

При приготовлении очищенного рассола в содовом производстве происходит осаждение гидроокиси магния и CaCO_3 , которые склонны к образованию пересыщенных растворов, при снятии которых происходит кристаллизация $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и CaCO_3 в рассоле.

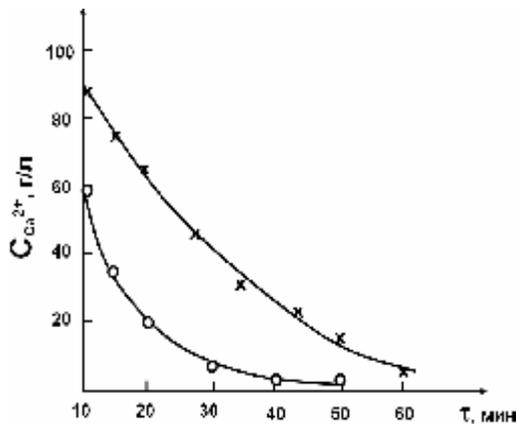


Рис.1. Влияние ПАВ на снятие пересыщения CaCO_3 в рассоле: 1 — без добавки; 2 — натриевая соль ди(2-этилгексилового) эфира сульфоянтарной кислоты.

Известно [1], что на скорость кристаллизации и снятие пересыщения влияет присутствие высокомолекулярных и поверхностно-активных веществ.

Это объясняется тем, что молекулы этих веществ стабилизируют зародыши кристаллической фазы, парализуя их рост.

Исследованием установлено, что присутствие 0,01 масс.% Na-соли ди(2-этилгексилового) эфира сульфоянтарной кислоты оказывает влияние на снятие

пересыщения CaCO_3 в рассоле (рис.1).

Таким образом, применение солей диэфиров сульфоянтарной кислоты можно рекомендовать для внедрения на предприятиях содовой промышленности.

Литература

1. **Фурман А.А., Шрайбман С.С.** Приготовление и очистка рассола. — М.: Химия, 1966. — 232 с.
2. **Посторонко А.И., Волков Ю.М., Голубков С.В.** Способ приготовления рассола хлористого натрия: Авт. свид. № 479729. Кл. C01d 3/06. Бюл. изобр. № 29 от 5.08.75 г.
3. **Посторонко А.И., Волков Ю.М.** Применение поверхностно-активных веществ для снижения растворимости гипса при добыче рассола // Вопросы химии и химической технологии, 1972. — № 26. — С. 143–146.
4. **Посторонко А.И., Ривный В.С.** Приготовление рассола с пониженным содержанием сульфата кальция в присутствии добавок // Вопросы химии и химической технологии, 1977. — № 48. — С. 54–57.
5. **Шокин И.Н., Крашенинников С.А.** Технология соды. — М.: Химия, 1975. — 288 с.

Ó Посторонко А.И., Попов В.В., Гайворонский В.Ф., 2006

УДК 621.315.612+620.175

Прилипко Ю.С. (ДонНТУ), **Комаров В.П.** (НТЦ Реактивэлектрон НАН Украины), **Удодов И.А.** (ДонНТУ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И АРМИРУЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ

Получены и изучены прочностные характеристики керамики ЦТССт-3. Показано влияние армирующего напряжения на параметры ультразвуковых преобразователей.

Для повышения надёжности в работе ультразвуковых приборов первостепенное значение имеет максимально возможное согласование ультразвуковых преобразователей с генератором электрического напряжения [1, 2]. Повышение КПД установки зависит от ряда факторов. Это, прежде всего, электрофизические и электроакустические свойства пьезокерамики, их стабильность во времени и при воздействии электрического поля [3,4], оптимальный выбор металлоконструкции преобразователя и, наконец, правильность армирования (зажатие пьезоэлементов) преобразователя. Условия эксплуатации пьезокерамики в пакетном преобразователе предусматривают постоянное воздействие сжимающей нагрузки, поэтому при определении качества пьезокерамики наряду с электрофизическими характеристиками важное значение имеют её прочностные параметры. Однако в промышленных условиях данному вопросу не уделяется достаточного внимания.

Цель работы — изучение прочностных характеристик пьезокерамических элементов и оптимальных условий их зажатия между металлическими накладками преобразователей при их настройке.

Объектом исследования являлась сегнетожесткая пьезокерамика ЦТСС-3, в виде колец (37,5x15,4x4,5 мм), полученных по керамической технологии [4]. Непараллельность сторон (с электродами) не превышала $\pm 0,02$ мм.

Величину предела механической прочности при статическом сжатии ($T_{сж}$) определяли на полуавтоматическом гидравлическом прессе предельной нагрузкой $123 \cdot 10^4$ Н при скорости нагружения не более 1 кН/с. Испытуемый образец сдавливался плитами пресса через шлифованные металлические прокладки. Отсчёт показаний давления производился в момент начала и окончания разрушения образца. Величину $T_{сж}$ определяли по формуле:

$$T_{сж} = \frac{F_{пр}}{S_0}$$

где $F_{пр}$ — предельная сила, приложенная к образцу в момент разрушения (Н);

S_0 — площадь поперечного сечения (m^2) образца, к которому приложена сила F .

Погрешность измерения величины $T_{сж}$ составляла не более 5%.

Литературные данные по прочностным характеристикам пьезокерамики практически отсутствуют. Для сравнительного анализа можно привести лишь значения предела механической прочности при статическом сжатии, определённых на цилиндрах ($\varnothing 10 \pm 1 \times 10 \pm 1$) или брусках ($10 \pm 1 \times 10 \pm 1$) для промышленно выпускаемых в России пьезокерамических материалов (табл.1).

Таблица 1. Предел механической прочности при статическом сжатии пьезокерамических материалов

| Материал | ЦТСНВ-1 | ЦТС-19 | ЦТС-23 | ЦТС-24 | ЦТС-21 | ЦТБС-3 | ЦТС-26 |
|---|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $T_{сж} \cdot 10^{-6}$, Н/м ² (не менее) | 345 | 284 | 343 | 343 | 294 | 343 | 294 |

Прочностные испытания проводили на аттестованной партии пьезоэлементов в количестве 10 шт. Значение предела механической прочности на сжатие определяли в момент начала ($T_{сж.н}$) и окончания ($T_{сж.к}$) разрушения каждого пьезоэлемента. Экспериментально полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты прочностных испытаний пьезоэлементов

| № | Площадь поперечного сечения $S, 10^{-4} \text{ м}^2$ | Усилие в момент разрушения | | Предел механической прочности | |
|-----|--|------------------------------|------------------------------|---|---|
| | | $P_{\text{сж.н}}, \text{ Н}$ | $P_{\text{сж.к}}, \text{ Н}$ | $T_{\text{сж.н}} \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$ | $T_{\text{сж.к}} \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$ |
| 1 | 5,87 | 421701 | 637455 | 718 | 1086 |
| 2 | 5,90 | 411894 | 647262 | 698 | 1097 |
| 3 | 5,80 | 431508 | 632552 | 744 | 1091 |
| 4 | 5,66 | 416798 | 647262 | 736 | 1144 |
| 5 | 5,65 | 397184 | 617841 | 703 | 1094 |
| 6 | 5,51 | 387377 | 608034 | 703 | 1104 |
| 7 | 5,65 | 411894 | 632552 | 729 | 1120 |
| 8 | 5,93 | 382473 | 622745 | 645 | 1050 |
| 9 | 5,54 | 402087 | 617841 | 726 | 1115 |
| 10 | 5,48 | 392280 | 608034 | 716 | 1092 |
| Ср. | 5,70 | 405520 | 627158 | 712 | 1099 |

Сравнение полученных данных с данными табл.1 показывает значительное превышение предела механической прочности для пьезокерамики ЦТССт-3 по отношению к промышленно выпускаемым маркам пьезокерамики ЦТС, что весьма существенно при использовании пьезокерамики в динамических условиях работы.

С другой стороны, необходимо было определить достаточность полученных результатов при зажатии пьезоэлементов в реальной оснастке.

Различные усилия зажатия ПКЭ между пассивной и излучающей накладками преобразователя создавали на разрывной машине модели Р-5. Диапазон измерения нагрузки — от 0 до $500 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$, погрешность измерения

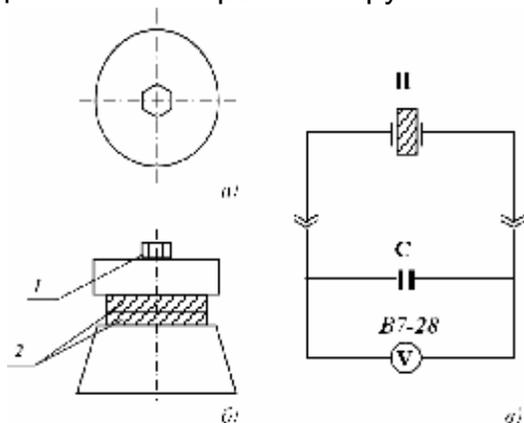


Рис.1. Схема армирования пьезопреобразователя: а) пассивная накладка; б) внешний вид пьезопреобразователя; в) электрическая схема армирования: 1 — болт; 2 — пьезоэлементы; П — армируемый пьезопреобразователь; С — емкость для накопления заряда.

— не более 1%. Для последующего упрощения процесса армирования преобразователей и их настройки параллельно к преобразователю подключали вольтметр В7-28 и шунтирующую ёмкость, как показано на рис. 1.

Вначале определяли зависимости показаний вольтметра от различных усилий сжатия ПКЭ при скоростях движения обкладок пресса 2, 3, 4 мм/мин. Полученные результаты (рис.2) показывают, что при снижении скорости движения обкладок различия в ходе кривых $U = f(P)$ незначительны для ПКЭ различного состава. С увеличением усилия сжатия (P) наблюдается линейное увеличение показаний вольтметра (U).

Второй этап исследований заключался в определении зависимостей рабочих ультразвуковых параметров — резонансной толщиной частоты f_r и напряжения резонанса U_r от усилия зажатия ПКЭ в оснастке. Измерения проводили при комнатной температуре на установке измерения электрофизических параметров пьезоизлучателей (рис 3.).

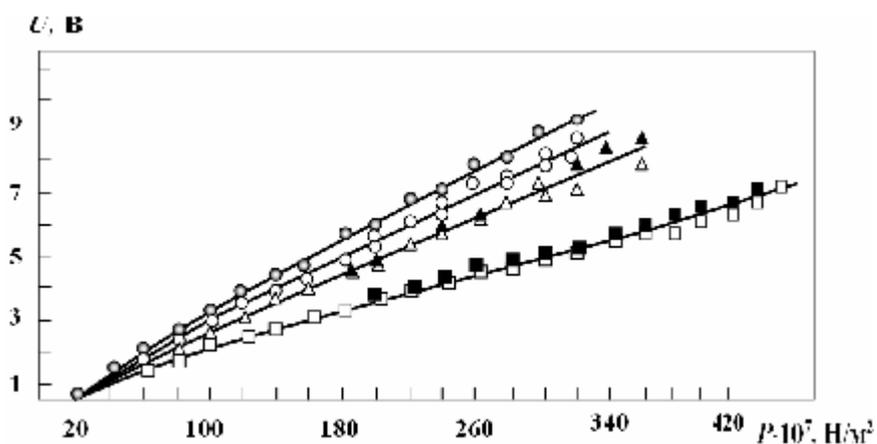


Рис.2. Зависимости величины армирующего напряжения (U) от усилия зажатия пьезокерамики в пьезопреобразователе (P) при различных скоростях сжатия (V)

- ○ $\frac{3}{4} V = 4$ мм/с;
- ▲ ▲ $\frac{3}{4} V = 4$ мм/с;
- □ $\frac{3}{4} V = 4$ мм/с
- ▲ ■ — данные для ПКЭ из ЦТСС-3
- ▲ □ — данные для ПКЭ из ЦТСТБС-4.

Напряжение резонанса — падение напряжения на резисторе 1,0 Ом, включённом последовательно с пьезопреобразователем, при резонансе и возбуждающем напряжении 15 В, — имитирует уровень пьезоактивности излучателя. Усилие зажатия определяли на основании зависимости $U = f(P)$ при $V=2$ мм/мин (рис.2). Ультразвуковые свойства преобразователя (f_r , U_r) измеряли по мере зажатия пьезокерамических элементов в интервале $30-360 \cdot 10^7$ Н/м² с шагом $20 \cdot 10^7$ Н/м².

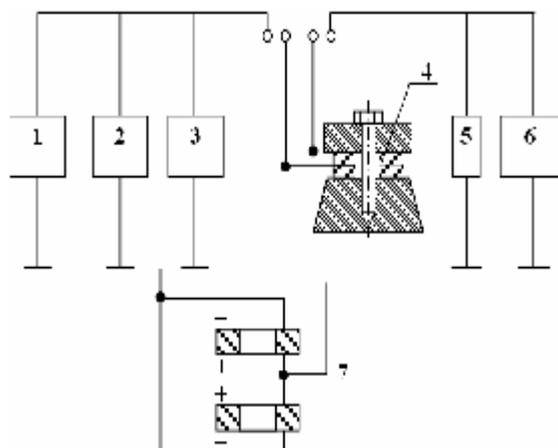


Рис.3. Блок-схема установки для измерения частоты и напряжения резонанса пьезопреобразователей: 1 — генератор ГЗ-33; 2 — частотомер ЧЗ-38; 3,6 — милливольтметры ВЗ-38; 4 — пьезоизлучатель; 5 — резистор $1,00 \pm 0,01$ Ом; 7 — электрическая схема подключения пьезоэлементов.

С увеличением усилия зажатия напряжение резонанса U_r и частоты резонанса f_r плавно увеличивается, достигая максимальных значений 400 мВ и 40 кГц соответственно при усилии зажатия $3,50 \cdot 10^8$ Н/м² (рис.4). Удовлетворяющие значения согласования частоты резонанса и напряжения резонанса с генератором достигаются при усилиях зажатия $310-350 \cdot 10^8$ Н/м², что соответствует показаниям вольтметра, включённого по схеме (рис.1,в), 5–5,5 В.

Для контроля предложенной методики армирования излучателей была измерена величина армирующего напряжения ультразвуковых излучателей фирмы «Branson» (США) по схеме, приведенной на рис.1,в. Резким выворачиванием армирующего винта производили разармирование преобразователя и определяли величину напряжения на вольтметре, составляющую 5,0–5,2 В. Совпадение ультразвуковых параметров (U_r , f_r , m) до разармирования и после армирования указывает на правильность определения армирующего напряжения на импортных преобразователях и на соответствие величины зажатия пьезокерамики в преобразователях истинному значению.

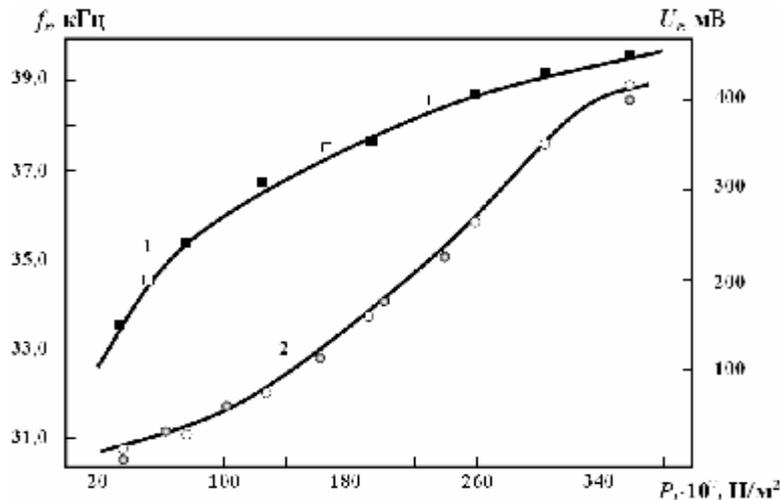


Рис.4. Зависимость частоты резонанса f_r (кривая 1) и напряжения U_r (кривая 2) резонанса от усилия зажатия P :
 ● ■ — данные для ПКЭ из ЦТСС-3;
 ○ □ — данные для ПКЭ из ЦТСтБС-3.

Определенные прочностные характеристики пьезокерамики ЦТСС-3 примерно в 2 раза превышают усилия зажатия пьезоэлементов в преобразователях.

Результаты настоящих исследований указывают на важность процесса армирования при настройке ультразвуковых систем. Определение оптимальных значений величин усилия зажатия пьезокерамических элементов в металлоконструкции преобразователя имеет важное значение для согласования преобразователей, особенно при наличии нескольких преобразователей в цепи генератора. Армирование ультразвуковых преобразователей при указанных значениях армирующего напряжения приводит, в итоге, к повышению КПД ультразвуковых установок.

Литература

1. Келлер О.К., Крамныш Г.С., Лубяницкий Г.Д. Ультразвуковая очистка. — Л.: Машиностроение, 1977. — 184 с.
2. Донской А.В., Келлер О.К., Кратыш Г.С. Ультразвуковые электротехнические установки. — Л.: Энергоиздат, 1982. — 208 с.
3. Литвин А.Ф., Дорошенко В.А., Бородин В.З. Стабильность свойств пьезокерамики к внешним воздействиям // Физика и химия твердого тела, 1982. — Вып. 8. — С. 73–77.
4. Прилипко Ю.С., Салей В.С., Черный В.И., Кулик И.А. Критерии выбора пьезокерамики для источников мощного ультразвука // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Хімія і хімічна технологія, 2001. — Вып. 33. — С. 86–92.
5. ОСТ 110444-87. Отраслевой стандарт. Материалы пьезокерамические. Технологические условия. Введ. 01.01.88 г. — 140 с.

© Прилипко Ю.С., Комаров В.П., Удодов И.А., 2006