

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 6896

(13) U

(46) 2010.12.30

(51) МПК (2009)

G 01N 29/24

B 06B 1/06

(54)

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 20100502

(22) 2010.05.27

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

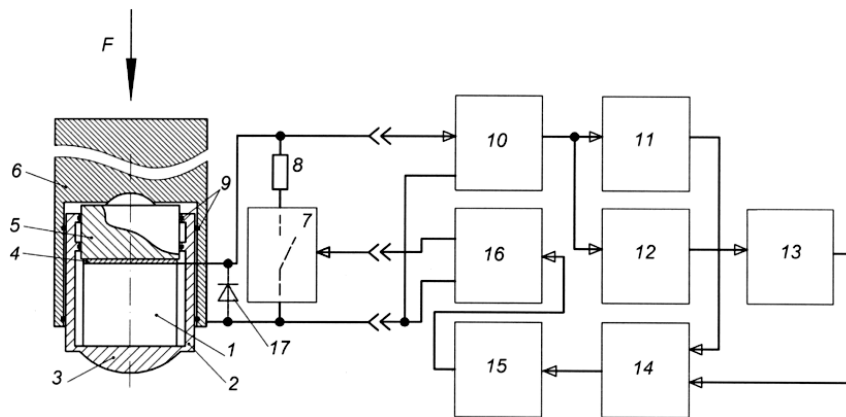
(72) Авторы: Снежков Дмитрий Юрьевич;
Леонович Сергей Николаевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(57)

1. Ультразвуковой преобразователь, содержащий пьезоэлемент, коммутатор, корпус, протектор, выполненный из материала повышенной твердости, причем пьезоэлемент закреплен внутри корпуса, непосредственно сопряжен граничащей поверхностью с основанием протектора, являющимся одной из стенок корпуса, выводы пьезоэлемента соединены с выводами коммутатора, а высота протектора много меньше длины акустической волны, распространяющейся в его материале, **отличающийся** тем, что контактирующая с испытуемым материалом поверхность протектора выполнена в виде сегмента сферы, центр радиуса кривизны которой расположен на оси симметрии пьезоэлемента, дополнительно содержит внутренний и внешний толкатели, оси симметрии которых совпадают с осью симметрии пьезоэлемента, причем внутренний толкатель одной торцевой поверхностью сопряжен с пьезоэлементом, а второй - шарнирно сопряжен с торцевой поверхностью внешнего толкателя.

2. Преобразователь по п. 1, **отличающийся** тем, что выводы пьезоэлемента дополнительно соединены через фильтр низкой частоты с пороговым и дифференцирующим элементами, причем выход дифференцирующего элемента соединен со входом компаратора, а его выход и выход порогового элемента соединены со входами элемента И, соединенного своим выходом через элемент задержки со входом формирователя, связанного своим выходом со входом управления коммутатора.



Фиг. 1

ВУ 6896 U 2010.12.30

(56)

1. Дзенис В.В. Применение ультразвуковых преобразователей с точечным контактом для неразрушающего контроля. - Рига: Зинатне, 1987. - С. 40-44.
 2. Патент RU 2082163, МПК G 01N 29/24, 1997.
 3. Патент RU 2224250, МПК G 01N 29/24, В 06В 1/06, 2004.
-

Полезная модель относится к области контрольно-измерительной техники и может быть использована при дефектоскопии, толщинометрии и определении деформативных и прочностных свойств бетона.

Известен ультразвуковой низкочастотный преобразователь [1], содержащий пьезоэлемент, коаксиальный волновод-"концентратор", обеспечивающий излучение в контролируемую среду (бетон) и прием импульса ультразвуковых колебаний через "точечные" области контакта волновода с контролируемой средой без применения контактной смазки.

Недостатками этой конструкции являются:

сильная зависимость затухания УЗ-колебаний в области акустического контакта преобразователя с бетоном от усилия прижима;

ограничение частотного диапазона преобразователя резонансными свойствами экспоненциального волновода;

рост затухания УЗ-колебаний с увеличением их частоты в зоне контакта из-за высокой гибкости точечного контакта, что ограничивает верхнюю границу частотного диапазона преобразователя значениями 150...250 кГц (для бетона).

Известен ультразвуковой низкочастотный преобразователь [2], содержащий герметичный корпус с протектором, заполненный демпфирующей жидкостью, в котором размещены два пьезоэлемента. Каждый из пьезоэлементов совершает колебания растяжения-сжатия. Источником колебаний для внешней среды являются торцы пьезоэлементов, которыми они закреплены на протекторе.

Недостатками этого преобразователя являются:

сильная зависимость затухания УЗ-колебаний в области акустического контакта с бетоном от усилия прижима;

потеря мощности генерируемого пьезоэлементами ультразвука при прохождении его через область точечного контакта вследствие отсутствия условий согласования волновых сопротивлений активных пьезоэлементов и области точечного контакта, так как малые волновые размеры протектора не позволяют ему выполнить функции согласующего элемента;

рост затухания УЗ-колебаний с увеличением их частоты в зоне контакта из-за высокой гибкости точечного контакта, что ограничивает верхнюю границу частотного диапазона преобразователя значениями 150...200 кГц (для бетона).

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является ультразвуковой низкочастотный преобразователь с переключением типа волн [3], содержащий пьезоэлемент, коммутатор, герметичный корпус с демпфирующей жидкостью и протектором в виде конуса или пирамиды, основание которых является одной из стенок корпуса, причем вершина конуса или пирамиды контактирует с объектом контроля, а высота протектора много меньше длины акустической волны, распространяющейся в материале, при этом пьезоэлемент закреплен внутри корпуса на протекторе, непосредственно сопряжен с основанием протектора и состоит из двух электрически изолированных друг от друга частей, монолитно соединенных между собой граничащими поверхностями, ориентированными перпендикулярно основанию протектора, коммутатор обеспечивает синфазное или противофазное включение частей пьезоэлемента, причем при противофазном включении частей пьезоэлемент совершает изгибные колебания, вход коммутатора является входом преоб-

ВУ 6896 U 2010.12.30

разователя, а выводы коммутатора подключены к соответствующим выводам частей пьезоэлемента.

Недостатками прототипа являются:

высокое затухание УЗ-колебаний в зоне контакта с бетоном, что ограничивает измерительную базу при сквозном или поверхностном контроле бетона значениями 0,25...0,4 м;

сильная зависимость затухания УЗ-колебаний в области акустического контакта с бетоном от усилия прижима;

ограничение верхней границы частотного диапазона преобразователя значениями 100...150 кГц (для бетона) вследствие высокой гибкости точечного акустического контакта;

поскольку длина волны изгибных резонансных колебаний пьезоэлемента меньше длины волны продольных колебаний в нем, то формирование тангенциальных (поперечных) колебаний протектора заданной частоты достигается при уменьшении размеров и объема активной части преобразователя - пьезоэлемента, что, в свою очередь, приводит к снижению его энергетических показателей при излучении ультразвукового импульса;

необходимость во внешнем источнике высокого напряжения питания для генератора импульсов возбуждения.

Задача, решаемая полезной моделью, заключается в расширении функциональных возможностей и области применения преобразователя путем повышения интенсивности ультразвукового импульса, улучшения стабильности его показателей, расширения рабочего частотного диапазона, а также путем устранения необходимости использования для излучения ультразвуковых импульсов внешнего источника электрического возбуждения.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в ультразвуковом преобразователе, содержащем пьезоэлемент, коммутатор, корпус, протектор, выполненный из материала повышенной твердости, причем пьезоэлемент закреплен внутри корпуса и непосредственно сопряжен граничащей поверхностью с основанием протектора, являющимся одной из стенок корпуса, выводы пьезоэлемента соединены с выводами коммутатора, а высота протектора много меньше длины акустической волны, распространяющейся в его материале, контактирующая с испытуемым материалом поверхность протектора выполнена в виде сегмента сферы, центр радиуса кривизны которой расположен на оси симметрии пьезоэлемента, перпендикулярной плоскости основания протектора, ультразвуковой преобразователь дополнительно содержит внутренний и внешний толкатели, оси симметрии которых совпадают с осью симметрии пьезоэлемента, причем внутренний толкатель одной торцевой поверхностью сопряжен с пьезоэлементом, а второй - шарнирно сопряжен с торцевой поверхностью внешнего толкателя.

Выводы пьезоэлемента могут быть дополнительно соединены через фильтр низкой частоты с пороговым и дифференцирующим элементами, причем выход дифференцирующего элемента соединен с входом компаратора, а его выход и выход порогового элемента соединены с входами элемента И, соединенного своим выходом через элемент задержки с входом формирователя, связанного своим выходом с входом управления коммутатора.

Сущность полезной модели поясняется чертежами, где на фиг. 1 приведена схема ультразвукового преобразователя, на фиг. 2 представлены временные диаграммы силы F и напряжения U пьезоэлемента для квазистатического возбуждения преобразователя, на фиг. 3 показана область контакта преобразователя с контролируемым материалом, на фиг. 4 представлены временные диаграммы силы F и напряжения U для динамического (ударного) возбуждения преобразователя.

Ультразвуковой преобразователь содержит пьезоэлемент 1, корпус 2, протектор 3. Пьезоэлемент 1 закреплен одной граничащей поверхностью на основании твердосплавного протектора 3, имеющего сферическую контактную поверхность. Другой граничащей поверхностью пьезоэлемент 1 сопряжен через изолирующую прокладку 4 с поверхностью

внутреннего толкателя 5, посредством которого на пьезоэлемент 1 передается усилие F от внешнего толкателя 6. Поляризация пьезоэлемента 1 выполняется таким образом, что ее вектор или совпадает с осевой линией - для излучения/приема продольной волны преимущественно в осевом направлении, например для сквозного прозвучивания бетона, или составляет с ней угол в пределах $30...60^\circ$ - для излучения/приема подповерхностной продольной волны при поверхностном прозвучивании. Центр радиуса кривизны протектора 3 удален от основания протектора в направлении расположения пьезоэлемента 1 на расстояние, составляющее $0,5...1,0$ от приведенного диаметра пьезоэлемента D , который рассчитывается по формуле $D = 2 \cdot S^{0,5} \cdot \pi^{0,5}$, где S - площадь сечения пьезоэлемента 1 в плоскости, нормальной к его оси. Выводы пьезоэлемента 1 соединены с выводами коммутатора 7, в цепи которого установлен формирующий элемент 8. Герметизация ультразвукового преобразователя может выполняться упругими герметизирующими прокладками 9.

Как вариант исполнения ультразвукового преобразователя с использованием динамического возбуждения, в рассмотренной схеме выводы пьезоэлемента 1 дополнительно соединены через фильтр 10 низкой частоты с пороговым 11 и дифференцирующим 12 элементами, причем выход дифференцирующего элемента 12 соединен с входом компаратора 13, а его выход и выход порогового элемента 11 соединены с входами элемента И 14, соединенного своим выходом через элемент 15 задержки с входом формирователя 16, связанного своим выходом с входом управления коммутатора 7.

Ультразвуковой преобразователь работает следующим образом. После установки преобразователя сферической рабочей поверхностью протектора 3 на поверхность испытуемого материала в направлении, нормальном к ней, к наружной торцевой поверхности внешнего толкателя 6 прикладывается внешняя возрастающая, как показано на фиг. 2, кривая 1, сила F . Возбудитель внешней силы F является либо квазистатическим устройством (домкрат, пресс), либо динамическим - ударным. В первом случае внешний толкатель 6 сопрягается своей рабочей наружной торцевой поверхностью с элементами силовозбудителя. Во втором случае импульс силы инициируется ударом бойка по рабочей поверхности внешнего толкателя 6 либо ударом преобразователя по поверхности контролируемого материала.

По мере нарастания силы F увеличивается напряжение U (фиг. 2, кривая 2) на выводах пьезоэлемента 1 (прямой пьезоэффект), при этом цепь коммутатора 7 остается в разомкнутом состоянии. Максимальное значение силы F не должно превышать предела прочности пьезоэлемента 1 (для пьезокерамики ЦТС-19, ЦБТС величина механического напряжения не должна превышать $5...7$ МПа). Под воздействием силы F происходит, как показано на фиг. 3, внедрение рабочей сферической части протектора 3 в контролируемый материал и образование пятна контакта диаметром d . При достижении в момент времени t_n напряжением установленного порогового значения U_n , управляющим сигналом коммутатор 7 переводится в замкнутое состояние, обеспечивая разряд емкости пьезоэлемента 1 через формирующий элемент 8. Скачок напряжения на выводах пьезоэлемента 1 обеспечивает ударное возбуждение в нем затухающих ультразвуковых колебаний, которые через контактную область протектора 3 выводятся в контролируемый материал, создавая в нем ультразвуковые волны. Повторный ультразвуковой импульс может быть инициирован дальнейшим сжатием пьезоэлемента, если при этом не достигается предел его прочности. В противном случае преобразователь необходимо разгрузить и повторить цикл сжатия. Перезаряд емкости пьезоэлемента при его разгрузке производится через замкнутую цепь коммутатора либо через дополнительно подключенный параллельно пьезоэлементу диод 17.

При контроле бетона, в зависимости от его упруго-прочностных характеристик, диаметр контактной зоны лежит в диапазоне от $2...3$ до $5...6$ мм (при радиусе кривизны протектора $10...15$ мм), что обеспечивает высокую жесткость и стабильность акустического контакта, за счет чего снижается затухание ультразвукового импульса в контактной зоне и

ВУ 6896 U 2010.12.30

зависимость затухания от частоты, что в итоге позволяет излучить в контролируемую среду ультразвуковой импульс большей интенсивности и расширить диапазон рабочих частот преобразователя до 250...300 кГц. В то же время контактная зона имеет малые волновые размеры, что сохраняет для нее все преимущества точечного акустического контакта, в частности высокую точность локализации зоны ввода и приема ультразвукового импульса при поверхностном прозвучивании бетона.

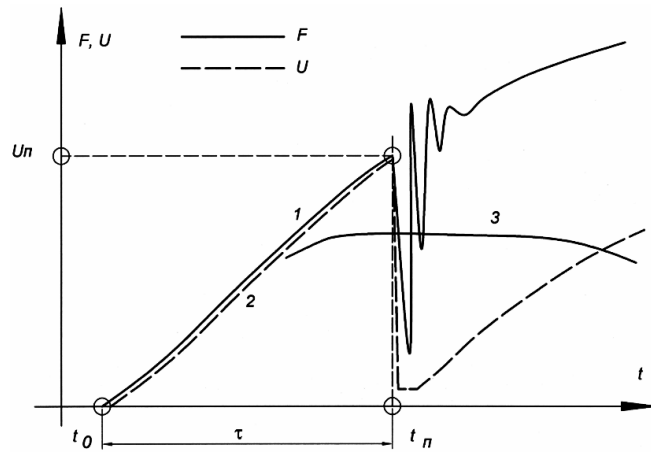
Динамическое формирование силы F , сжимающей пьезоэлемент 1, может выполняться, как указано выше, нанесением удара массивным бойком по рабочей поверхности внешнего толкателя 6 либо использованием инерции движения внутреннего 5 и внешнего 6 толкателей при ударном контакте преобразователя с контролируемой поверхностью, после разгона последнего до необходимой скорости. В последнем случае суммарная масса толкателей выбирается из условия обеспечения длительности активной фазы удара, не менее чем в 10 раз превышающей период формируемых ультразвуковых колебаний. Активная фаза удара - временной период τ , в течение которого происходит внедрение проектора в контролируемый материал. В этой стадии ударного взаимодействия - до момента времени t_{\max} - присутствует значительная акустическая помеха, обусловленная проявлением акустической эмиссии контролируемого материала и ультразвуковыми составляющими колебаний, возникающими при ударе бойка по поверхности внешнего толкателя 6 или при ударе самого преобразователя по поверхности контролируемого материала. Для устранения влияния возникающих акустических помех ультразвуковой импульс преобразователя формируется с временной задержкой относительно момента времени t_{\max} - момента достижения напряжением U максимального значения. Определение момента времени t_{\max} происходит по нулевому значению сигнала дифференцирующего элемента 12, которое выделяется компаратором 13. Для устранения ложного запуска схемы высокочастотными импульсными составляющими напряжения пьезоэлемента 1, обусловленными акустическими помехами, напряжение пьезоэлемента 1 поступает на пороговый элемент 11 и дифференцирующий элемент 12 через низкочастотный фильтр 10.

Прием ультразвуковых колебаний преобразователем может осуществляться при постоянной или снижающейся силе сжатия (фиг. 2, кривая 3). При динамическом (ударном) нагружении преобразователя прием может осуществляться на стадии снижения нагрузки, после достижения максимального значения силы взаимодействия преобразователя с поверхностью контролируемого материала.

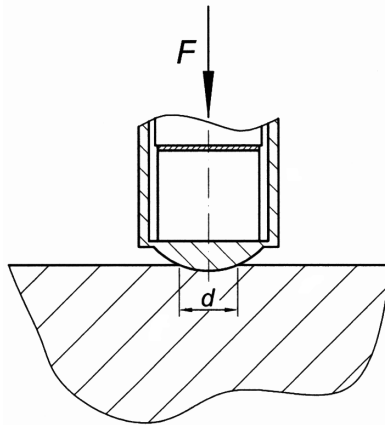
Таким образом, предлагаемый ультразвуковой преобразователь может выступать в роли излучающего и приемного преобразователя продольных, подповерхностных и поверхностных волн. Передача акустической энергии от преобразователя в контролируемую среду и обратно происходит через сухой контакт с малым затуханием, что позволяет производить контроль бетона на больших базах прозвучивания. Преобразователь не требует применения контактных жидкостей и подготовки поверхности контролируемого изделия для проведения контроля. При использовании преобразователя в качестве излучателя ультразвуковых волн не требуется внешний высоковольтный источник электрических импульсов возбуждения. Это позволяет выполнить излучающий ультразвуковой преобразователь в виде автономной герметичной конструкции, без подведения к нему электрического кабеля.

Заявляемый ультразвуковой преобразователь может использоваться как составная часть приборов ультразвукового контроля бетона и других материалов с большим затуханием акустических волн для оценки их прочностных, упруго-деформативных свойств, трещиноватости.

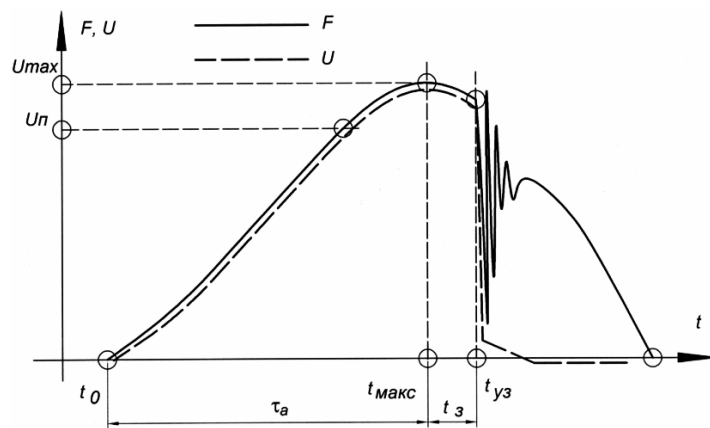
BY 6896 U 2010.12.30



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4