Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LVI, вып. 1, 1968 г.

УДК 530.93

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЛАГОМЕР ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МАСС

В. Г. Валеев

Керамические массы, используемые в фарфорово-фаянсовой промышленности, состоят из глинистых и тонкомолотых каменистых материалов. В состав керамической массы входят каолин, глина, отощающие компоненты и плавни. Процентное содержание отдельных компонентов, входящих в состав керамических масс, зависит в основном от их химической структуры и наличия посторонних примесей, а также месторождений, с которых доставляется сырье. Жидкую массу, содержащую все компоненты, обезвоживают до необходимой влажности в фильтрпрессах при оформлении изделий методом пластичного формования. При этом необходимая консистенция теста получается при влажности 16—25%. Отклонение значения влажности от заданной средней величины не должно превышать $\pm 0{,}5\%$ относительной влажности.

В настоящее время влажность пластичных масс определяют методом сушки. Отобранные образцы массы высушиваются при температуре 150° С в течение 50 *мин*. Погрешность измерения составляет 0,2% относительной влажности.

Применение для определения влажности пластичных масс наиболее распространенных кондуктометрического и диэлькометрического методов встречает ряд трудностей, основная из которых — большая величина диэлектрических потерь. Так, в керамических массах на частоте 1 *Мгц* $\operatorname{tg}\delta = 11$. При таком положении решающее влияние на величину измеряемого косвенного параметра оказывает настабильность концентрации электролитов, вводимых в процессе обогащения каолинов.

Более перспективным является ультразвуковой метод. Он не требует отбора проб и значительного времени для проведения замера и является экспресс-методом, обеспечивающим бесконтактность и непрерывность, высокую точность и безынерционность контроля влагосодержания. Датчики ультразвуковых приборов могут быть установлены в потоке, непосредственно примыкая к мундштуку вакууммялки, вторичные приборы можно выносить на расстояние до нескольких сот метров.

В основу метода положена зависимость скорости распространения ультразвуковых волн от упругих свойств исследуемого материала. Основное соотношение, связывающее скорость распространения ультразвуковых волн,*

$$C = \frac{1}{\sqrt{\rho\beta}}, \qquad (1)$$

где C — скорость распространения ультразвука в материале, *м/сек*; ρ — плотность материала, *кг/м*^{3}; β — коэффициент адиабатической сжимаемости, *м*^{2}*/н*.

Хорошо согласуются с практикой формулы, полученные из предположения о том, что плотность и сжимаемость влажного материала аддитивно

* Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике. ИЛ, 1956.

зависят от тех же величин для твердой и жидкой компонент материала. В этом случае

$$\frac{C}{C_в} = \frac{1}{\sqrt{\left[1-a\left(\frac{\rho_т-\rho_в}{\rho_в}\right)\right]\left[1+a\left(\frac{\beta_т-\beta_в}{\beta_в}\right)\right]}}, \qquad (2)$$

где $C_в$ — скорость ультразвука в воде, *м/сек*; $\rho_т$, $\rho_в$ — соответственно плотность твердой фазы и воды, *кг/м*^{3}; $\beta_т$, $\beta_в$ — коэффициенты сжимаемости твердой фазы и воды, *м*^{2}*/н*; a — объемная концентрация твердой фазы.

В большом диапазоне влажностей между скоростью распространения ультразвука и влажностью массы имеется однозначная зависимость. Нижний предел для керамических масс 16%, верхний — 62% относительной влажности.

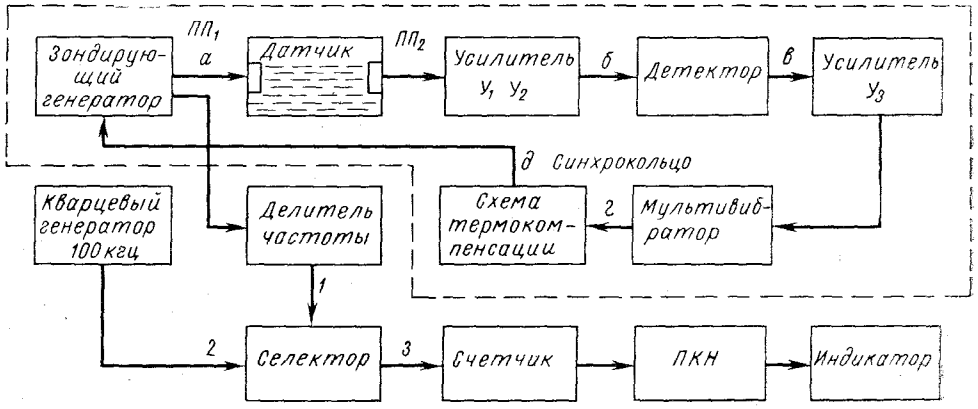


Рис. 1. Функциональная схема ультразвукового влагомера

Функциональная схема прибора для определения скорости ультразвука состоит из генератора ультразвуковых сигналов, приемника и схемы измерения времени (рис. 1). Ультразвуковые сигналы создаются в исследуемой среде пьезоэлектрическим преобразователем $ПП_1$, который возбуждается электрическим сигналом. Прием сигнала ведется аналогичным пьезопреобразователем $ПП_2$, в котором акустическая волна преобразуется в электрический импульс. Преобразователи располагаются на некотором расстоянии друг от друга $Б$, называемом базой. Зная $Б$ и замерив время прохождения сигнала от генератора до приемника $t_б$, скорость распространения ультразвука в материале определится по формуле:

$$C = \frac{Б}{t_б}. \qquad (3)$$

Если генератор зондирующих импульсов синхронизировать усиленным сигналом, снятым с приемника, то получим замкнутую систему (синхрокольцо), которая вырабатывает непрерывную последовательность импульсов. Для запуска синхрокольца генератор ставится в режим автоколебаний с периодом, превышающим период повторения синхроимпульсов.

Косвенным параметром для измерения влажности массы целесообразно считать частоту повторения синхроимпульсов

$$F = \frac{1}{t_б + t_{эл}}, \qquad (4)$$

где $t_{эл}$ — задержка сигнала в электрических цепях, *сек*.

Основной узел влагомера керамической массы составляет синхрокольцо со схемой термокомпенсации.

Положительные импульсы с выхода зондирующего генератора (рис. 2) амплитудой 40 *в* и длительностью 1,5 *мксек* поступают на излучающий пьезопреобразователь датчика. Длительность зондирующего импульса выбирается из условия равенства периоду резонансной частоты пьезоэлемента для обеспечения условий электрического демпфирования. Сигнал, ослабленный в процессе двойного преобразования и затухания ультразвука в среде, усиливается в двухкаскадном широкополосном усилителе y_1y_2. Продетектированный и усиленный в усилителе y_3 сигнал служит для запуска ждущего мультивибратора, который вырабатывает импульс положительной полярности, поступающий на схему термокомпенсации. С выхода схемы положительный импульс поступает на вход зондирующего генератора. Делитель

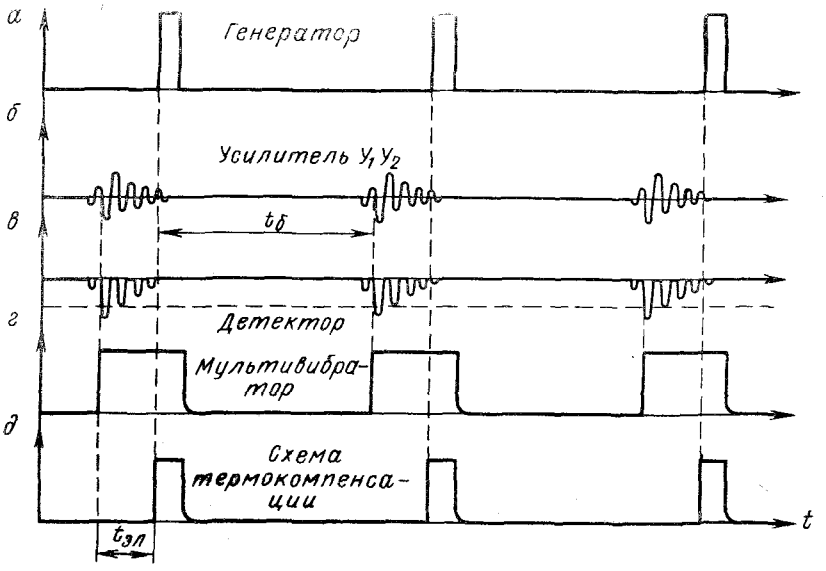


Рис. 2. Временные диаграммы напряжений синхрокольца и влагомера.

частоты представляет шестиразрядный счетчик и собран на полупроводниковых статических триггерах. Коэффициент деления частоты на выходе последнего разряда 64.

Триггерный импульс с последней ячейки делителя используется в качестве строба селектора. На другой вход селектора с кварцевого генератора поступает последовательность импульсов с частотой 100 *кгц*. Такие импульсы на выход селектора проходят только при наличии строба с делителя синхроимпульсов. Количество прошедших импульсов

$$N = \frac{f_г 2^{n-1}}{F}, \qquad (5)$$

где $f_г$ — частота следования импульсов с генератора, *гц*; n — число ячеек делителя.

С выхода селектора импульсы поступают на дискретный счетчик, собранный на статических триггерах. В результате пересчета в счетчике будет записано число, закодированное в двоичной системе. При приходе импульса записи информация со счетчика параллельным кодом поступает на преобразователь «код — напряжения» *ПКН* (рис. 1). На выходе преобразователя постоянное напряжение измеряется стрелочным индикатором либо автоматическим потенциометром ЭПП-09.

В практике влагометрии обычно диапазон изменения влажности не превышает 10%, чему для большинства материалов соответствует относительное изменение частоты повторения синхроимпульсов, не превышающее 0,06. При этом функциональная зависимость напряжения на выходе *ПКН*

от влажности керамической массы близка к линейной. С учетом выражения (4) изменение частоты следования синхроимпульсов

$$\Delta F = F^2 (\Delta t_{эл} + \Delta t_{\delta}), \qquad (6)$$

где $\Delta t_{эл}$, Δt_{δ} — нестабильность времени прохождения ультразвуком соответственно в электрических цепях и базового расстояния, *сек*. При $Б = 15$ *см* и $W = 25\%$, $F = 10{,}0$ *кгц*, $\Delta t_{эл} + \Delta t_{\delta} \approx \pm 0{,}2$ *мксек*. Подставив в (6) эти значения, получим $\Delta F = 20$ *гц*.

Средняя крутизна зависимости частоты повторения синхроимпульсов составит 66 *гц* на процент влажности. В результате погрешность измерения влажности составляет $\pm 0{,}3\%$ относительной влажности.

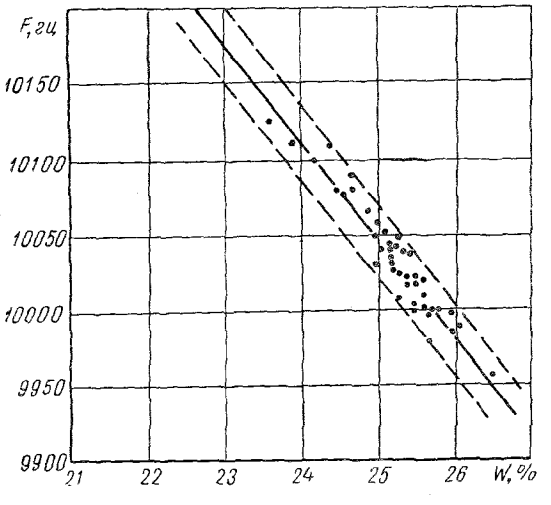


Рис. 3. Экспериментальная зависимость частоты синхроимпульсов от влажности массы.

Выражение для определения числа ячеек n делителя синхроимпульсов можно получить дифференцированием выражения (5):

$$n = 1 - \lg_2 \left(\frac{2 f_т \Delta F}{F^2 \Delta N} \right), \qquad (7)$$

где ΔN — погрешность делителя, равная одному импульсу.

В результате по формуле (7) $n = 6$. Число ячеек счетчика и преобразователя определяется отношением:

$$\frac{\Delta W}{\delta W} \leqslant 2^m,$$

где ΔW — диапазон измеряемой влажности, %; δW — приращение влажности, эквивалентное единице дискретности *ПКН*, %; m — число ячеек преобразователя и счетчика.

Конструктивно промышленный ультразвуковой датчик для измерения влажности пластичных масс представляет монолитный отрезок трубы с приваренными кварцедержателями и крепится к мундштуку вакууммялки. В качестве пьезопреобразователей используется поляризованная керамика типа ЦТС-19. Рабочая частота пьезоэлемента 650 *кгц*.

Датчик температуры помещен во внутреннюю полость вакууммялки, непосредственно перед мундштуком. Для уменьшения трения массы о датчик термоэлемент помещен во фторопластовый чехол.

Погрешность измерения влажности массы в потоке (рис. 3) составила $\pm 0{,}4\%$. В эту погрешность входит также изменение химического состава (концентрации электролитов) и погрешность контрольных замеров (0,1%).