

Устройство Контроля Амплитуды Ультразвуковых Колебаний

Владимир Н. Хмелёв, Сергей В. Левин, Сергей Н. Цыганок, Сергей С. Хмелёв
Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Бийск, Россия
Центр ультразвуковых технологий, Бийск, Россия

Аннотация – В статье представлены результаты исследования, позволившие создать устройство контроля амплитуды излучающих поверхностей сложной формы, совершающих колебания с амплитудой более 10 мкм.

Ключевые слова – ультразвук, ультразвуковая колебательная система.

ВВЕДЕНИЕ

Амплитуда колебаний излучающей поверхности ультразвуковой колебательной системы является основным параметром, определяющим качество работы излучателя и эффективность реализации технологических процессов. Принципиально важным является необходимость контроля амплитуды колебаний непосредственно в процессе работы при реализации технологических процессов, поскольку практически все технологические процессы имеют экстремальный характер, т.е. их эффективность имеет максимальное значение при определенной амплитуде.

В связи с тем, что в последние годы, при реализации ультразвуковых технологий в промышленных условиях широкое распространение получают многополуволновые излучатели [1], представляющие собой последовательно соединенные полуволновые модули со сложной по форме, поверхностью излучения, проблема существенно обострилась. Обусловлено это тем, что излучающих поверхностей в виде переходных участков между полуволновыми звеньями излучателя стало несколько (от 3 до 15), формы переходов между ними определяются технологической задачей, амплитуды их колебаний могут существенно отличаться, что обуславливает различную эффективность УЗ обработки вдоль излучателя и снижает качество производимого продукта.

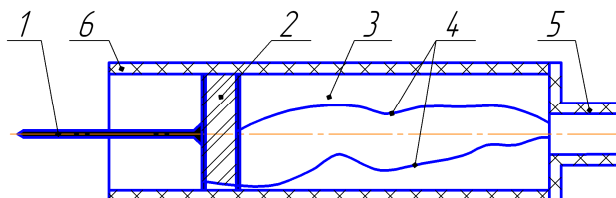
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На сегодняшний день, известны различные устройства контроля амплитуды механических колебаний излучающих поверхностей в области звуковых и ультразвуковых частот.

Общим недостатком большинства известных устройств является сложность или невозможность получения абсолютных значений измеряемой величины (особенно в непрозрачных средах), без осуществления

предварительной калибровки под конкретную измерительную ситуацию.

Наиболее широко используемым на практике является устройство для измерения амплитуды колебаний [2, 3], входящее в состав специализированного измерительного оборудования [4], содержащее последовательно установленные в корпусе и акустически связанные между собой заостренный с одного конца металлический волновод и пьезоэлектрический элемент (рис. 1).



1 – металлический стержень; 2 – пьезоэлектрический элемент; 3 – демпфер (эпоксидный компаунд); 4 – соединительные провода; 5 – электрический разъем; 6 – корпус.

Рис. 1 – Конструкция пьезоэлектрического приемного преобразователя

Устройство используют для контроля амплитуды и ее распределения на излучающих переходных поверхностях и торцевой поверхности посредством передачи колебаний через точечный контакт металлического стержня на пьезопреобразователь.

При реализации контроля в лабораторных условиях на контролируемый электромеханический (магнитострикционный или пьезоэлектрический) преобразователь колебательной системы, подается тестовое напряжение, не превышающего 0,1 рабочего напряжения при работе колебательной системы при реализации технологических процессов.

Металлический стержень 1 в виде иглы, присоединенный к пьезоэлектрическому элементу 2, располагается перпендикулярно к колеблющейся поверхности ультразвуковой колебательной системы и касается ее с нормированным усилием. Воспринимаемые механические колебания передаются на пьезоэлектрический элемент 2 и возбуждают его колебания. На электродах пьезоэлемента возникает электрическое напряжение, пропорциональное амплитуде механических колебаний излучающей поверхности ультразвуковой колебательной системы. Пьезоэлектрический элемент представляет собой элемент из пьезоэлектри-

ческой керамики марки ЦТС-19. Разъем 5 предназначен для подключения устройства контроля к измерительному прибору с целью измерения параметров формируемого напряжения – амплитуды и частоты. Выполненное устройство заключено в корпус 6.

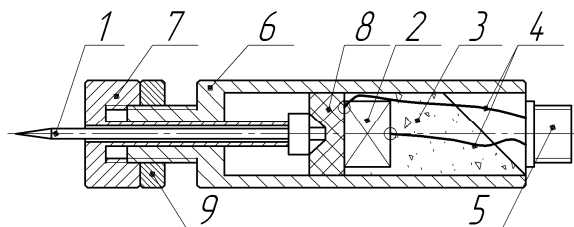
Эксплуатация приведённого устройства позволила установить невозможность контроля амплитуд излучающих поверхностей, колеблющихся с амплитудами более 5...10 мкм, а именно такие амплитуды реализуется в условиях реальной эксплуатации колебательных систем. Обусловлено это тем, что при амплитудах колебаний более 5...10 мкм происходит потеря контакта пьезоприемника с поверхностью излучателя, разрушение контакта металлического стержня с пьезоэлементом и разрушение самого пьезоэлемента.

Именно по этой причине о этой причине возможна реализация контроля только при пониженных напряжениях питания колебательных систем и измеряемые значения существенно отличаются от реальных.

Отмеченный недостаток обуславливает невозможность использования устройства при решении исследовательских задач, проведении измерений в производственных условиях эксплуатации излучателей в различных технологических средах и требуют устранения.

В связи с этим, становится очевидной необходимость создания устройства, способного обеспечить возможность контроля амплитуд излучающих поверхностей, колеблющихся с амплитудами более 5...10 мкм в условиях реальной эксплуатации колебательных систем.

Предложенное и разработанное устройство контроля представлено на рис. 2.



1 – металлический волновод; 2 – пьезоэлектрический элемент; 3 – демпфер (эпоксидный компаунд); 4 – провода; 5 – электрический разъем; 6 – корпус; 7 – цилиндрическая втулка с гайкой; 8 – эластичная прокладка из звукопоглощающего материала; 9 – контргайка

Рис. 2 – Устройство контроля амплитуды механических колебаний

Отличительная особенность предложенного устройства в том, что металлический волновод со стороны, противоположной заостренному концу снабжён контактной площадкой, размер которой не превышает размера пьезоэлемента и между контактной площадкой и пьезоэлементом размещена эластичная прокладка из звукопоглощающего материала.

Волновод размещён, с возможностью перемещения перпендикулярно поверхности пьезоэлемента, в цилиндрической втулке, одна сторона которой касается обратной стороны контактной площадки волново-

да, на другой стороне цилиндрической втулки выполнено фиксируемое резьбовое соединение с корпусом, размеры пьезоэлемента выбраны из условия обеспечения его минимальной резонансной частоты, превышающей не менее чем в 10 раз минимальную частоту контролируемого сигнала (рисунок 2).

Металлический волновод 1, являясь телом вращения, имеет сложную геометрическую форму переменного сечения и состоит из элемента с заостренным концом (иглы) с одной стороны и контактной площадки большего диаметра со стороны, противоположной заостренному концу, размер которой не превышает размера пьезоэлемента. Между контактной площадкой и пьезоэлементом размещена эластичная прокладка 8 из звукопоглощающего материала, позволяющая избежать потери контакта пьезоприемника с поверхностью излучателя, разрушения контакта металлического стержня с электродами пьезоэлемента и разрушения самого пьезоэлемента. Изменение толщины прокладки позволяет регулировать чувствительность устройства контроля.

Волновод размещён с возможностью перемещения перпендикулярно поверхности пьезоэлемента в цилиндрической втулке 7, имеющей сложную форму, объединяющую в одной конструкции полый цилиндр и резьбовую гайку для крепления к корпусу 6, обеспечивающую её соосность и предотвращающую смещение втулки и касания ею волновода. При этом, сторона втулки, противоположная резьбовой гайке касается обратной стороны контактной площадки волновода 1 без фиксированного механического соединения. Размеры пьезоэлемента 2 выбраны из условия обеспечения его минимальной резонансной частоты, превышающей не менее чем в 10 раз минимальную частоту контролируемого сигнала.

При реализации контроля амплитуды колебаний ультразвукового излучателя, устройство контроля располагается перпендикулярно излучающей поверхности излучателя, а для контроля амплитуды колебаний переходных поверхностей многополуволновых излучателей переменного сечения, устройство контроля располагается таким образом, чтобы сигнал, фиксируемый осциллографом, имел наибольшее значение. Таким образом, устройство контроля касается колеблющейся поверхности в точке, образованной касательной к дуге окружности переходной поверхности излучателя, при этом устройство располагается перпендикулярно касательной.

Металлический волновод 1 заостренной стороной касается в точке колеблющейся поверхности ультразвуковой колебательной системы. Воспринимаемые механические колебания передаются на эластичную прокладку 8 из звукопоглощающего материала, где происходит их нормированное ослабление для предотвращения разрушения пьезоэлемента. Далее передаваемые колебания возбуждают пьезоэлектрический элемент 2, на котором возникает электрическое напряжение, пропорциональное амплитуде механических колебаний излучающей поверхности ультразвуковой колебательной системы. При этом в процессе

измерения, при касании волноводом исследуемой колеблющейся поверхности в точке, волновод прижимается с некоторым усилием к поверхности, в результате чего происходит прекращение контакта одной из сторон цилиндрической втулки и обратной стороны контактной площадки волновода 1 за счёт деформации эластичной прокладки 8. Разъём 5 предназначен для подключения устройства контроля к измерительному прибору с целью измерения параметров формируемого напряжения – амплитуды и частоты.

Кроме того, для предотвращения потери динамической устойчивости волновода, цилиндрическая втулка 7 имеет длину меньше длины волновода, и фиксируется на корпусе 6 благодаря входящей в её состав резьбовой части. Устройство снабжено контргайкой 9 для предотвращения раскручивания и изменения усилия прижима контактной площадки волновода к эластичной прокладке из звукопоглощающего материала.

Демпфер 3, выполненный из эпоксидной смолы с наполнителем, способствует устранению паразитных колебаний элементов преобразователя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования удалось предложить и разработать устройство, способное реализовать кон-

троль механических колебаний излучающих поверхностей с амплитудами более 5...10 мкм.

Созданное устройство прошло лабораторные испытания и рекомендовано для использования не только в лабораторных, но и в промышленных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хмелев В.Н., Левин С.В., Хмелев С.С., Цыганок С.Н., Кузюников Ю.М. Ультразвуковая колебательная система. П.м. 138071 Российская Федерация, МПК В06В 1/06; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Центр ультразвуковых технологий АлтГТУ». – № 2013147191/28; заявл. 22.10.2013; опубл. 27.02.2014, Бюл. № 6. – 2 с.

2. Хмелев В.Н., Цыганок С.Н., Титов Г.А., Шипилова Е.Ю., Абраменко Д.С. Пьезоэлектрический приемный преобразователь для измерения амплитуды колебаний ультразвуковой колебательной системы // Южно-сибирский научный вестник – 2013. – № 2 (4). – С. 64-68. – Режим доступа: http://www.s-sibsb.ru/images/articles/2013/2/15_64-67.pdf

3. Хмелёв В.Н., Цыганок С.Н., Левин С.В., Демьяненко М.В., Шакура В.А. Разработка и исследование пьезопреобразователя для контроля амплитуды ультразвуковых колебаний излучающих поверхностей. Ползуновский вестник. – 2014. – № 2. – С. 88–91

4. Хмелев В.Н., Левин С.В., Абраменко Д.С., Хмелев С.С., Цыганок С.Н. Стенд для контроля параметров пьезоэлектрических колебательных систем с многополуволновыми излучателями. Ползуновский вестник. – 2012. – №2/1. – С. 151–154.