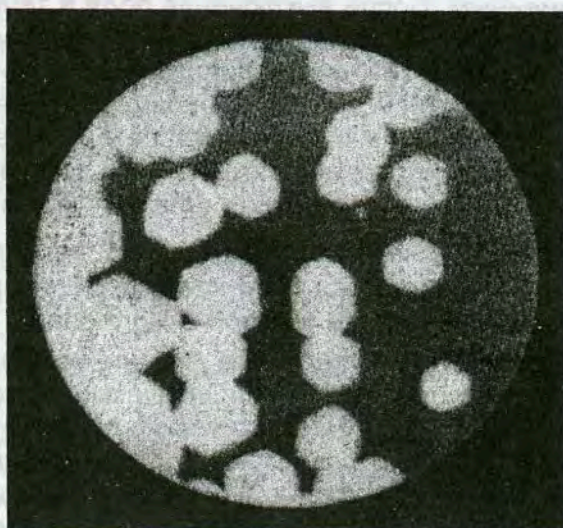
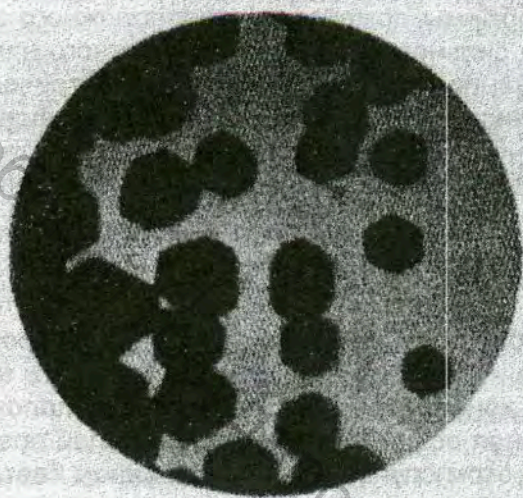


микроскоп. При анализаторе, повернутом на $2,5^\circ$ от главной оптической оси поляризатора, наблюдалась картинка доменов, представленная на рисунке. При повороте анализатора на $2,5^\circ$ в противоположном направлении приведенная картинка меняется обращением контраста. Мгновенное переключение поляризации происходило при приложении электрического поля напряженностью порядка 600 В/см.



Рисунок

Список использованных источников

1. Мясоедов, А. В. Выращивание кристаллов германата свинца / А. В. Мясоедов, А. А. Сушинская // Вестник ВГТУ. № 18. 2010. – с. 132-136.

УДК 621.791.1

**РАСЧЕТ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
ДЛЯ СВАРКИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Доц. Рубаник В.В., асп. Шрубиков С.Н., научн. сотр. Луцко В.Ф.

УО «Витебский государственный технологический университет»

ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси»

Акустическая система является неотъемлемой частью любой технологической ультразвуковой установки и предназначена для создания оптимальных условий отбора и передачи мощности в среду. Общими рекомендациями по расчету конструированию элементов стержневых колебательных систем можно считать условия, которые требуют, чтобы поперечные размеры элементов системы были существенно меньше половины длины звуковой волны в материале [1]. Это требование, как известно, связано с возникновением в стержне поперечных волн.

К основным параметрам, определяющим режим излучения, эффективность и надежность работы акустической системы, относятся [2]:

- условия излучения, определяемые реакцией среды на режим работы акустической системы;
- материалы, из которых изготовлены собственно преобразователь, сонотрод и бустер;
- геометрические размеры каждого элемента акустической системы и их соотношения;
- технология изготовления, включающая методы соединения отдельных элементов, их промежуточного контроля и испытания выходных параметров.

Основной элемент акустической системы – пьезокерамический преобразователь, который преобразовывает электрический сигнал, произведенный ультразвуковым генератором, в механические колебания той же частоты. Преобразователь является полуволновой ($\lambda / 2$) резонансной структурой, которая колеблется по толщине (продольное или осевое удлинение) в продольном направлении. В самой простой форме преобразователь состоит из активных пьезоэлектрических керамических элементов или источника колебаний и содержит одну или более пар пьезокерамических колец, механически сжатых между металлическими наконечниками болтом (рисунок). При этом передний цилиндрический металлический наконечник (излучатель) находится в контакте с нагрузкой, а задний цилиндрический металлический наконечник (отражатель) обычно находится в контакте с воздухом.

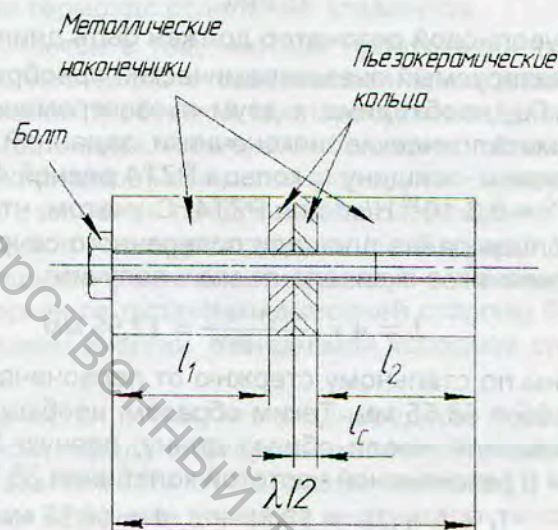


Рисунок – Структура пьезокерамического преобразователя.

Процессы ультразвуковой технологии связаны с необходимостью использования источника ультразвуковых колебаний, который фактически и определяет эффективность того или иного приложения ультразвука для технологических целей. Согласно принципу работы акустической системы, ультразвуковой преобразователь действует как магистральный резонатор, приводящий в движение всю систему. Фактически, это может быть рассмотрено как индивидуальный двигатель, имеющий собственную резонансную частоту, которая зависит от требования применения. Расчет пьезоэлектрического преобразователя для сварки полимерных материалов (рисунок), резонирующего на заданной частоте в продольном направлении, производим с помощью следующего уравнения резонансной частоты [3]:

$$\frac{\omega l_c}{v_c} + \arctg \left[\frac{A_1 \rho_1 v_1}{A_c \rho_c v_c} \operatorname{tg} \left(\frac{\omega l_1}{v_1} \right) \right] + \arctg \left[\frac{A_2 \rho_2 v_2}{A_c \rho_c v_c} \operatorname{tg} \left(\frac{\omega l_2}{v_2} \right) \right] = \pi, \quad (1)$$

где l_1, l_2, l_c – длины первого, второго металлических наконечников и керамической секции соответственно; v_1, v_2, v_c – скорости звука в первом, втором металлических наконечниках и керамической секции соответственно; A_1, A_2, A_c – площадь поперечного сечения первого, второго металлических наконечников и керамической секции соответственно; ρ_1, ρ_2, ρ_c – плотность материалов первого, второго металлических наконечников и керамической секции соответственно.

Если самый большой поперечный размер преобразователя намного меньше, чем длина ультразвуковой волны в материалах, то v_c, v_1, v_2 можно заменить скоростью звука в тонком металлическом стержне. Тогда металлический стержень длиной $2l_1 + l_c$ имеет ту же самую резонансную частоту, что и исходный преобразователь. Предполагая, что углы сдвига фаз после прохождения ультразвуковой волны через керамические и эквивалент-

ные металлические сечения (т.е. $\omega l_c/v_c$ и $\omega l_1/v_1$) являются достаточно малой величиной, можно использовать приближение $\tan\theta = \theta$. Учитывая вышеизложенное и используя выражение для скорости звука в керамике $v_c = \sqrt{Y_c^E/\rho_c}$ и стали $v_1 = v_2 = \sqrt{Y_1/\rho_1}$, уравнение (1) запишется:

$$L_1 = l_c \frac{A_1 Y_1}{A_c Y_c^E} \quad (2)$$

где Y_1 и Y_c^E – модули Юнга в стали и керамике PZT соответственно.

Скорость звука в стальном стержне составляет 500 000 см/с, тогда длина волны для частоты ультразвуковых колебаний 35,0 кГц будет равна:

$$\lambda = \frac{v_1}{f} = \frac{500\,000}{35\,000} = 14,30 \text{ см.}$$

Следовательно, полуволновой резонатор должен быть длиной $l_0 = 71,5$ мм.

Для того, чтобы проектируемый пьезокерамический преобразователь работал на резонансной частоте 35,0 кГц, необходимо к двум пьезокерамическим кольцам PZT с двух сторон присоединить металлические наконечники заданной длины. Для определения длины наконечников примем: толщину l_c кольца PZT4 равной 4 мм.; модули Юнга $Y = 20,4 \cdot 10^{10}$ Н/м² для стали и $Y^E = 6,3 \cdot 10^{10}$ Н/м² для PZT4. С учетом, что площадь поперечного сечения керамического кольца равна площади поперечного сечения стального наконечника и принимая длины наконечников эквивалентными, получим:

$$L = 4 * \frac{1 \cdot 20,4 \cdot 10^{10}}{1 \cdot 6,3 \cdot 10^{10}} = 12,95 \text{ мм.}$$

Смещение этой длины по стальному стержню от первоначального стержня составляет $2l_1 = l_0 - L = 71,5 - 12,95 = 58,55$ мм. Таким образом, необходимо, чтобы металлические наконечники преобразователя имели общую длину, равную 58,55 мм. Тогда расчетная длина преобразователя с резонансной частотой колебаний 35,0 кГц равна:

$$l_1 + l_2 + 2l_c = 58,55 + 2 \cdot 4 = 66,55 \text{ мм.}$$

Длину преобразователя необходимо брать больше расчетной так, чтобы его резонансная частота была немного ниже, чем 35,0 кГц. Резонанс достигается экспериментально, может постепенно достигаться подрезанием обеих поверхностей металлических наконечников, пока его резонансная частота не будет в пределах одного или двух процентов рабочей частоты.

Список использованных источников

1. Панов, А. П. Ультразвуковая очистка прецизионных деталей / А. П. Панов. – Москва : – Машиностроение, 1984. – 88 с.
2. А.с. № 450599 (СССР).
3. Morgan Matroc Limited, Transducer Products Division, Technical Publication TP-235, The design of piezoelectric sandwich transducers. Стр.132-133.

УДК 537.322

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Студ. Ижохина Е.Д., студ. Дегтерева О.С., доц. Жидкевич В.И.

УО «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»

Студ. Петрова-Буркина О.А., доц. Рубаник В.В., доц. Рубаник В.В. мл.

УО «Витебский государственный технологический университет»

Термоэлектрические явления имеют большое значение для выяснения механизма целого ряда процессов, протекающих в полупроводниках и металлах. К классическим термоэлектрическим явлениям на границе раздела между различными металлами относятся