Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXXУП, 1978 г.

ЕМКОСТНО-ТЕПЛОВОЙ ВЛАГОМЕР СЫПУЧИХ ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Е.С.КРИЧЕВСКИЙ, В.П.ТЕРЕХОВ

Для измерения влажности ряда продуктов обогащения с успехом применяются высокочастотные влагомеры [3, 4]. Однако при измерении влажности сыпучих материалов, имеющих низкие добротности (например, металлосодержащие кеки), возникают трудности в разработке схем, допускающих измерение электрической емкости материала в условиях низкой добротности. А в случаях, когда на горно-обогатительном предприятии в одном технологическом процессе перерабатывается сырье с нескольких месторождений, влажность которого необходимо контролировать, высокочастотный контроль влажности, как правило, исключается из-за различия электрофизических характеристик исходных продуктов обогащения.

Рассмотрим возможность использования для разработки влагомеров теплофизических характеристик сыпучих продуктов обогащения. В таблице приведены значения диэлектрической проницаемости и коэффициента теплоемкости некоторых металлосодержащих продуктов обогащения. Характерным в ней являются два обстоятельства: во-первых, коэффициент теплоемкости приведенных продуктов обогащения примерно на порядок ниже коэффициента теплоемкости для воды, во-вторых, для продуктов обогащения с разных месторождений различие в диэлектрической проницаемости значительно выше, чем в величине коэффициента теплоемкости.

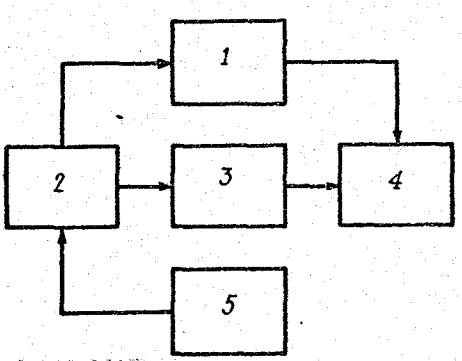


Рис.1. Блок-схема емкостно-теплового влагомера:
1 – устройство временной задержки отсчета; 2 – емкостно-тепловой преобразователь влажности; 3 – высокочастотный измеритель емкости; 4 – регистрирующий прибор; 5 – терморегулятор

Приведенные в таблице экспериментальные данные позволяют заключить, что в ряде случаев для разработки влагомеров предпочтительнее использовать теплофизические характеристики сыпучих продуктов обогащения, а не электрофизические. Ниже описан влагомер, названный емкостно-тепловым (рис.1).

Принцип действия влагомера основан на измерении через фиксированный промежуток

Сравнительная оценка величины диэлектрической проницаемости и коэффициента теплоемкости продуктов обогащения

Продукт (вещество)	Химический состав, %													Диэлектрическая проницаемость ε (при f = 1,6 МГц)			Коэффициент теплоемкости (при W = 0), дж/(г·град)
	Fe (общее)	Fe_3O_4	FeO	Fe_2O_3	Pb	Zn	Cu	SiO_2	CaO	MgO	S	Al_2O_3	P_2O_5	W = 0	W = 5%	W = 9%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Железорудный концентрат ССГОК (шихта)	67,7	–	28,42	–	–	–	–	3,56	1,09	0,71	0,36	1,34	–	21	4300	10900	0,83
Железорудный концентрат (кл. –0,044 мм)	68,8	66,94	29,08	–	–	–	–	2,27	0,63	0,63	0,2	0,97	–	22,4	5100	12300	0,77
Железорудный концентрат (кл. +0,044 мм)	62,3	58,27	27,13	–	–	–	–	7,13	1,97	1,4	0,54	2,06	–	15,4	3100	7600	0,9
Железорудный концентрат (кл. +0,074 мм)	42	38,3	19,35	–	–	–	–	22,18	5,09	3,24	0,88	5,04	–	7	620	940	0,91
Свинцовый Зыряновский	2,3	–	–	–	39,4	4,3	7,6	3,8	0,5	–	25,7	–	–	16	2640	8640	0,53
Цинковый Зыряновский	4	–	–	–	1,2	57,8	0,5	2,6	–	–	31,4	–	–	7	44	84	0,72
Цинковая шихта Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината																	
№ 1	7,9	–	–	–	1,02	48,8	1,68	2,0	–	–	29,7	–	–	–	88	260	0,77
№ 2	6,3	–	–	–	1,27	52	0,88	2,2	–	–	31,6	–	–	–	71	220	0,71

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
№ 3	6,6	–	–	–	1,28	52,6	0,97	2,4	–	–	31,9	–	–	–	59	130	0,67
№ 4	6,1	–	–	–	1,27	52,6	0,9	2,8	–	–	31,3	–	–	–	57	94	0,65
№ 5	5,2	–	–	–	0,85	57	0,63	2,3	–	–	31,9	–	–	–	56	84	0,67
Апатит (АНОФ-2)	–	–	0,03	0,73	–	–	–	1,73	50,89	0,22	–	0,6	39,54	8,4	30	42	0,89
Железо	100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,45
Свинец	–	–	–	–	100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,12
Цинк	–	–	–	–	–	100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,37
Вода	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,19
Воздух	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,992

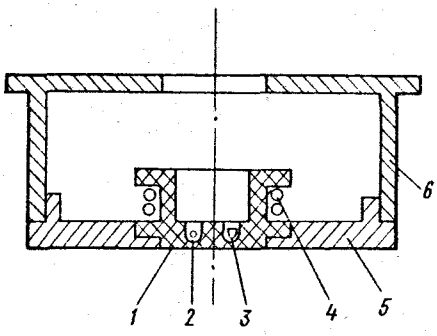


Рис.2. Емкостно-тепловой первичный преобразователь влажности:
1 – медная пластина; 2 – термочувствительный элемент (вариконд К-10-21А); 3 – терморезистор СТ-3-19; 4 – нагревательный элемент; 5 – диэлектрическое основание; 6 – корпус

времени (с момента контакта первичного преобразователя влажности с сыпучим материалом) величины емкости сегнетоэлектрического конденсатора, помещенного в тонкостенный цилиндр, предварительно нагретый до определенной температуры [2, 5].

Известны тепловые влагомеры, измеряемым параметром в которых является время охлаждения предварительно нагретого зонда [1, 6]. Выбор в качестве информативного параметра изменения емкости сегнетоэлектрического конденсатора, обладающего одновременно высоким температурным коэффициентом емкости и малой инерционностью, упрощает измерительную схему и, кроме того, позволяет выполнить емкостно-тепловой влагомер в виде приставки к высокочастотному влагомеру, который в зависимости от характера сыпучего материала может быть использован в режимах емкостных и емкостно-тепловых измерений влажности.

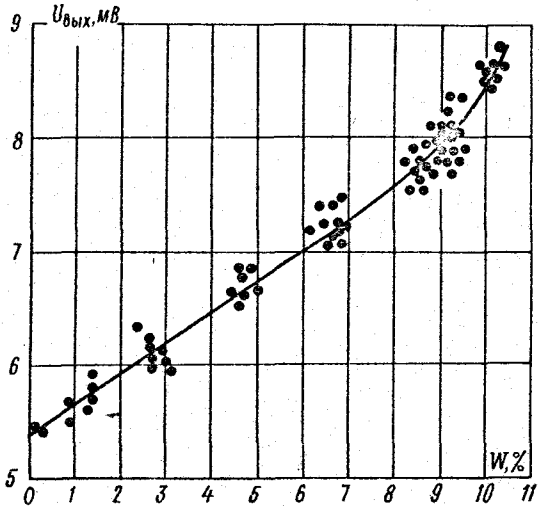


Рис.3. Градуировочная зависимость емкостно-теплового влагомера на железорудном концентрате ($U_{вых}$ – выходная величина влагомера, W – влажность)

Первичный преобразователь емкостно-теплового влагомера (рис.2) представляет собой диалектическое основание с закрепленным в нем тонкостенным медным цилиндром, нижнее основание которого при измерении влажности контактирует с сыпучей средой. На боковой поверхности цилиндра намотана нихромовая спираль для нагрева его до исходной температуры, а к внутренней плоскости основания цилиндра приклеены эпоксидным составом терморезистор типа СТЗ-19, являющийся чувствительным элементом в контуре поддержания исходной температуры цилиндра, и вариконд К-10-21А, изменение емкости которого при охлаждении основания цилиндра сыпучим материалом является информативным параметром. Корпус первичного преобразователя с закрепленным в нем диалектическим основанием устанавливается на опорной раме устройства, которое посредством пневмоцилиндра прижимает бюксу с сыпучим материалом к диалектическому основанию первичного преобразователя с определенным усилием.

Результаты градуировочных производственных испытаний емкостно-теплового влагомера на железорудном концентрате Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного комбината (рис.3) показали, что абсолютная погрешность влагомера не превышает $\pm 0,4\%$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлинер М.А., Васильева И.И. Определение влажности материалов по кривым охлаждения. Заводская лаборатория, 1969, № 1, с. 64-65.

2. Датчик для измерения влажности / Е.С.Кричевский, С.С.Галушкин, В.П.Терехов, А.В.Майоров. А.с. № 516952 (СССР). Б.И. 1976, № 21.

3. Кричевский Е.С. Высокочастотный контроль влажности при обогащении полезных ископаемых. М., Недра, 1972, с. 154.

4. Кричевский Е.С., Галушкин С.С., Терехов В.П. Опыт эксплуатации систем непрерывного контроля влажности апатитового концентрата. Химическая промышленность, 1975, № 2, с. 59-62.

5. Кричевский Е.С., Галушкин С.С., Терехов В.П. Устройство для дискретных измерений влажности. А.с. № 521509 (СССР). Б.И. 1976, № 26.

6. Чудновский А.Ф. Теплофизический метод определения влажности капиллярно-пористых материалов. Журнал технической физики 1954, № 12. с. 2190-2201.