



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B05B 17/0607 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023130163, 20.11.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.11.2023

Дата регистрации:
21.08.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.11.2023

(45) Опубликовано: 21.08.2024 Бюл. № 24

Адрес для переписки:
659321, Алтайский край, г. Бийск, ул.
Стахановская, 12, кв. 39, Шалунов А.В.

(72) Автор(ы):

Генне Дмитрий Владимирович (RU),
Нестеров Виктор Александрович (RU),
Хмелев Владимир Николаевич (RU),
Шалунов Андрей Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Шалунов Андрей Викторович (RU)

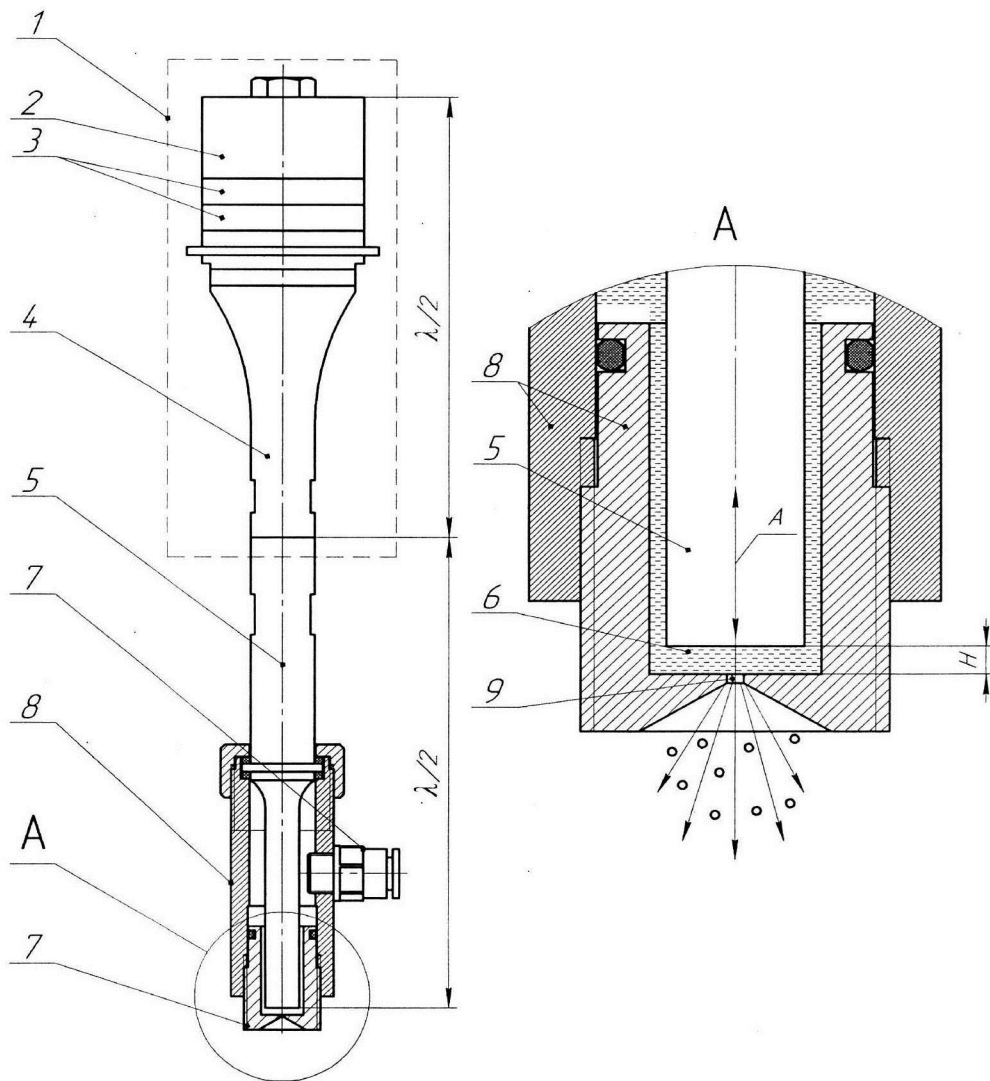
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2332266 C1, 27.04.2018. RU
2481160 C1, 10.05.2013. RU 2471571 C2,
10.01.2013. RU 2088343 C1, 27.08.1997. US
8613400 B2, 24.12.2013.

(54) СПОСОБ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАСПЫЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано при распылении жидкостей в фармацевтической и медицинской промышленности. Предложен способ ультразвукового распыления жидкостей, включающий воздействие ультразвуковых колебаний на слой жидкости, непрерывно формируемый на торцевой поверхности рабочего окончания излучателя, колеблющегося с амплитудой, превышающей порог возникновения кавитации в распыляемой жидкости. Слой жидкости формируют под избыточным давлением в замкнутом цилиндрическом объеме с внутренним диаметром, превышающим диаметр рабочего окончания. Одну из торцевых поверхностей цилиндрического объема герметично закрепляют на боковой поверхности рабочего окончания в месте минимума колебаний,

во второй торцевой поверхности выполняют отверстие, расположенное напротив колеблющейся торцевой поверхности рабочего окончания. Устанавливают расстояние между колеблющейся торцевой поверхностью рабочего окончания и торцевой поверхностью, в которой выполнено отверстие, соответствующее возникновению резонансных колебаний в слое жидкости с формируемыми в слое парогазовыми кавитационными пузырьками. Кавитирующую жидкость выталкивают из отверстия под действием избыточного давления в виде струи, в которой кавитационные пузырьки осуществляют распад струи на капли. Изобретение обеспечивает снижение размера капель при увеличении производительности распылителя. 1 ил.



Пример реализации способа ультразвукового распыления жидкостей

Фиг.1

RU 2825213 C1

RU 2825213 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B05B 17/0607 (2024.01)

(21)(22) Application: **2023130163, 20.11.2023**

(24) Effective date for property rights:
20.11.2023

Registration date:
21.08.2024

Priority:

(22) Date of filing: **20.11.2023**

(45) Date of publication: **21.08.2024** Bull. № 24

Mail address:

**659321, Altajskij kraj, g. Bijsk, ul. Stakhanovskaya,
12, kv. 39, Shalunov A.V.**

(72) Inventor(s):

**Genne Dmitrij Vladimirovich (RU),
Nesterov Viktor Aleksandrovich (RU),
Khmelev Vladimir Nikolaevich (RU),
Shalunov Andrej Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

Shalunov Andrej Viktorovich (RU)

(54) **METHOD OF ULTRASONIC SPRAYING OF LIQUIDS**

(57) Abstract:

FIELD: liquid atomisation or spraying devices.

SUBSTANCE: invention can be used in spraying liquids in pharmaceutical and medical industry. Disclosed is a method for ultrasonic spraying of liquids, including the effect of ultrasonic vibrations on the liquid layer, continuously formed on the end surface of the working end of the emitter, oscillating with amplitude exceeding the cavitation threshold in the sprayed liquid. Liquid layer is formed under excess pressure in closed cylindrical volume with inner diameter exceeding diameter of working end. One of the end surfaces of the cylindrical volume is tightly fixed on the side surface of the working end at the point of minimum

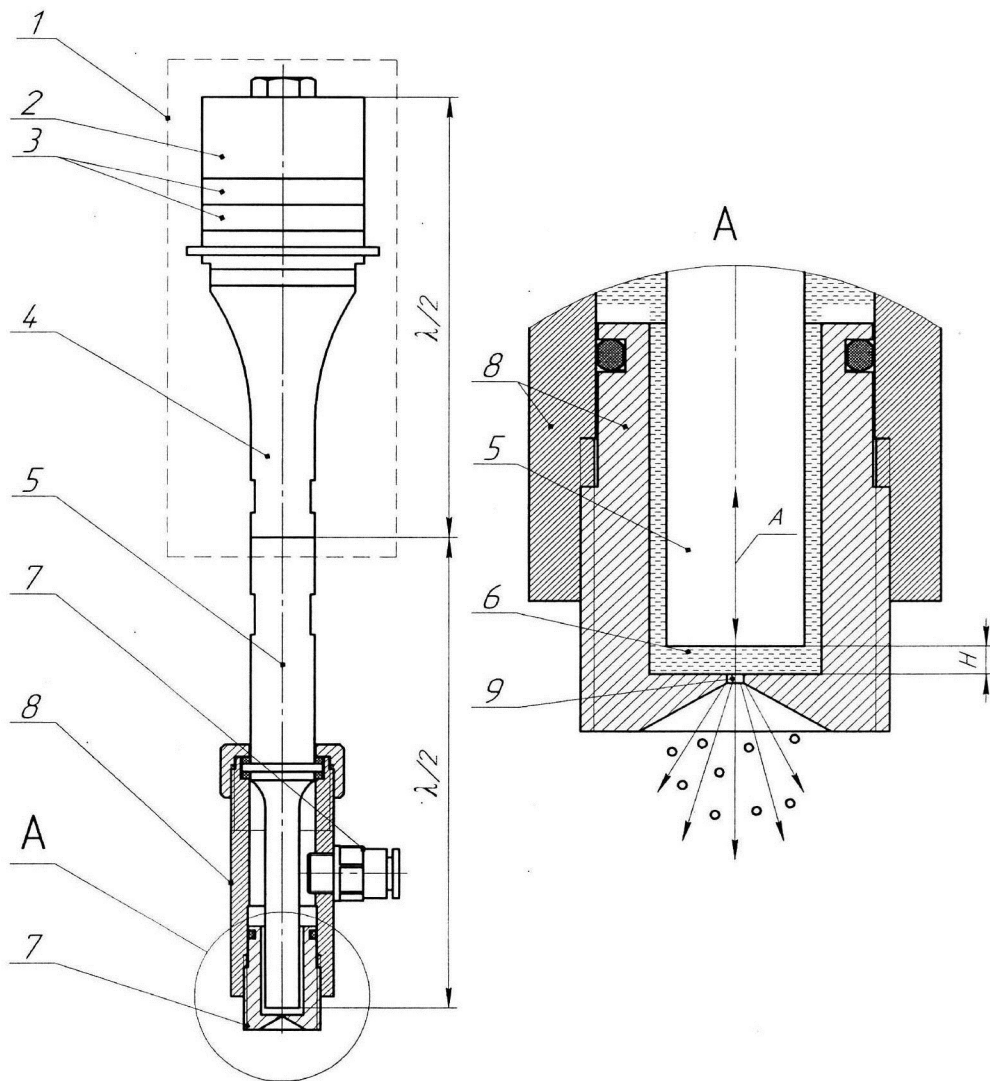
vibrations, in the second end surface a hole is made, which is located opposite to the oscillating end surface of the working end. Distance between oscillating end surface of working end and end surface is set, in which there is an opening corresponding to occurrence of resonance oscillations in the liquid layer with formed in the layer gas-vapor cavitation bubbles. Cavitating liquid is pushed out of the hole under the action of excess pressure in the form of a jet, in which cavitation bubbles decompose the jet into drops.

EFFECT: invention ensures reduction of the droplet size with increase in the sprayer efficiency.

1 cl, 1 dwg

RU 2 825 213 C1

RU 2 825 213 C1



Пример реализации способа ультразвукового распыления жидкостей

Фиг.1

RU 2825213 C1

RU 2825213 C1

Изобретение относится к области ультразвуковой техники, а именно к способам мелкодисперсного распыления (диспергирования) жидкостей и может быть использовано в nanoиндустрии, химико-фармацевтической и медицинской промышленности.

Распыление различных жидкостей на мелкие капли используется при реализации
5 большого числа технологических процессов: начиная от нанесения различных покрытий и заканчивая спектральным анализом веществ. При распылении жидкостей решается задача обеспечения максимальной эффективности процесса распыления с учетом требований, предъявляемых к параметрам формируемого распыла (средний размер формируемых капель, распределение капель по размерам, производительность) со
10 стороны технологического процесса.

Реализуемые в настоящее время на практике способы распыления жидкостей основаны на использовании различных способов подвода энергии для разрушения жидких сред.

Наиболее известные и распространенные способы распыления основаны на
15 вытекании, под действием перепада давления, из форсунки с цилиндрическим отверстием (соплом), жидкости в виде струи, которая распадается на капли с довольно большим разбросом размеров по диаметру (от 10 мкм до 1 мм).

Струйные способы распыления из-за большого разброса и большого среднего
20 размера (более 100 мкм) формируемых капель становятся неприменимыми, и на лидирующие позиции, особенно в области «высоких» технологий, выходят ультразвуковые способы распыления в различных вариантах реализации.

Такие способы используют свойство ультразвуковых колебаний высокой
интенсивности распылять (диспергировать) жидкости в газовой среде. Способы
25 ультразвукового распыления жидкостей позволяют значительно интенсифицировать процесс, улучшить качество продукта, заменить громоздкие устройства более компактными. При этом, при высокой концентрации капель аэрозоля, получается близкий к монодисперсному и однородный по составу факел распыления с заданным
размером формируемых капель.

Поэтому УЗ способы распыления широко применяется для получения различных
30 аэрозолей, при интенсификации тепло - и массообменных процессов в распылительной сушке, при нанесении тонких слоев лекарственных веществ (микродоз) или защитных слоев на гранулы, спансулы, таблетлируемый материал, при получении монодисперсных гранул, распылении расплавов химических веществ, изготовлении мельчайших порошков и т.п. Ультразвуковое распыление жидкостей применяется в медицине для создания
35 лечебных аэрозолей, нанесения защитных покрытий на коронарные стенты и т.п.

Основными достоинствами способа ультразвукового распыления являются - малая
энергоемкость процесса, отсутствие дополнительных расходных материалов (газ,
растворители и т.д.), возможность получения факела распыления произвольной формы
(например, прямоугольной или треугольной), высокое качество и равномерность
40 получаемых покрытий.

Среди известных, наибольшее распространение получили различные способы
ультразвукового распыления, реализуемые в соответствии с патентами США
№№4153201, 4301968, 4337896, 4352459, 4541564, 4642581, 4655393, 4659014, 4723708,
4978067, 4996080, 5219120, 5632445, 6663554, 7347889 и патентами РФ №№2393 881,
45 2388500, 2305621.

Развитие и применение ультразвуковых способов распыления жидкостей всегда направлено на формирование меньших по размеру капель с максимально возможной
производительностью.

Исходя из этих требований, наиболее близким по технической сущности и функциональному назначению к предлагаемому техническому решению, является способ ультразвукового распыления жидкостей по патенту [1], принятый за прототип.

5 Способ ультразвукового распыления жидкостей, принятый за прототип, заключается в воздействии ультразвуковыми колебаниями на слой жидкости, непрерывно формируемый на торцевой поверхности рабочего окончания излучателя, колеблющегося с амплитудой, превышающей порог возникновения кавитации в распыляемой жидкости.

10 Технически, принятый за прототип способ, реализуется при помощи ультразвуковой колебательной системы, выполнена по традиционной схеме преобразователя Ланжевена [2], в которой суммарная волновая длина (учитывающая различия в скоростях распространения УЗ колебаний в материалах накладок и пьезоматериала) торцевой стягивающей накладки, двух пьезоэлектрических элементов и рабочей накладки соответствует половине длины волны формируемых колебаний. Рабочая накладка выполнена в виде стержня переменного диаметра. Такая двухполуволновая
15 конструктивная схема позволяет объединить полуволновой пьезоэлектрический резонансный преобразователь и полуволновой концентратор (усилитель) механических ультразвуковых колебаний, и таким образом обеспечить не только формирование ультразвуковых колебаний, но и их усиление до величины амплитуды, достаточной для обеспечения процесса распыления капель с определенным распределением
20 формируемых капель по размерам.

Система подачи обеспечивает стабильную и равномерную подачу распыляемой жидкости на рабочую поверхность с заданной производительностью. Как правило, подача жидкости на рабочую поверхность производится через продольный внутренний канал, выполненный по оси системы.

25 Механизм получения аэрозолей ультразвуком объясняется кавитационной теорией. В слое жидкости вблизи границы жидкость - газ при достаточном количестве зародышей кавитации (включений газа, твердых частичек) происходит формирование, расширение и захлопывание кавитационных полостей, приводящих к выбросам жидкости в газовую среду и образованию капиллярных стоячих волн, с гребней которых происходит отрыв
30 мелких капель.

С увеличением частоты ультразвука, размер формируемых кавитационных пузырьков уменьшается, их количество увеличивается пропорционально увеличению частоты, растет число выбросов жидкости в газовую среду. Поэтому, размеры возникающих при кавитационных выбросах, капель зависят от частоты ультразвуковых колебаний
35 и, в меньшей степени, от физико-химических свойств распыляемых жидкостей (например, величины поверхностного натяжения, вязкости).

Таким образом, при реализации известного способа ультразвукового распыления выбор резонансной частоты ультразвуковых колебаний определяет требуемый средний диаметр капель формируемого аэрозоля. Выбор среднего диаметра капель аэрозоля
40 обычно осуществляется для каждой технологии опытным путем. Диаметр капли должен быть таковым, что бы не менее 90% формируемых капель достигли поверхности, на которую осуществляется распыление. Так распыление со средним диаметром капель в 80 мкм обеспечивается при частоте колебаний распылителя равной 40кГц. При частоте 120 кГц формируется аэрозоль со средним размером капель 18...20 мкм, при частоте
45 180 кГц - 13...15 мкм, при частоте 250 кГц - 9...10 мкм.

Однако, с увеличением рабочей частоты и уменьшением среднего размера формируемых капель, пропорционально уменьшается производительность распыления.

Обусловлено это тем, что распыление осуществляется при оптимальной толщине

слоя, растекающейся по поверхности распыления жидкости (например, 0,8 мм для воды и до 1,5 мм для вязких жидкостей), возникает необходимость в уменьшении площади распылительной поверхности. Обусловлено это следующим.

Если при реализации известного способа ультразвукового распыления жидкостей необходимо формировать капли со средним размером 10-20 мкм необходимо использовать ультразвуковые колебаниями с частотой от 120 до 250 кГц. Для создания таких колебаний можно использовать только колебательные пьезоэлектрические системы, в которых вся резонансная длина преобразователя и концентратора из титанового сплава не превышает на частотах 120 кГц и 250 кГц 21 мм или 10 мм, (при скорости распространения УЗ колебаний в титановом сплаве 5100 м/с), соответственно.

При этом диаметр колебательной системы не должен превышать половины длины волны формируемых колебаний в материале накладок, т.е. 20 мм (на частоте 120 кГц при скорости распространения УЗ колебаний в титановом сплаве 5100 м/с) или 10 мм на частоте 250 кГц. В противном случае, при диаметре колебательной системы больше половины длины волны УЗ колебаний в системе будут возникать диаметральные колебания на более низких частотах, снижающие эффективность полезных продольных колебаний и практически, исключающих возможность распыления.

Для эффективного распыления жидких сред амплитуда колебаний торцевой распылительной поверхности должна быть более 10...15 мкм [3].

Для обеспечения необходимой амплитуды колебаний торцевой поверхности в 15 мкм необходимо в конструкции колебательной системы использовать концентрацию (усиление) колебаний с коэффициентом усиления не менее 15. Поэтому рабочая накладка пьезопреобразователя и концентратор выполнены в виде стержней переменного диаметра. При диаметре колебательной системы в 21 мм (на частоте 120 кГц) или 10 мм на частоте 250 кГц и коэффициенте усиления ступенчатого (максимально возможного по усилению) концентратора в 15 диаметр торцевой распылительной поверхности не может превышать 5 мм на частоте 120 кГц или 2,5 мм на частоте 250 кГц.

По этой причине происходит существенное снижение производительности при распылении на высоких частотах. Так при распылении на частоте 120 кГц обеспечивается производительность (по воде) до 0,35 мл/с [4], а на частоте в 250 кГц обеспечить производительность более 0,1 мл/с невозможно. Такая низкая производительность не позволяет реализовать большинства современных технологий.

Таким образом, анализ известного способа ультразвукового распыления жидкостей и его функциональных возможностей, в наиболее эффективной реализации (прототипе) позволяет установить основной существенный недостаток - низкую производительность (недостаточную для реализации большинства технологических процессов) при формировании минимально возможных по размерам капель.

Основные причины, приводящие к невозможности устранения этого основного недостатка обусловлены:

1. Невозможностью уменьшения размеров формируемых капель из-за невозможности уменьшения размеров кавитационных взрывающихся в жидкости пузырьков без увеличения частоты ультразвуковых колебаний, обеспечивающих реализацию способа ультразвукового распыления.

2. Невозможностью увеличения производительности известного способа ультразвукового распыления жидкостей из-за малой поверхности распыления и необходимости формирования на этой поверхности оптимального по толщине слоя распыляемой жидкости.

Очевидно, что устранение первого недостатка, т.е. увеличение частоты колебаний

при увеличении поверхности излучения не обеспечит полного устранения второго недостатка, поскольку обеспечить формирование равномерного слоя распыляемой жидкости на увеличенной поверхности невозможно (даже при подаче жидкости через множество каналов в поверхности распыления). Всегда, наиболее эффективное
5 распыление с минимальным размером капель будет происходить на отдельных участках поверхности распыления, где толщина формируемого слоя более близка к оптимальной. Таким образом, обеспечить максимальную производительность, определяемую
10 произведением площади поверхности излучения на толщину оптимального слоя (формируемым на поверхности распыляемым объемом) невозможно. При этом следует учитывать также, что формирование распыляемого объема на поверхности происходит только за счет подаваемой без избыточного давления жидкости, поскольку при
увеличении скорости подаваемой жидкости формирования оптимального по толщине распыляемого слоя не происходит.

Таким образом, выявленные недостатки ограничивают функциональные возможности
15 (эффективность и производительность) известного способа ультразвукового распыления.

Предлагаемое техническое решение направлено на устранение недостатков прототипа и создание нового способа ультразвукового распыления жидкостей, способного
повысить эффективность (формировать уменьшенные по размеру капли) и увеличить
производительность ультразвукового распыления жидкостей.

Предлагаемый способ ультразвукового распыления жидкостей, заключается в
20 воздействии ультразвуковыми колебаниями на слой жидкости, непрерывно формируемый на торцевой поверхности рабочего окончания излучателя, колеблющегося с амплитудой, превышающей порог возникновения кавитации в распыляемой жидкости,
а слой жидкости формируют под избыточным давлением в замкнутом цилиндрическом
25 объеме с внутренним диаметром, превышающим диаметр рабочего окончания, одну из торцевых поверхностей цилиндрического объема герметично закрепляют на боковой поверхности рабочего окончания в месте минимума колебаний, во второй торцевой
поверхности выполняют отверстие, расположенное напротив колеблющейся торцевой
поверхности рабочего окончания, устанавливают расстояние между ними,
30 соответствующее возникновению резонансных колебаний в слое жидкости с формируемыми в слое парогазовыми кавитационными пузырьками, кавитирующую жидкость выталкивают из отверстия под действием избыточного давления в виде струи,
в которой кавитационные пузырьки, осуществляют распад струи на капли.

Сущность предлагаемого технического решения поясняется фиг. 1 на которой
35 схематично изображен пример практической реализации предлагаемого способа ультразвукового распыления жидкостей.

Предлагаемый способ ультразвукового распыления жидкостей, заключается в
воздействии ультразвуковыми колебаниями. Для осуществления воздействия
ультра звуковыми колебаниями на слой жидкости используется, размещенная в корпусе
40 1 ультразвуковая колебательная система для распыления жидкостей, содержащая последовательно установленные и акустически связанные между собой торцевую стягивающую накладку 2, два пьезоэлектрических кольцевых элемента 3, рабочую накладку 4, в виде стержня переменного сечения, к которой присоединен концентратор
5 (усилитель) механических колебаний заканчивающегося торцевой распылительной
45 поверхностью.

Использование концентратора с достаточным усилением, позволит уменьшить амплитуду колебаний пьезоэлементов до 2 мкм, снизив питающее напряжение.

Использование ультразвуковой колебательной системы на более низкую частоту, в

сравнении с прототипом, например на частоту 22 кГц, позволяет существенно увеличить площадь поверхности излучения, т.е. той поверхности, на которой формируется пленка распыляемой жидкости оптимальной толщины. Для обеспечения распыления УЗ воздействие осуществляется на слой жидкости, непрерывно формируемый на торцевой поверхности рабочего окончания излучателя, колеблющегося с амплитудой, превышающей порог возникновения кавитации в распыляемой жидкости.

Таким образом, увеличение площади излучающей поверхности обеспечит повышение производительности распыления, по сравнению с прототипом, однако при реализации прототипа это неизбежно приведет к увеличению средних размеров формируемых капель распыляемой жидкости.

В предлагаемом способе ультразвукового распыления слой жидкости 6 формируют путем подачи распыляемой жидкости через патрубок 7 под избыточным давлением в замкнутом цилиндрическом объеме 8 с внутренним диаметром, превышающим диаметр рабочего окончания 5, одну из торцевых поверхностей цилиндрического объема герметично закрепляют на боковой поверхности рабочего окончания в месте минимума колебаний, во второй торцевой поверхности выполняют отверстие 9, расположенное напротив колеблющейся торцевой поверхности рабочего окончания, устанавливают расстояние Н между ними, соответствующее возникновению резонансных колебаний в слое жидкости с формируемыми в слое парогазовыми кавитационными пузырьками, кавитирующую жидкость выталкивают из отверстия 9 под действием избыточного давления в виде струи, в которой кавитационные пузырьки, осуществляют распад струи на капли.

Формирование слоя одинаковой толщины между излучающей поверхностью и внутренней поверхностью цилиндра обеспечивает резонансное усиление колебаний в кавитирующей среде (жидкость насыщенная колеблющимися кавитационными пузырьками) и формирование максимально возможного количества готовых взрываться кавитационных пузырьков. Увеличение давления в зазоре между излучающей поверхностью и внутренней поверхностью цилиндра обеспечивает уменьшение размеров формируемых кавитационных пузырьков. В частности, увеличение давления до 7 атм. приводит к уменьшению среднего размера формируемых кавитационных пузырьков не менее чем в 7 раз.

Таким образом, предлагаемый способ, при реализации ультразвукового воздействия на частоте 22 кГц и увеличении за счет этого производительности распыления до 35 мл/с (у прототипа было 0,35 мл/с) обеспечит распыление жидкостей с размерами капель, соответствующими, при использовании способа принятого за прототип на рабочей (резонансной), частоте в 120 кГц - 18...20 мкм.

Технический результат - увеличение производительности процесса на пониженных частотах распыления с возможностью формирования при распылении жидкостей капель, со средним размером менее 20 мкм.

Мелкосерийное производство аппаратов для ультразвукового распыления жидкостей, в основу которых подложен предложенный способ ультразвукового распыления жидкостей, планируется начать в 2024 году.

Список литературы, используемой при составлении заявки:

1. Патент РФ №2806072 - прототип.

2. Хмелев В.Н. Применение ультразвуковых колебаний высокой интенсивности в промышленности [Текст] / В.Н. Хмелев, Р.В. Барсуков, А.Н. Сливин, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов. -Барнаул: АлтГТУ, 2010.- 196 с.

3. Хмелев В.Н. Ультразвук. Распыление жидкостей [Текст] / В.Н. Хмелев, А.В.

Шалунов, К.В. Шалунова. - Бийск: Общероссийское литературное сообщество, 2017. - 272 с.

4. Ultrasound Company [Electronic resource]. - Sono-Tek Corporation. - Режим доступа: <http://www.sono-tek.com/>.

5

(57) Формула изобретения

Способ ультразвукового распыления жидкостей, заключающийся в воздействии ультразвуковыми колебаниями на слой жидкости, непрерывно формируемый на торцевой поверхности рабочего окончания излучателя, колеблющегося с амплитудой, превышающей порог возникновения кавитации в распыляемой жидкости, отличающийся тем, что слой жидкости формируют под избыточным давлением в замкнутом цилиндрическом объеме с внутренним диаметром, превышающим диаметр рабочего окончания, одну из торцевых поверхностей цилиндрического объема герметично закрепляют на боковой поверхности рабочего окончания в месте минимума колебаний, во второй торцевой поверхности выполняют отверстие, расположенное напротив колеблющейся торцевой поверхности рабочего окончания, устанавливают расстояние между колеблющейся торцевой поверхностью рабочего окончания и внутренней стенкой торцевой поверхности, в которой выполнено отверстие, соответствующее возникновению резонансных колебаний в слое жидкости с формируемыми в слое парогазовыми кавитационными пузырьками, кавитирующую жидкость выталкивают из отверстия под действием избыточного давления в виде струи, в которой кавитационные пузырьки осуществляют распад струи на капли.

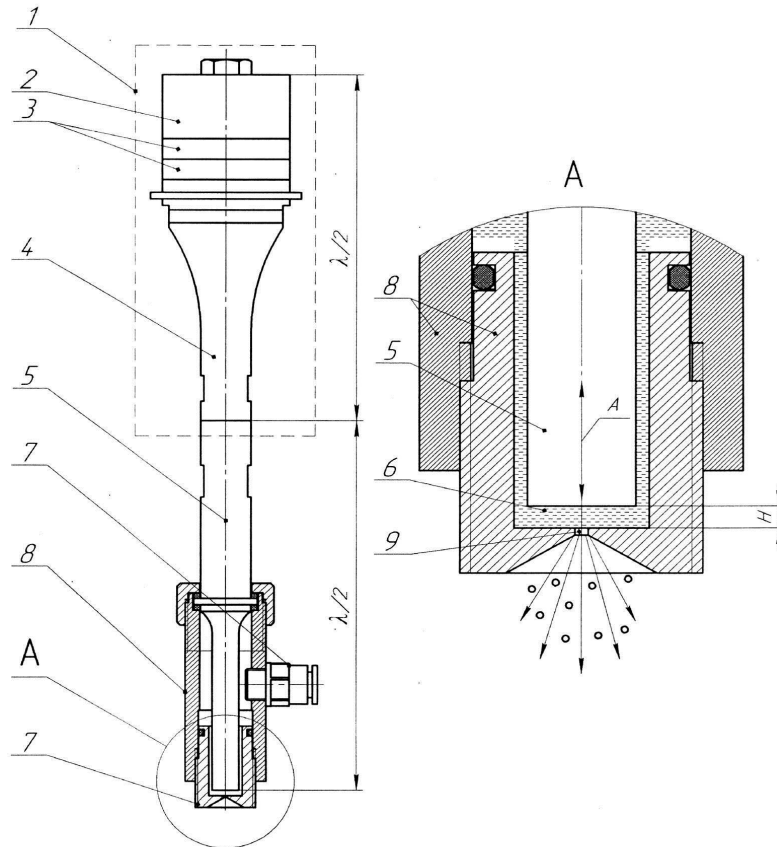
25

30

35

40

45



Фиг.1 Пример реализации способа ультразвукового распыления жидкостей