

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **16182**

(13) **С1**

(46) **2012.08.30**

(51) МПК

**B 01F 11/02** (2006.01)

**B 01J 19/10** (2006.01)

**B 02C 19/18** (2006.01)

**F 02M 27/08** (2006.01)

(54)

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ  
КОЛЕБАНИЙ В КОРПУС, СОДЕРЖАЩИЙ ВЯЗКУЮ СРЕДУ**

(21) Номер заявки: а 20100367

(22) 2010.03.11

(43) 2011.10.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Капсаров Александр Григорьевич; Зелепущенко Михаил Михайлович; Ядловский Роман Васильевич; Карабельников Евгений Николаевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (ВУ)

(56) SU 1533747 A1, 1990.

RU 2075619 C1, 1997.

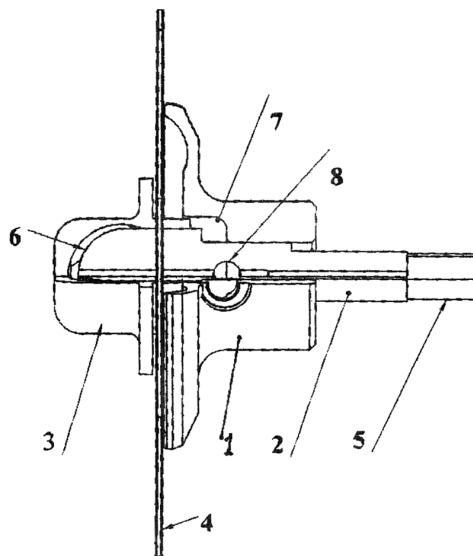
DE 4037957 A1, 1992.

FR 2906734 A1, 2008.

GB 891152 A, 1962.

(57)

1. Устройство для введения высокочастотных колебаний в корпус, содержащий вязкую среду, содержащее волновод, соединенный с излучателем в виде пластины, связанным с обрабатываемой вязкой средой, отличающееся тем, что содержит низкочастотный резонатор, в корпусе которого установлен указанный излучатель, возбуждаемый высокочастотным резонатором в виде стержня, первый торец которого выполнен с возможностью сообщения ему осевого усилия и крутящего момента через соединительный элемент



Фиг. 1

от внешнего вращателя, а второй торец, возбуждающий излучатель, выполнен с макрорельефом в виде плоской спирали высотой до 10 мм с периодическими выпуклостями с шагом от 0,5 до 200 мм, на котором выполнен микрорельеф в виде дифракционной решетки с шагом микровыступов порядка 3-10 мкм, торец излучателя, возбуждаемый высокочастотным резонатором, выполнен с микрорельефом в виде дифракционной решетки с шагом микровыступов порядка 3-10 мкм, причем рельеф второго торца высокочастотного резонатора выполнен с нанодисперсным слоем сверхтвердого материала.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что микрорельеф торцевой поверхности излучателя, возбуждаемой высокочастотным резонатором, выполнен на макрорельефе в виде плоской спирали с периодическими выпуклостями, причем направление спирали обратно направлению спирали торца высокочастотного резонатора, а рельеф торца излучателя выполнен с нанодисперсным слоем сверхтвердого материала.

---

Полезная модель относится к техническому использованию высокочастотной энергии, основанному на введении ультразвуковых колебаний в камеры, реакторы, а также в трубопроводы, ограниченные оболочкой, и может быть применена в различных отраслях промышленности, в частности в процессах измельчения, плавки, литья и рафинирования материалов.

Известны устройства введения ультразвуковых колебаний, генерируемых с помощью электро- и акустомеханических высокочастотных устройств [1-4], использующих концентраторы для передачи колебаний в зону обработки.

Так, известно устройство ультразвукового помола [6], включающее вращающийся ультразвуковой диспергатор, использующий для ввода ультразвуковых колебаний концентратор, соединенный с магнестрикционным преобразователем, ультразвуковой генератор и электропривод.

Недостатком данного устройства является низкая надежность работы устройства из-за необходимости подвода питающего высокочастотного напряжения к вращающемуся ультразвуковому преобразователю.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому устройству является устройство для приготовления жидких неоднородных сред [7].

Высокочастотные колебания в этом устройстве вводятся волноводом от концентратора и излучателя в виде пластины специальной формы, связанной обрабатываемой вязкой средой.

Недостатком устройства с магнестрикционным преобразователем стержневого типа, согласованного на вязкую среду, заключается в необходимости перехода на излучатель пластинчатого типа.

При этом неизбежно появление асимметричных крутильных колебаний, раскрывающих на частоте ультразвука акустомеханический контакт в сборной акустической системе на основе рекомендованного авторами преобразователя ПМС-15, имеющего резьбовое (M20×1,5) гнездо из нормализованной стали. Износ и отказы такой саморазборной конструкции неизбежен на базе  $10^{10}$ - $10^{12}$  циклов [8].

Задачей полезной модели является повышение производительности процесса при сохранении качества диспергирования.

Поставленная задача решается тем, что низкочастотный резонатор, в корпусе которого установлен указанный излучатель, возбуждаемый высокочастотным резонатором в виде стержня, первый торец которого выполнен с возможностью сообщения ему осевого усилия и крутящего момента через соединительный элемент от внешнего вращателя, а второй торец, возбуждающий излучатель, выполнен с макрорельефом в виде плоской спирали высотой до 10 мм с периодическими выпуклостями с шагом от 0,5 до 200 мм, на котором выполнен микрорельеф в виде дифракционной решетки с шагом микровыступов порядка

## ВУ 16182 С1 2012.08.30

3-10 мкм, торец излучателя, возбуждаемый высокочастотным резонатором, выполнен с микрорельефом в виде дифракционной решетки с шагом микровыступов порядка 3-10 мкм, причем рельеф второго торца высокочастотного резонатора выполнен с нанодисперсным слоем сверхтвердого материала, а микрорельеф торцевой поверхности излучателя, возбуждаемой высокочастотным резонатором, выполнен на макрорельефе в виде плоской спирали с периодическими выпуклостями, причем направление спирали обратно направлению спирали торца высокочастотного резонатора, а рельеф торца излучателя выполнен с нанодисперсным слоем сверхтвердого материала.

Устройство устанавливается непосредственно на оболочку, причем диаметры периферии установочного фланца корпуса и отражателя-излучателя выполняются по условию:

$$0,5(D - d) = n \lambda/2; \lambda/2 = 5500000/2f,$$

где  $n$  - число кольцевых полуволн  $\lambda/2$  [мм] микродеформации корпуса оболочки между периферией фланца корпуса и фланцем излучателя;

$D$  и  $d$  [мм] - диаметры фланца корпуса и отражателя-излучателя, соответственно.

На фиг. 1 схематично представлено устройство, с четвертным вырезом.

Устройство включает в себя следующие основные элементы:

- 1 - корпус низкочастотного резонатора;
- 2 - высокочастотный резонатор;
- 3 - активатор-излучатель;
- 4 - низкочастотный резонатор, закрепленный на стенку оболочки;
- 5 - соединительный элемент;
- 6 - виток спирали макрорельефа;
- 7 - полость для смазывающих и охлаждающих компонентов;
- 8 - радиальный канал подвода смазывающих и охлаждающих компонентов.

Корпус низкочастотного вибратора 1, соединенный с корпусом оболочки и резонирует по принципу "большого поршня" [1] на собственной частоте стенки оболочки.

Высокочастотный резонатор 2 оснащен на торцевой поверхности нанодисперсным слоем сверхтвердого материала (например, эльбора) с дискретностью микровыступов порядка 3-10 мкм и твердостью, позволяющей выдерживать нагрузки на плоский микрокристалл до  $8000 \text{ Н/мм}^2$  при температурах до  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Микрорельеф выполнен на монотонном макрорельефе в виде спирали Архимеда высотой до 10 мм, выполненной, например, по часовой стрелке.

Спираль дополнительно оснащена периодическими выпуклостями с шагом от 0,5 до 200 мм в зависимости от масштаба.

Активатор-излучатель 3 оснащен на торцевой поверхности аналогично высокочастотному резонатору 2 нанодисперсным слоем сверхтвердого материала (например, эльбора) с дискретностью микровыступов порядка 3-10 мкм и твердостью, позволяющей выдерживать нагрузки на плоский микрокристалл до  $8000 \text{ Н/мм}^2$  при температурах до  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ . Микрорельеф аналогично выполнен на сглаженном прерывистом макрорельефе в виде спирали Архимеда, выполненной, например, против часовой стрелки, то есть не совпадающей с направлением спирали на резонаторе 2 при наблюдении в одном осевом направлении.

Устройство монтируется на стенку оболочки с внешней и внутренней сторон.

Рассмотрим один из вариантов конструкции вибратора, в котором стенка оболочки 4 является одновременно резонатором.

На резонаторе с внутренней стороны оболочки устанавливается активатор-отражатель, герметично закрепленный периферией фланцевого соединения через упругую прокладку.

На оболочке с внешней стороны ее стенки герметично закрепляется корпус низкочастотного вибратора, содержащий полость для смазывающих и охлаждающих компонентов и радиальный канал подвода смазывающих и охлаждающих компонентов.

# ВУ 16182 С1 2012.08.30

Соединительный элемент вводится во внешний вращатель, например в муфту отбора мощности трактора, электромотора, другого вращателя.

Внешний вращатель нагружает конструкцию осевым усилием и крутящим моментом до упругого контакта вибровозбудителя с внутренней стенкой активатора-излучателя.

Диаметры периферии фланца корпуса  $D$  и упругой прокладки отражателя  $d$  - излучателя выполняются по условию:

$$0,5(D - d) = n \lambda/2; \lambda/2 = 5500000/2f,$$

где  $n$  - число кольцевых полуволн  $\lambda/2$  [мм] микродеформации корпуса оболочки между периферией фланца корпуса и фланцем излучателя;

$D$  и  $d$  [мм] - диаметры фланца корпуса и отражателя-излучателя соответственно;

$f$  - частота колебаний корпуса оболочки.

Число кольцевых изгибных полуволн определяется при вращении прижатого до упора вибровозбудителя соединительного элемента. При этом вращение производится на частоте, при которой колебания корпуса оболочки достигают минимального технологического эффекта.

Технологический минимальный эффект может быть выражен при достижении приблизительно 15 %-ного изменения температуры, вязкости, степени измельчения или отслоения вещества либо изменения его других контролируемых параметров.

При определении минимального технологического эффекта соединительный элемент нагружают помимо момента вращения осевым усилием прижима резонатора 2 к торцевой поверхности активатора излучателя 3, усилиями, например, из ряда (5, 50, 500, 5000 Н) в зависимости от масштаба системы и требуемого режима вращения.

При настройке на минимальный технологический эффект применяли метод Хладни фигур [1, с. 376], показывающих кинетику поверхностных волн при вращении нагруженного резонатора.

Действие полезной модели и ее сравнительную эффективность можно оценить из нижеприведенного примера [8].

## Пример 1

Наклонный излучатель, аналогичный рассмотренному в прототипе, был установлен в специальном ответвлении теплообменника компрессорной установки мощностью приблизительно 300 кВт с целью предотвращения отложений в трубных досках.

На торце введенного в поток охладителя преобразователя ПМС-15А в резьбовом гнезде крепилось конусовидное основание скругленной пластины толщиной порядка 4 мм и длиной не менее 250 мм.

Развиваемая амплитуда в пучностях изгибных колебаний составляла 10 мкм на частоте 18-20 кГц, что позволяло создавать вибрации и акустические потоки, наряду с кавитацией препятствующие отложению в медных трубах теплообменника.

В комплекте с ультразвуковым генератором серии УЗГ-10 работали несколько магнитострикционных преобразователей типа ПМС-15.

Разброс резонансных частот магнитострикторов ПМС-15А достигал 500 Гц, в то время как для нормальной работы четырех преобразователей этого типа разброс частот не должен превышать 100 Гц.

При согласовании магнитострикторов с генератором и при использовании наклонных излучателей с одинаковыми геометрическими размерами, массой и изготовленными из одного и того же материала система ультразвуковой генератор УЗГ-2-10 и четыре согласуемых по частоте магнитострикционных преобразователя типа ПМС-15А с наклонными излучателями работали устойчиво, амплитуда изгибных колебаний всех четырех излучателей находится в пределах 17-20 мкм.

Наблюдение за всеми секциями ультразвуковой обработки воды показало значительное уменьшение амплитуды уже после ста дней эксплуатации, то есть после  $5 \times 10^6$  циклов непрерывного нагружения на ультразвуковой частоте. После 800 часов работы по причине

накопленной усталости активных элементов на основе пермендюра амплитуда колебаний пластин не превышала 5 мкм, что вызвало необходимость в ручной очистке отложений.

Работа устройства поясняется примером 2.

## Пример 2

Заявляемое устройство было встроено во фланцевый разъем трубопровода охлаждения трубных досок теплообменника мощного компрессора, имеющим механический контакт с корпусом низкочастотного вибратора п. 1 фиг. 1.

Высокочастотный резонатор 2, оснащенный на торцовой поверхности высокопрочным материалом (ВК9), выполненным и притертым пастой АСПК (Алмаз синтетический поликристаллический помола с фракциями 120, 30 и 7 мкм) на витках скрестных спиралей. Аналогичным покрытием был оснащен и активатор-излучатель 3. Его внешняя поверхность была введена в поток охлаждающей компрессор жидкости, причем выступающий торец активатора-излучателя 3 был оснащен рупором в виде круглой пластины, направленной фронтальной плоскостью на выходные торцы трубных досок.

В корпус вибратора был введен патрубок маслонасоса, а к торцу соединительного элемента через муфту был подключен электромотор мощностью 0,8 кВт, управляемый дистанционно через реле времени. Осевое усилие на соединительный элемент составляло 200 Н при 600 оборотов за минуту. Вибрация корпуса установки и связанной с ней арматуры трубной доски не превышала 10 мкм в полосе частот от 50 до 2000 Гц, что фиксировалось осциллографом.

Вибрационная ситуация: резонансная частота и длина изгибных волн определялась с помощью фигур Хладни [1].

Включение электромотора осуществлялось автоматически через каждые 2 часа на время работы не более 15 минут.

Эффективность устройства заключалась в том, что на протяжении ближайшего года в полостях трубных досок теплообменника не наблюдались отложения солей.

Оборудование - устройство, маслонасос, электродвигатель и вспомогательные элементы работали безотказно, практически без изменения исходных параметров.

## Источники информации:

1. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / Глав. ред. И.П.Голямина. - М.:Советская энциклопедия, 1979.

2. Политов И.В., Кузнецов Н.А. Вибрационная обработка деталей машин и приборов. - Л., 1965.

3. Бабичев А.П. Вибрационная обработка деталей в абразивной среде. - М., 1968.

4. Баранов В.М. Ультразвуковые измерения в атомной технике. - М.: Атомиздат, 1975. - С. 264.

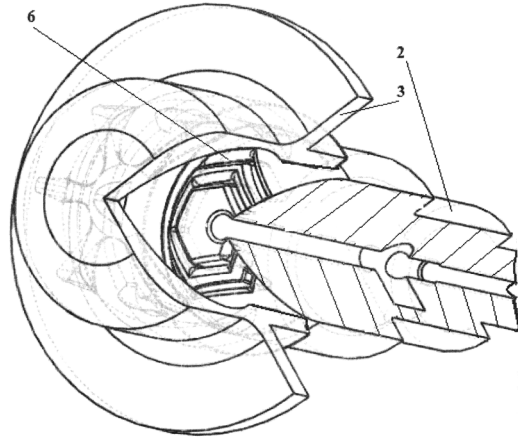
5. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. - М.: Физматгиз, 1963.

6. А.с. СССР 301171, МПК В 02С 19/18, заявлено 13.12.70.

7. Патент RU 94036057/33 / А.И.Скудный, С.Г.Некрасов, В.М.Рубинчик, В.Ф.Тележкин. Заявл.28.09.94 // Бюл. № 34. - 10.12.95.

7. А.с. SU 1533747 А1, МПК В 01F 11/02, заявлено 02/11/87 // Бюл. № 1. - 07.01.90.

8. Прогрессивные методы в машиностроении. - Мн.: Наука и техника, 1978. - С. 236.



Фиг. 2