13) C1

(51) МПК
B06B 1/02 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B06B 1/02 (2020.08)

(21)(22) Заявка: **2020112332, 24.03.2020**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.03.2020

Дата регистрации:
16.03.2021

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **24.03.2020**

(45) Опубликовано: **16.03.2021** Бюл. № **8**

Адрес для переписки:
659305, Алтайский край, г. Бийск, ул. Героя Советского Союза Трофимова, 27, Бийский технологический институт (филиал АлтГТУ), отдел научно-исследовательской работы сотрудников и преподавателей

(72) Автор(ы):
Барсуков Роман Владиславович (RU),
Нестеров Виктор Александрович (RU),
Хмелёв Владимир Николаевич (RU),
Шалунов Андрей Викторович (RU),
Тертишников Павел Павлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова" (АлтГТУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **ES 2017285 A, 16.01.1991. RU 2332266 C1, 27.08.2008. WO 2020095297 A1, 14.05.2020. US 6286747 B1, 11.09.2001.**

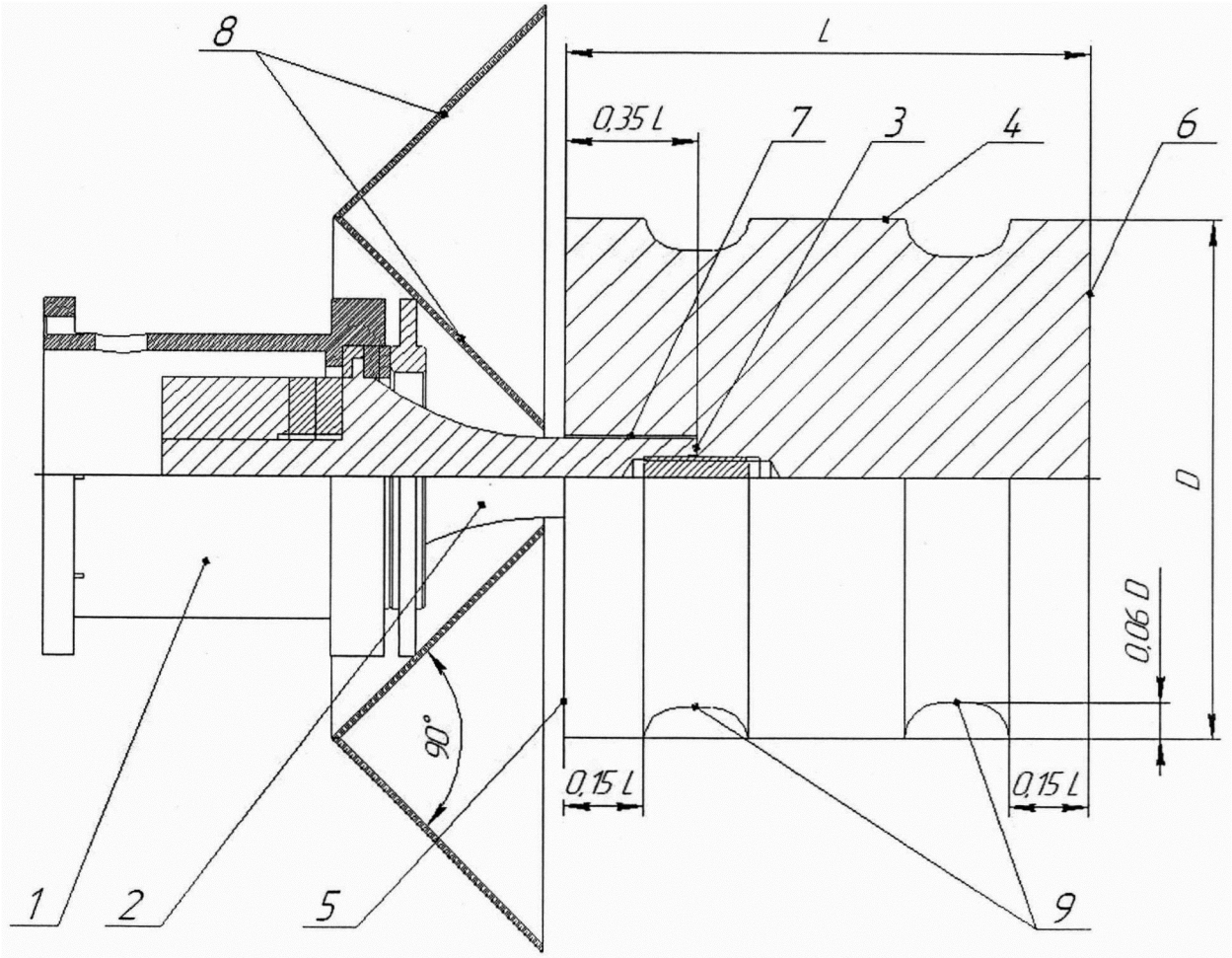
(54) Пьезоэлектрическая колебательная система для ультразвукового воздействия на газовые среды

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам для создания в газовых средах ультразвуковых колебаний высокой интенсивности. Пьезоэлектрическая колебательная система для ультразвукового воздействия на газовые среды состоит из последовательно размещенных и акустически связанных между собой пьезоэлектрического преобразователя, металлического концентратора с цилиндрическим окончанием, имеющим плоскую присоединительную торцевую поверхность для присоединения излучателя. Излучатель выполнен в виде сплошного цилиндра длиной, равной половине длины волны в материале излучателя, диаметр излучателя превосходит более чем в 2 раза длину излучателя, в одной из плоских торцевых поверхностей излучения выполнен канал диаметром, соответствующим диаметру цилиндрического окончания концентратора, глубиной не более 0.35L, заканчивающийся плоской присоединительной поверхностью, соединенной с торцевой поверхностью концентратора. На цилиндрической поверхности излучателя симметрично относительно торцевых поверхностей, на расстояниях не более 0,15L, выполнены кольцевые проточки глубиной 0,06D и шириной не более 0,15L, перед торцевой излучающей поверхностью, со стороны присоединения концентратора, размещен отражатель ультразвуковых колебаний. Технический результат - пьезоэлектрическая колебательная система обеспечивает воздействие на газовые среды с интенсивностью не менее 155 дБ на частоте 22 кГц при потребляемой мощности не более 90 Вт. 1 ил.

RU 2744826 C1

RU 2744826 C1



Устройство пьезоэлектрической колебательной системы для ультразвукового воздействия на газовые среды

Фиг. 1

RU 2744826 C1

RU 2744826 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 744 826**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
B06B 1/02 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
B06B 1/02 (2020.08)

(21)(22) Application: **2020112332, 24.03.2020**

(24) Effective date for property rights:
24.03.2020

Registration date:
16.03.2021

Priority:
(22) Date of filing: **24.03.2020**

(45) Date of publication: **16.03.2021** Bull. № **8**

Mail address:
659305, Altajskij kraj, g. Bijsk, ul. Geroya Sovetskogo Soyuza Trofimova, 27, Bijskij tekhnologicheskij institut (filial AltGTU), otdel nauchno-issledovatelskoj raboty sotrudnikov i prepodavatelej

(72) Inventor(s):
Barsukov Roman Vladislavovich (RU),
Nesterov Viktor Aleksandrovich (RU),
Khmelev Vladimir Nikolaevich (RU),
Shalunov Andrej Viktorovich (RU),
Tertishnikov Pavel Pavlovich (RU)

(73) Proprietor(s):
Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Altajskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet im. I.I. Polzunova" (AltGTU) (RU)

RU 2744826 C1

(54) PIEZOELECTRIC OSCILLATING SYSTEM FOR ULTRASONIC ACTION ON GASEOUS MEDIA

(57) Abstract:

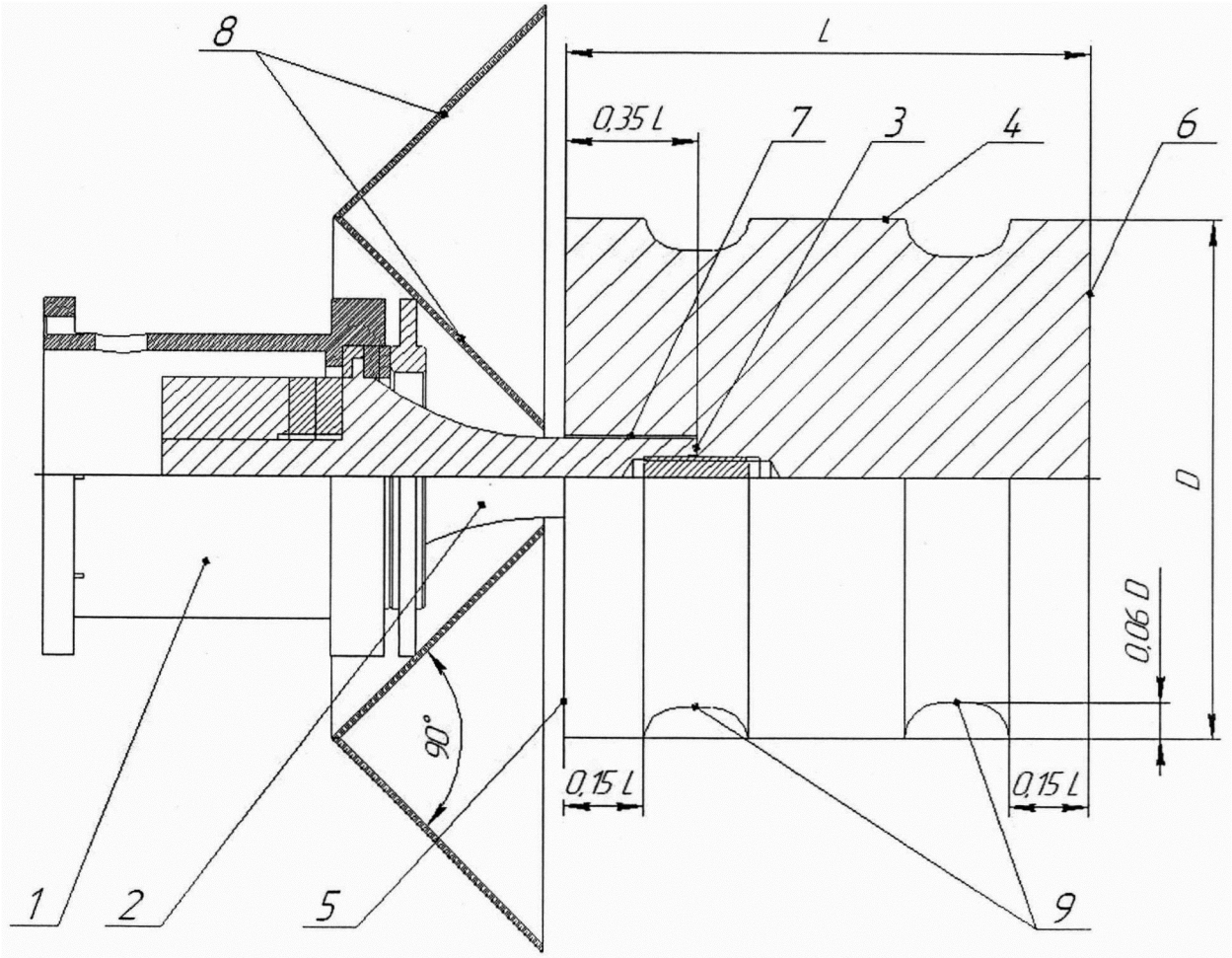
FIELD: gas industry.

SUBSTANCE: invention relates to devices for creation of high-intensity ultrasonic oscillations in gas media. Piezoelectric oscillating system for ultrasonic action on gas media consists of series-arranged and acoustically interconnected piezoelectric transducer, metal concentrator with cylindrical end, having flat connecting end surface for emitter connection. Emitter is made in form of solid cylinder with length equal to half of wavelength in material of radiator, diameter of emitter exceeds by more than 2 times length of emitter, in one of flat end surfaces of radiation channel is made with diameter corresponding to diameter of cylindrical end of concentrator, depth of not more than 0.35L, ending with a flat connection surface connected to the end surface of the concentrator. On radiator cylindrical surface is symmetrical relative to end surfaces, at distances of not more than 0.15L, annular grooves with depth of 0.06D and width of not more than 0.15L are made, before end emitting surface, on the side of concentrator connection, reflector of ultrasonic oscillations is arranged.

EFFECT: technical result is piezoelectric oscillation system provides for action on gas media with intensity of not less than 155 dB at frequency 22 kHz at power consumption of not more than 90 W.

1 cl, 1 dwg

RU 2744826 C1



Устройство пьезоэлектрической колебательной системы для ультразвукового воздействия на газовые среды

Фиг. 1

RU 2744826 C1

RU 2744826 C1

Изобретение относится к области технологий активного энергетического воздействия через газовые среды для коагуляции твердых и жидких частиц, сушки, пеногашения, а именно к устройствам, предназначенным для создания в газовых средах ультразвуковых колебаний высокой интенсивности.

Воздействие ультразвуковыми колебаниями высокой интенсивности позволяет реализовать новые процессы, существенно ускорить известные технологии и получать новые вещества с уникальными свойствами [1].

В частности, известно, что воздействие ультразвуковыми колебаниями через нерезонансные газовые промежутки позволяет повысить эффективность газоочистительного оборудования, реализовать сушку без существенного нагрева высушиваемого материала с большей скоростью, по сравнению с сушкой без ультразвукового воздействия, эффективно разрушать пену без применения химических реагентов.

В настоящее время для интенсификации процессов в газовых средах применяются продольно колеблющиеся резонансные пьезоэлектрические колебательные системы [2]. Однако они не способны создавать в газовых средах ультразвуковые колебания с уровнем звукового давления 130…150 дБ.

Высокая потребность в практической реализации технологических процессов в газовых средах и отсутствие пригодных и эффективных излучателей привели к созданию пьезоэлектрических колебательных систем со специальными излучателями, совершающими не продольные, а изгибные колебания.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому техническому решению является пьезоэлектрическая колебательная система, принятая за прототип [3].

Пьезоэлектрическая колебательная система для ультразвукового воздействия на газовые среды, принятая за прототип, состоит из последовательно размещенных и акустически связанных между собой пьезоэлектрического преобразователя, металлического концентратора переменного диаметра с цилиндрическим окончанием, имеющим плоскую торцевую поверхность, присоединенную посредством резьбового соединения к присоединительной поверхности металлического излучателя.

Излучатель прототипа выполнен в виде металлического диска большой площади, причем толщина диска концентрически изменяется ступенчато. Собственная резонансная частота изгибных колебаний такого излучателя устанавливается в диапазоне ультразвуковых колебаний (более 20 кГц). Поэтому диаметр излучателя, работающего на основной резонансной частоте изгибных колебаний при максимальной толщине диска до 10 мм не превышает 70…100 мм. Для увеличения диаметра (поверхности излучения) применяются диски большего диаметра, работающие на кратных модах ультразвуковых колебаний. Например, при диаметре излучателя в 300 мм для работы на частоте в 20 кГц необходимо обеспечить работу излучателя на 5 моде изгибных колебаний. Для обеспечения колебаний излучателя в виде диска он механически и акустически связан присоединительной поверхностью в центре металлического излучателя с концентратором посредством резьбового соединения. Через эту присоединительную поверхность продольные колебания, вырабатываемые преобразователем и усиленные концентратором, передаются диску, возбуждая в нем изгибные колебания на частоте преобразователя. Создаваемые излучателем колебания вводятся в газовые среды для реализации требуемых процессов.

Существенные недостатки устройства, принятого в качестве прототипа, заключаются в следующем:

1. Распределение колебаний на излучающей поверхности неравномерное. В частности

при формировании колебаний излучателем, работающим на основной моде колебаний, амплитуда колебаний максимальная в центре и на краях уменьшается до минимального значения. При работе излучателей на модах, кратных основной (3, 5, 7), распределение характеризуется наличием концентрически расположенных максимумов и минимумов. Такое распределение приводит к низкой эффективности излучения колебаний с одной фазой с поверхности излучения (не более 70%), а излучение колебаний разных фаз с одной поверхности приводит к интерференционному ослаблению колебаний при их распространении в газовой среде или локальным фокусировкам в отдельных зонах обрабатываемого пространства.

2. Применение излучателей большого диаметра, работающих на моде большей, чем 5-я или 7-я, практически невозможно из-за возникновения низкочастотных (не ультразвуковых) колебаний на основной частоте (моде) колебаний.

3. Излучатель изготовлен из титанового сплава, что обуславливает его высокую стоимость. При этом неравномерность физических свойств металла вдоль диаметра обуславливает формирование паразитных колебаний, которые существенно снижают продолжительность его работы.

Таким образом, устройство, принятое за прототип, имеет низкую эффективность при создании ультразвуковых колебаний в газовых средах, не способно обеспечить равномерность воздействия по обрабатываемому объему, имеет высокую стоимость и низкую надежность (возможность механического разрушения), что не позволяет широко использовать такую пьезоэлектрическую колебательную систему для интенсификации технологических процессов в газовых средах с максимально возможной эффективностью.

Предлагаемое техническое решение направлено на усовершенствование пьезоэлектрической колебательной системы для ультразвукового воздействия на газовые среды за счет устранения вышеперечисленных недостатков и обеспечения равномерного излучения большей интенсивности, с большей излучающей поверхности.

Предлагаемая пьезоэлектрическая колебательная система для ультразвукового воздействия на газовые среды состоит из последовательно размещенных и акустически связанных между собой пьезоэлектрического преобразователя, металлического концентратора переменного диаметра с цилиндрическим окончанием, имеющим плоскую торцевую поверхность, присоединенную посредством резьбового соединения с присоединительной поверхностью металлического излучателя. Излучатель выполнен в виде сплошного цилиндра с двумя плоскими торцевыми поверхностями излучения УЗ колебаний, длина цилиндра равна половине длины волны формируемых преобразователем ультразвуковых колебаний в материале излучателя, диаметр излучателя определяется необходимой поверхностью излучения ультразвуковых колебаний и превосходит более чем в 2 раза длину излучателя. В одной из плоских торцевых поверхностей излучения выполнен канал диаметром, соответствующим диаметру цилиндрического окончания концентратора, глубиной не более 0.35 от длины цилиндра, заканчивающийся плоской присоединительной поверхностью, соединенной с торцевой поверхностью концентратора. На цилиндрической поверхности излучателя, симметрично относительно его торцевых поверхностей, на расстоянии не более 0,15 от длины излучателя, выполнены кольцевые проточки глубиной 0,06 от диаметра излучателя и шириной не более 0,15 от длины цилиндрического излучателя. Перед торцевой излучающей поверхностью, со стороны присоединения концентратора размещен отражатель ультразвуковых колебаний, выполненный в виде двух концентрически расположенных усеченных конусов 8 с углом разворота, равным 90

градусов, конусы соединены между собой и прикреплены к преобразователю верхними основаниями.

В предлагаемой пьезоэлектрической колебательной системе для ультразвукового воздействия на газовые среды задача повышения эффективности ультразвукового воздействия на газовые среды достигается путем создания специального излучателя продольных колебаний цилиндрической формы и резонансной длины, возбуждения его колебаний преобразователем, присоединенным через концентратор к плоскости, близкой к минимуму его продольных колебаний, выполнения излучателя с необходимой по площади поверхностью излучения и обеспечения поршневого характера ее колебаний (равномерности распределения колебаний) за счет формирования на цилиндрической поверхности проточек заданного размера и месторасположения. Такое решение обеспечивает значительное повышение интенсивности УЗ воздействия на газовые среды, повышая скорость и эффективность реализуемых процессов.

Сущность технического решения поясняется фиг. 1, на которой представлена пьезоэлектрическая колебательная система для ультразвукового воздействия на газовые среды.

Предлагаемая пьезоэлектрическая колебательная система состоит из пьезоэлектрического преобразователя 1, помещенного в корпусе, металлического концентратора переменного диаметра 2 с цилиндрическим окончанием, который заканчивается плоской торцевой поверхностью 3, излучателя 4, выполненного в виде сплошного цилиндра длиной L и диаметром D с плоскими торцевыми поверхностями излучения УЗ колебаний - тыльной 5 и фронтальной 6. В тыльной торцевой поверхности 5 излучателя 4 вдоль его оси выполнен канал 7 диаметром, равным диаметру цилиндрической части концентратора 2 на глубину, равную 0,35 от длины цилиндра L. Канал заканчивается плоской присоединительной поверхностью, по которой, при помощи соединительной шпильки, обеспечено механическое и акустическое соединение концентратора с излучателем. Соединение концентратора и излучателя в плоскости, удаленной на 0,35 L от торцевой поверхности цилиндрического излучателя, обеспечивает максимально эффективное возбуждение резонансных колебаний излучателя. Наилучшие условия присоединения, требующие минимальных усилий для возбуждения колебаний цилиндрического излучателя, находятся в плоскости, отстоящей от торцевой поверхности на расстояние, равной 0,5 L. Однако в этой плоскости формируются максимальные механические напряжения, разрушающие присоединительную плоскость и соединительную шпильку. Поэтому выбор месторасположения присоединительной плоскости на расстоянии 0,35 L обусловлен следующими причинами - обеспечением близких к минимальным усилий возбуждения при размещении присоединительной плоскости в зоне приемлемых механических напряжений, исключающих механическое разрушение механического и акустического контакта концентратора и излучателя при длительной работе.

Длина цилиндрического излучателя L соответствует половине длины волны ультразвуковых колебаний, формируемых пьезоэлектрическим преобразователем 1. Диаметр излучателя D определяется необходимой площадью поверхности излучения для формирования УЗ колебаний в заданной области пространства и превосходит более чем в 2 раза длину излучателя. При таком соотношении диаметра D и длины L (2 к 1 и более) цилиндрического излучателя максимальные значения амплитуды колебаний на торцевых и цилиндрической поверхностях равны между собой, т.е. энергия, затрачиваемая на формирование продольных и диаметральных колебаний, примерно одинакова. При превышении амплитуда колебаний на цилиндрической поверхности

может превышать амплитуду колебаний в центре торцевой поверхности. Энергия диаметральных колебаний цилиндрической поверхности превышает энергию продольных колебаний и ее можно перераспределить для увеличения амплитуды колебаний на периферийных участках торцевых поверхностей, поскольку распределение механических колебаний на торцевых поверхностях имеет максимальные значения в центре торцевых поверхностей. Для обеспечения равномерности колебаний вдоль диаметра торцевых поверхностей на цилиндрической поверхности выполнены кольцевые проточки 9 глубиной не менее 0,06 от диаметра излучателя D. Выполнение таких проточек позволяет корректировать распределение колебаний торцевых поверхностей.

Экспериментальные исследования по выбору месторасположения и размеров таких проточек позволили установить, что максимальная равномерность распределения колебаний (уменьшение амплитуды колебаний на торцевой поверхности вблизи от цилиндрической поверхности не превышает 1% от амплитуды колебаний в центре торцевой поверхности) обеспечивается при выполнении таких проточек 9 на расстоянии не более 0,15 L и шириной не более 0,15 L.

Цилиндрический излучатель совершает симметричные колебания, т.е. обе торцевые поверхности совершают колебания с равной амплитудой и фазой. Для эффективного использования излучения ультразвуковых колебаний тыльной торцевой поверхности перед торцевой излучающей поверхностью, со стороны присоединения концентратора размещен отражатель ультразвуковых колебаний, выполненный в виде двух концентрически расположенных усеченных конусов с углом разворота, равным 90 градусов, конусы соединены между собой и прикреплены к преобразователю верхними основаниями. Таким образом, после переотражения от отражателя ультразвуковые колебания торцевой поверхности излучаются вместе с колебаниями, формируемыми фронтальной поверхностью.

Таким образом, диаметр эффективной поверхности излучения увеличивается в два раза.

Предлагаемая пьезоэлектрическая колебательная система для ультразвукового воздействия на газовые среды работает следующим образом: при подаче электрических колебаний ультразвуковой частоты на электроды пьезоэлементов преобразователя происходит преобразование электрических колебаний в механические. Сформированные механические колебания заданной частоты и амплитуды усиливаются концентратором и через присоединительную плоскость передаются на излучатель. В излучателе формируются продольные колебания на собственной резонансной частоте излучателя, соответствующей частоте механических колебаний преобразователя. Имеющиеся на цилиндрической поверхности проточки искажают колебания цилиндра, уменьшая колебания цилиндрической поверхности и усиливая колебания торцевых поверхностей на их периферии. Цилиндрический излучатель формирует колебания торцевых поверхностей. Колебания фронтальной поверхности излучаются в газовую среду непосредственно, а колебания тыльной поверхности излучаются в газовую среду в том же направлении после отражения от конусов.

Предлагаемая пьезоэлектрическая колебательная система позволяет создавать излучение высокой интенсивности на заданной частоте в газовых средах, обеспечивая эффективную реализацию различных технологических процессов, таких как, коагуляция, сушка, пеногашение и др.

В результате проведенных исследований было установлено, что предложенная и разработанная пьезоэлектрическая колебательная система для ультразвукового воздействия на газовые среды обеспечивает воздействие на газовые среды с

интенсивностью не менее 155 дБ на частоте 22 кГц при потребляемой мощности не более 90 Вт, что значительно превышает показатели прототипа.

Практическая реализация предлагаемого продукта запланирована к реализации Бийским технологическим институтом АлтГТУ им. И.И. Ползунова в 2020 году.

Исследование выполнено по гранту Российского научного фонда, (проект №19-19-00121).

Список использованных источников

1. Источники мощного ультразвука [Текст] / под ред. Л.Д. Розенберга. - М.: Наука, 1967. - 265 с.

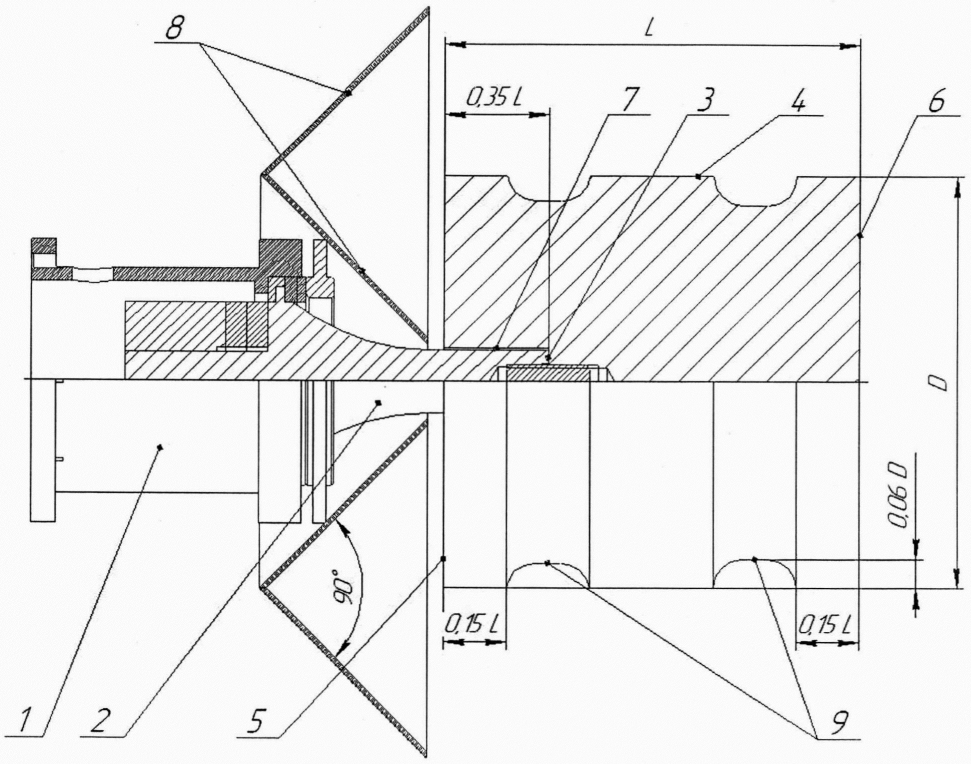
2. Разработка пьезоэлектрических ультразвуковых колебательных систем для интенсификации процессов в газовых средах [Текст] / Хмелев В.Н., Цыганок С.Н., Шалунов А.В., Лебедев А.Н., Хмелев С.С., Галахов А.Н. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2010. №1. С. 148-157.

3. Equipo electroacustico para la generacion de altas intensidades sonicas y ultrasonicasen gases e interfases [Текст]: пат. 2017285 Испания: МПК6 G10K 9/13 / Gallego Juarez J.A., Rodrguez Corral G., San Emeterio Prieto J.L., Montoya Vitini, F. (Испания); патентообладатель: Consejo superior investigacion (Испания); заявка: №8903371 от 06.10.1989; опубликовано: 16.01.1991. - прототип.

(57) Формула изобретения

Пьезоэлектрическая колебательная система для ультразвукового воздействия на газовые среды, состоящая из последовательно размещенных и акустически связанных между собой пьезоэлектрического преобразователя, металлического концентратора переменного диаметра с цилиндрическим окончанием, имеющим плоскую торцевую поверхность, присоединенную посредством резьбового соединения к присоединительной поверхности металлического излучателя, отличающаяся тем, что излучатель выполнен в виде сплошного цилиндра с двумя плоскими торцевыми поверхностями излучения УЗ колебаний, длина цилиндра равна половине длины волны формируемых преобразователем ультразвуковых колебаний в материале излучателя, диаметр излучателя определяется необходимой поверхностью излучения ультразвуковых колебаний и превосходит более чем в 2 раза длину излучателя, в одной из плоских торцевых поверхностей излучения выполнен канал диаметром, соответствующим диаметру цилиндрического окончания концентратора, глубиной не более 0.35 от длины цилиндра, заканчивающийся плоской присоединительной поверхностью, соединенной с торцевой поверхностью концентратора, на цилиндрической поверхности излучателя симметрично относительно его торцевых поверхностей, на расстоянии не более 0,15 от длины излучателя, выполнены кольцевые проточки глубиной 0,06 от диаметра излучателя и шириной не более 0,15 от длины цилиндрического излучателя, перед торцевой излучающей поверхностью, со стороны присоединения концентратора, размещен отражатель ультразвуковых колебаний, выполненный в виде двух концентрически расположенных усеченных конусов с углом разворота равным 90 градусов, конусы соединены между собой и прикреплены к преобразователю верхними основаниями.

1



Фиг. 1 Устройство пьезоэлектрической колебательной системы для ультразвукового воздействия на газовые среды