

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035595**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.07.14

(51) Int. Cl. **B06B 3/02** (2006.01)

(21) Номер заявки
201800079

(22) Дата подачи заявки
2017.12.13

(54) **УСИЛИТЕЛЬ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ ПО АМПЛИТУДЕ**

(43) **2019.06.28**

(96) **2017/EA/0106 (BY) 2017.12.13**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(BY)**

(72) Изобретатель:
**Степаненко Дмитрий Александрович,
Бунчук Ксения Александровна,
Емельянова Анна Сергеевна, Плескач
Мария Александровна, Солодкая
Надежда Вячеславовна (BY)**

(56) Д.А. СТЕПАНЕНКО и др. Разработка и исследование нового типа концентраторов ультразвуковых колебаний на основе кольцевых упругих элементов. Материалы Технологии Инструменты, 2013, том 18, №2, с. 90-94
BY-C1-19219
RU-C1-2106205
CN-B-103028540
US-B1-6474167
SU-A1-382439

(57) Изобретение относится к устройствам для передачи механических колебаний дозвуковой, звуковой или сверхзвуковой частоты с преобразованием амплитуд, а именно к усилителю упругих колебаний по амплитуде, и может быть использовано в машино- и приборостроении и медицинской технике, в частности в ультразвуковых приборах и аппаратах для обработки материалов, воздействия на биологические ткани и технологические среды. Задачей изобретения является разработка усилителя упругих колебаний по амплитуде, согласованного по импедансу с источником упругих колебаний. Поставленная задача решается тем, что в заявляемом усилителе упругих колебаний по амплитуде, выполненном в виде сплошного кольца 1, 6, 11, имеющего точку 4, 9, 14 соединения с источником колебаний и диаметрально противоположную ей точку 5, 10, 15 соединения с рабочим инструментом, лежащие в плоскости симметрии, проходящей через ось кольца, кольцо состоит по меньшей мере из двух участков 2, 7, 12 и 3, 8, 13, выполненных из материалов с различными физико-механическими свойствами и последовательно соединенных между собой посредством импедансно-согласованного неразъемного соединения, обеспечивающего возможность передачи изгибных колебаний.

B1

035595

035595

B1

Изобретение относится к устройствам для передачи механических колебаний дозвуковой, звуковой или сверхзвуковой частоты с преобразованием амплитуд, а именно к усилителю упругих колебаний по амплитуде, и может быть использовано в машино- и приборостроении и медицинской технике, в частности в ультразвуковых приборах и аппаратах для обработки материалов, воздействия на биологические ткани и технологические среды.

Известен ультразвуковой инструмент для обработки или измерения детали, в котором в качестве усилителя колебаний по амплитуде используется упругий элемент в виде круглого или овального кольца с уменьшающейся толщиной поперечного сечения [1].

Недостатком аналога является отсутствие импедансного согласования (согласования волнового сопротивления ρc , где ρ - плотность материала, c - скорость распространения упругих волн в материале) с источником упругих колебаний при выполнении кольца из материала, отличного от материала источника. Это приводит к дополнительным потерям полезной энергии упругих колебаний в зоне соединения усилителя с источником.

Наиболее близким к заявляемому устройству является усилитель упругих колебаний по амплитуде, выполненный в виде сплошного кольца, имеющего точку соединения с источником колебаний и диаметрально противоположную ей точку соединения с рабочим инструментом, лежащие в плоскости симметрии, проходящей через ось кольца [2]. Кольцо в точке соединения с источником колебаний крепится с помощью резьбового соединения к стержневому концентратору ультразвука, который служит для предварительного усиления по амплитуде колебаний, создаваемых с помощью пьезоэлектрического ультразвукового преобразователя типа Ланжевена, используемого в качестве источника колебаний. В точке соединения с рабочим инструментом к кольцу крепится рабочий инструмент, например, игла для прошивки отверстий.

Недостатком прототипа является отсутствие импедансного согласования усилителя с источником колебаний.

Задачей изобретения является разработка усилителя упругих колебаний по амплитуде, согласованного по импедансу с источником упругих колебаний.

Поставленная задача решается тем, что в заявляемом усилителе упругих колебаний по амплитуде, выполненном в виде сплошного кольца, имеющего точку соединения с источником колебаний и диаметрально противоположную ей точку соединения с рабочим инструментом, лежащие в плоскости симметрии, проходящей через ось кольца, кольцо состоит, по меньшей мере, из двух участков, выполненных из материалов с различными физико-механическими свойствами и последовательно соединенных между собой посредством импедансно-согласованного неразъемного соединения, обеспечивающего возможность передачи изгибных колебаний.

В предпочтительном варианте реализации изобретения неразъемное соединение выполнено посредством диффузионной сварки. В еще одном варианте реализации кольцо по всей своей длине имеет форму поперечного сечения в виде четырехугольника со сторонами длины b_1 и b_2 в радиальном и длины h_1 и h_2 в осевом направлении, где h_2 - длина стороны поперечного сечения, ближайшей к оси кольца. В одном из вариантов реализации для кольца с поперечным сечением в виде четырехугольника $b_1=b_2=b$, при этом значение длины b в радиальном направлении непрерывно уменьшается от точки соединения с источником колебаний к точке соединения с рабочим инструментом. В другом варианте реализации для кольца с $b_1=b_2=b$ выполняется условие $h_1=h_2=h$, причем значение длины h в осевом направлении выбрано постоянным. В еще одном варианте реализации для кольца с $b_1=b_2=b$ значения длин h_1 и h_2 в осевом направлении непрерывно уменьшаются от точки соединения с источником колебаний к точке соединения с рабочим инструментом, при этом до сечения, перпендикулярного плоскости, проходящей через ось кольца и точки соединения с источником колебаний и рабочим инструментом, $h_1>h_2$, в указанном сечении $h_1=h_2$, а после указанного сечения $h_1<h_2$.

Более подробно возможные варианты реализации изобретения рассматриваются далее со ссылками на позиции чертежей. На чертежах изображены:

фиг. 1 - вид в плане усилителя в одной из форм реализации;

фиг. 2 - поперечное сечение по линии А-А усилителя согласно фиг. 1;

фиг. 3 - расчетная кривая распределения амплитуды радиальных колебательных смещений по длине кольца;

фиг. 4 - вид в плане усилителя в другой форме реализации;

фиг. 5 - поперечное сечение по линии Б-Б усилителя согласно фиг. 4;

фиг. 6 - поперечное сечение по линии В-В усилителя согласно фиг. 4;

фиг. 7 - вид в плане усилителя в еще одной форме реализации;

фиг. 8 - поперечное сечение по линии Г-Г усилителя согласно фиг. 7;

фиг. 9 - поперечное сечение по линии Д-Д усилителя согласно фиг. 7.

На фиг. 1 представлен вид в плане усилителя в одной из форм его реализации, а на фиг. 2 - поперечное сечение усилителя согласно фиг. 1 по линии А-А. Усилитель выполнен в виде сплошного кольца 1, состоящего из двух участков 2 и 3, один из которых (участок 2) выполнен из стали и имеет централь-

ный угол $2\varphi_0=90^\circ$, а второй участок (участок 3) выполнен из бронзы. Кольцо 1 имеет точку 4 соединения с источником колебаний и диаметрально противоположную ей точку 5 соединения с рабочим инструментом, лежащие в плоскости симметрии, проходящей через ось кольца. Участки 2 и 3 соединены между собой посредством диффузионной сварки. Использование диффузионной сварки обеспечивает импедансное согласование между участками кольца, так как при диффузионной сварке между свариваемыми материалами формируется тонкий переходный слой с непрерывным изменением физико-механических свойств. В целях импедансного согласования материал участка 2 должен выбираться с волновым сопротивлением, близким к или равным волновому сопротивлению материала источника упругих колебаний, что накладывает достаточно жесткие ограничения на выбор материала участка 2, однако благодаря использованию для соединения участков 2 и 3 диффузионной сварки, обеспечивающей согласованное по импедансу соединение широкого спектра материалов, на выбор материала участка 3 не накладываются жестких ограничений и он может быть выбран исходя из конкретного технического применения усилителя. Как показано на фиг. 2, кольцо 1 по всей своей длине имеет форму поперечного сечения в виде четырехугольника со сторонами длины b_1 и b_2 в радиальном и длины h_1 и h_2 в осевом направлении, где h_2 - длина стороны поперечного сечения, ближайшей к оси кольца. При этом в рассматриваемом варианте реализации $b_1=b_2=b$, $h_1=h_2=h$, а значения длин b и h выбраны постоянными.

На фиг. 3 приведены результаты расчетов распределения амплитуды радиальных колебательных смещений по длине кольца для усилителя согласно фиг. 1, которые будут рассмотрены в дальнейшем при описании принципа действия усилителя.

На фиг. 4 представлен вид в плане усилителя в другой форме его реализации, а на фиг. 5 и 6 - поперечные сечения усилителя согласно фиг. 4 по линиям Б-Б и В-В. Усилитель выполнен в виде сплошного кольца 6 с внутренним контуром, выполненным с эксцентриситетом по отношению к наружному контуру. Кольцо 6 состоит из двух участков 7 и 8, один из которых (участок 7) выполнен из стали и имеет центральный угол $2\varphi_0=90^\circ$, а второй участок (участок 8) выполнен из бронзы. Кольцо 6 имеет точку 9 соединения с источником колебаний и диаметрально противоположную ей точку 10 соединения с рабочим инструментом, лежащие в плоскости симметрии, проходящей через ось кольца. Участки 7 и 8 соединены между собой посредством диффузионной сварки. Как показано на фиг. 5 и 6, кольцо 6 по всей своей длине имеет форму поперечного сечения в виде четырехугольника со сторонами длины b_1 и b_2 в радиальном и длины h_1 и h_2 в осевом направлении, где h_2 - длина стороны поперечного сечения, ближайшей к оси кольца. При этом в рассматриваемом варианте реализации $b_1=b_2=b$, $h_1=h_2=h$, где значение длины h выбрано постоянным, а значение длины b непрерывно уменьшается от точки 9 соединения с источником колебаний к точке 10 соединения с рабочим инструментом.

На фиг. 7 представлен вид в плане усилителя в еще одной форме его реализации, а на фиг. 8 и 9 - поперечные сечения усилителя согласно фиг. 7 по линиям Г-Г и Д-Д. Усилитель выполнен в виде сплошного кольца 11 с внутренним контуром, выполненным с эксцентриситетом по отношению к наружному контуру, и торцовыми поверхностями, выполненными с наклоном под углом α по отношению к плоскости, перпендикулярной оси кольца. Кольцо 11 состоит из двух участков 12 и 13, один из которых (участок 12) выполнен из стали и имеет центральный угол $2\varphi_0=90^\circ$, а второй участок (участок 13) выполнен из бронзы. Кольцо 11 имеет точку 14 соединения с источником колебаний и диаметрально противоположную ей точку 15 соединения с рабочим инструментом, лежащие в плоскости симметрии, проходящей через ось кольца. Участки 12 и 13 соединены между собой посредством диффузионной сварки. Как показано на фиг. 8 и 9, кольцо 11 по всей своей длине имеет форму поперечного сечения в виде четырехугольника со сторонами длины b_1 и b_2 в радиальном и длины h_1 и h_2 в осевом направлении, где h_2 - длина стороны поперечного сечения, ближайшей к оси кольца. При этом в рассматриваемом варианте реализации $b_1=b_2=b$, где значение длины b непрерывно уменьшается от точки 14 соединения с источником колебаний к точке 15 соединения с рабочим инструментом, а значения длин h_1 и h_2 непрерывно уменьшаются от точки 14 к точке 15, причем до сечения Г-Г, перпендикулярного плоскости Д-Д, проходящей через ось кольца и точки 14 и 15, $h_1>h_2$, в указанном сечении $h_1=h_2$, а после указанного сечения $h_1<h_2$.

Усилитель в форме реализации, представленной на фиг. 1, работает следующим образом. При возбуждении в точке 4 соединения с источником колебаний радиально-направленных колебательных смещений с частотой, совпадающей с резонансной частотой усилителя, в кольце 1 возникают изгибные колебания, амплитуда радиальной составляющей которых в точке 5 соединения с рабочим инструментом достигает значения $W(180^\circ)=KW(0)$, где K - коэффициент усиления колебаний по амплитуде, обеспечиваемый усилителем. Так как точки 4 и 5 лежат в плоскости симметрии, проходящей через ось кольца 1, колебательные смещения в этих точках будут иметь только радиальную составляющую, то есть будут двигаться в одном и том же направлении, в связи с чем усилитель может использоваться для усиления продольных колебаний. Для подтверждения работоспособности усилителя на фиг. 3 приведены результаты расчетов распределения амплитуды радиальных колебательных смещений по длине кольца для усилителя согласно фиг. 1 для частоты $f=22,75$ кГц (резонансная частота усилителя). Расчеты показывают, что усилитель обеспечивает коэффициент усиления колебаний по амплитуде $K=W(180^\circ)/W(0)=1,53$, где $W(180^\circ)$ и $W(0)$ - амплитуды радиальных колебательных смещений в точках 5 и 4 соединения кольца с

рабочим инструментом и источником колебаний. В общем случае коэффициент усиления определяется значениями центральных углов участков кольца и физико-механическими свойствами материалов, из которых они выполнены. Усилитель в формах реализации, представленных на фиг. 4 и 7, работает аналогичным образом. По сравнению с усилителем согласно фиг. 1 в варианте реализации, представленном на фиг. 4, достигается повышение коэффициента усиления колебаний по амплитуде, зависящее от отношения значений длины b в поперечных сечениях, проходящих через точки 9 и 10. По сравнению с усилителем согласно фиг. 4 в варианте реализации, представленном на фиг. 7, достигается дополнительное повышение коэффициента усиления колебаний по амплитуде, зависящее от отношения значений длин h_1 и h_2 в поперечных сечениях, проходящих через точки 14 и 15.

Литература:

1. Патент РБ ВУ 19219 С1, МПК В06В 1/00. Ультразвуковой инструмент для обработки или измерения детали. И.В. Луговой [и др.]. № а20120353; заявл. 12.03.2012; опубл. 30.06.2015; приоритет 12.03.2012.

2. Степаненко Д.А. Разработка и исследование нового типа концентраторов ультразвуковых колебаний на основе кольцевых упругих элементов. Д.А. Степаненко [и др.]. Материалы. Технологии. Инструменты. 2013. Т. 18, №2. С. 90-94.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Усилитель упругих колебаний по амплитуде, выполненный в виде сплошного кольца, имеющего точку соединения с источником колебаний и диаметрально противоположную ей точку соединения с рабочим инструментом, лежащие в плоскости симметрии, проходящей через ось кольца, отличающийся тем, что кольцо состоит по меньшей мере из двух участков, выполненных из материалов с различными физико-механическими свойствами и последовательно соединенных между собой посредством импедансно-согласованного неразъемного соединения, обеспечивающего возможность передачи изгибных колебаний.

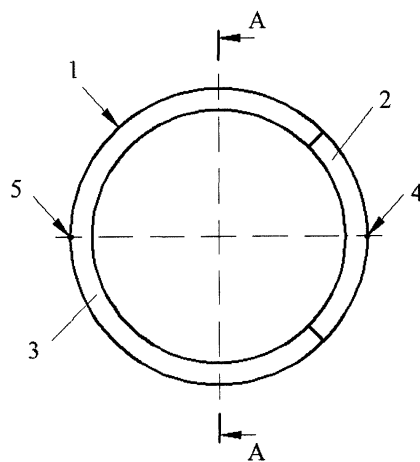
2. Усилитель по п.1, отличающийся тем, что неразъемное соединение выполнено посредством диффузионной сварки.

3. Усилитель по любому из пп.1-2, отличающийся тем, что кольцо по всей своей длине имеет форму поперечного сечения в виде четырехугольника со сторонами длины b_1 и b_2 в радиальном и длины h_1 и h_2 в осевом направлении, где h_2 - длина стороны поперечного сечения, ближайшей к оси кольца.

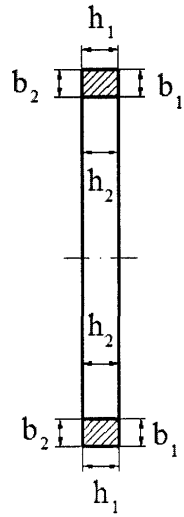
4. Усилитель по п.3, отличающийся тем, что $b_1=b_2=b$, при этом значение длины b в радиальном направлении непрерывно уменьшается от точки соединения с источником колебаний к точке соединения с рабочим инструментом.

5. Усилитель по п.4, отличающийся тем, что $h_1=h_2=h$, причем значение длины h в осевом направлении выбрано постоянным.

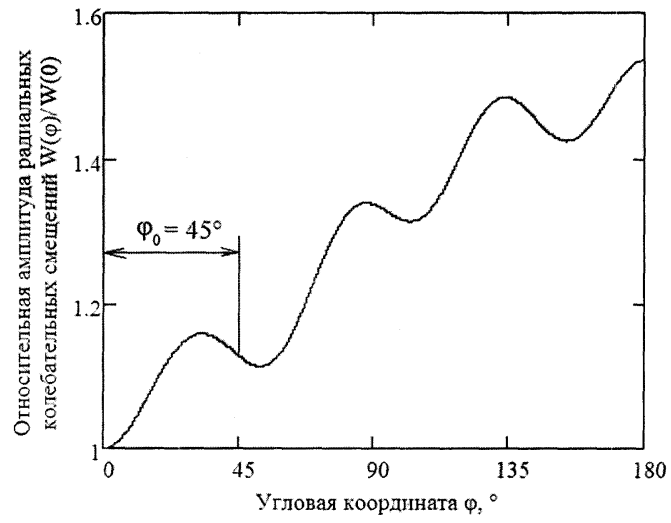
6. Усилитель по п.4, отличающийся тем, что значения длин h_1 и h_2 в осевом направлении непрерывно уменьшаются от точки соединения с источником колебаний к точке соединения с рабочим инструментом, при этом до сечения, перпендикулярного плоскости, проходящей через ось кольца и точки соединения с источником колебаний и рабочим инструментом, $h_1>h_2$, в указанном сечении $h_1=h_2$, а после указанного сечения $h_1<h_2$.



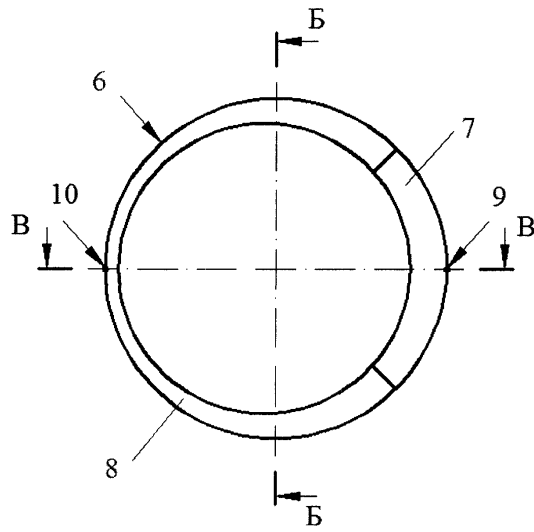
Фиг. 1



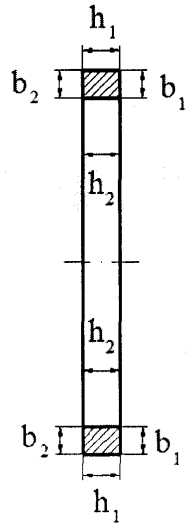
Фиг. 2



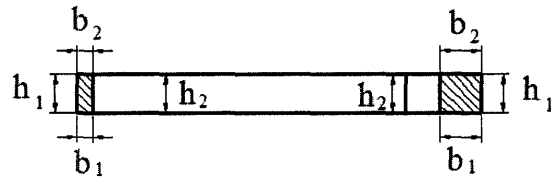
Фиг. 3



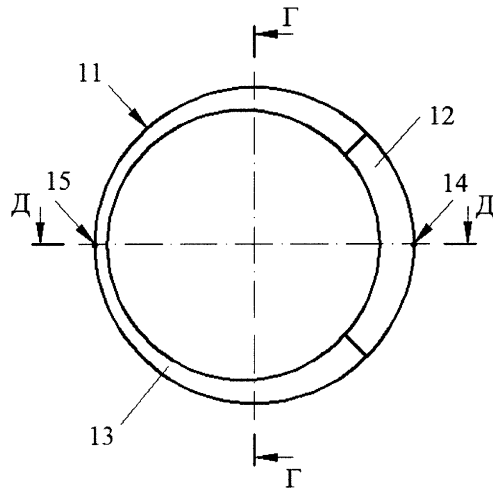
Фиг. 4



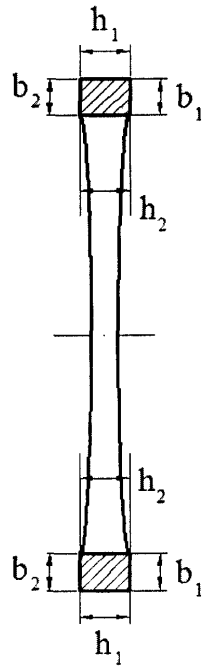
Фиг. 5



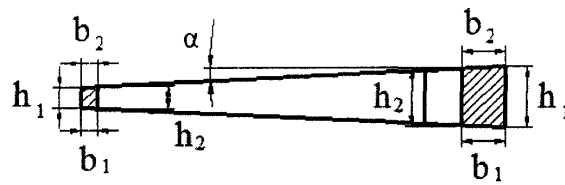
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

