

Виктор Иванович БОЧЕНИН —
профессор кафедры энергетики
и технологии металлов, доктор технических наук

Виктор Александрович КУЛИКОВ —
доцент кафедры экспериментальной физики,
кандидат физико-математических наук

Евгений Викторович МЕНЬШЕНИН —
студент 3 курса
механико-технологического факультета

Константин Ахмадзянович НУРГАЛИЕВ —
студент 3 курса
механико-технологического факультета —

Курганский государственный университет

УДК 554.64

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОНИКАЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ СЫПУЧЕЙ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ

АННОТАЦИЯ. В статье предлагается ядерно-физический способ экспресс-анализа влажности формовочной смеси, используемой для производства отливок в машиностроительной промышленности. Физическая сущность его основана на просвечивании контролируемого материала узким пучком гамма-квантов радионуклида. Применимость способа в промышленном варианте позволила снизить количество бракованной продукции.

In the article the nuclear-physical way of the express-analysis of the humidity of a forming mix, used for manufacture of castings in a machine-building industry is described. Physical essence is based on lighting through of a controllable material by a narrow beam of gamma-quants of a radionuclide. The applicability of this method in industrial version has allowed to lower the quantity of defective production.

Для производства отливок в машиностроительной промышленности используют сыпучие формовочные смеси. Содержание влаги в этих смесях оказывает существенное влияние на качество производимых отливок. При повышенном содержании влаги в них возникают газовые пузыри, пригар, засоры. В настоящее время определение содержания влаги в формовочных материалах проводят методом взвешивания [1], однако такой контроль обладает низкой производительностью и реализуется в лабораторном варианте. Для снижения брака литейной продукции необходим ускоренный контроль влажности, применимый в промышленных условиях.

В статье предлагается ядерно-физический способ промышленного контроля влажности, позволяющий выдавать ускоренную информацию о ее содержании. Физическая сущность его основана на просвечивании контролируемой среды узким пучком гамма-квантов с последующей регистрацией проникающего γ -излучения, степень поглощения которого за счет Комpton-эффекта зависит от насыпного веса формовочной смеси.

Поток гамма-квантов, прошедший через кювету с сухой формовочной смесью, равен [2]

$$N_c = N_o \cdot e^{-\mu_c \cdot m_c} \quad (1)$$

Аналогично, прошедший через кювету с влажной средой

$$N_a = N_o \cdot e^{-\mu_a \cdot m_a}, \quad (2)$$

где N_o — поток фотонов, прошедший через пустую кювету;
 μ_c, μ_a — массовые коэффициенты ослабления γ -лучей в сухой и влажной пробах ($\text{см}^2/\text{г}$); m_c, m_a насыпной вес сухой и влажной среды ($\text{г}/\text{см}^2$). Логарифмируя равенства (1, 2), получим

$$\ln \frac{N_o}{N_c} = \mu_c \cdot m_c; \quad (3)$$

$$\ln \frac{N_o}{N_a} = \mu_a \cdot m_a; \quad (4)$$

где

$$m_c = \frac{P_c}{S}; \quad m_a = \frac{P_a}{S}; \quad (5)$$

P_c, P_a — вес сухой и влажной сред (г); S — площадь кювет (см^2). С учетом равенств (5) формулы (3, 4) примут вид

$$\ln \frac{N_o}{N_c} = \frac{P_c \cdot \mu_c}{S}; \quad (6)$$

$$\ln \frac{N_o}{N_a} = \frac{P_a \cdot \mu_a}{S}. \quad (7)$$

Так как массовые коэффициенты ослабления при комптоновском поглощении не зависят от химсостава исследуемой среды, то $\mu_c \approx \mu_a$. С учетом этого отношение (6) к (7) будет равно

$$\frac{\ln \frac{N_o}{N_c}}{\ln \frac{N_o}{N_a}} = \frac{P_c}{P_a} \quad (8)$$

Или

$$1 - \frac{\ln \frac{N_o}{N_c}}{\ln \frac{N_o}{N_a}} = 1 - \frac{P_c}{P_a} \quad (9)$$

Левая часть формулы (9) используется для расчета влажности ядерно-физическим способом

$$W_p = \frac{\ln \frac{N_o}{N_a} - \ln \frac{N_o}{N_c}}{\ln \frac{N_o}{N_a}} \cdot 100\% \quad (10)$$

А правая — для определения ее весовым методом

$$W_p = \frac{P_a - P_c}{P_a} \cdot 100\%. \quad (11)$$

Исследовали достоверность равенства (9). В кюветы из оргстекла помещали мелкодисперсный порошок формовочной смеси с различным содержанием влаги. Связанную влагу не учитывали, так как содержание ее было незначительным. В качестве эталона использовали сухую формовочную смесь. Взвешиванием определяли вес влажных проб (P_a) и сухой (P_c). В каждом случае

рассчитывали отношение $\frac{P_c}{P_a}$. Используя образцы с известным отношением $\frac{P_c}{P_a}$, выполняли измерения ядерно-физическим способом. Структурная схема радиоизотопной регистрирующей установки приведена на рис. 1.

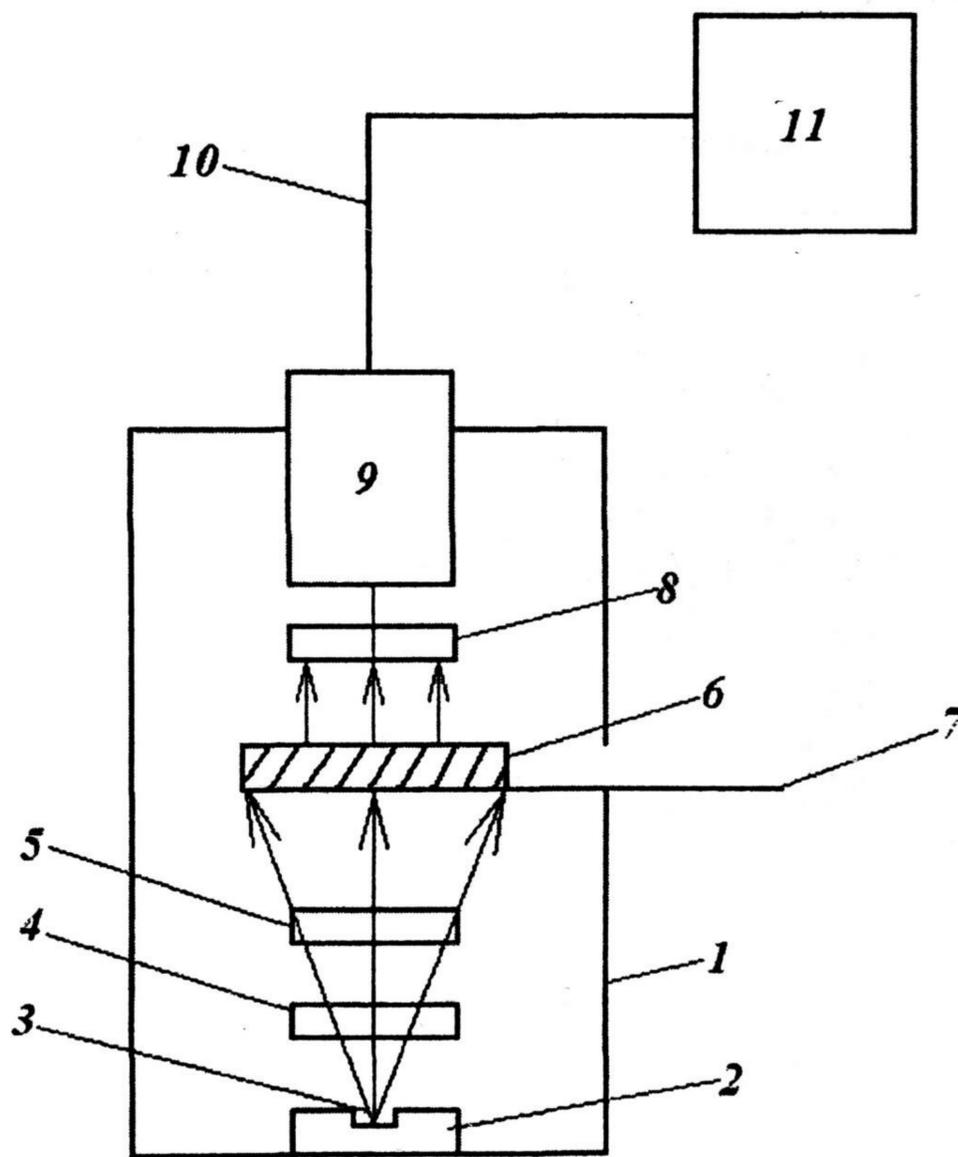


Рис. 1. Структурная схема радиоизотопного анализатора влажности

В датчике (1), смонтированном в выносном варианте, помещали контейнер (2) из свинца, в котором размещали радионуклид (3). Для создания узкого пучка гамма-кванты пропускали через два коллиматора (4, 5), направляющие γ -излучение на контролируемую пробу (6), расположенную в прободержателе (7). Для снижения интенсивности рассеянного излучения перед сцинтилляционным детектором (9) устанавливали коллиматор (8). Сигнал с детектора по кабелю (10) подавался в гамма-спектрометр (11), на выходе которого измеряли поток проникающего гамма-излучения.

Подбирали радионуклид с энергией гамма-квантов, обеспечивающей выполнение равенства (9). Предварительно выполняли измерения просвечиванием контролируемых образцов формовочной смеси гамма-квантами радионукли-

да ^{60}Co ($E=1,25$ Мэв, активность 0,5 г.экв радия). Настройку гамма-спектрометра на энергетический пик ($E=1,25$ Мэв) осуществляли при просвечивании гамма-квантами пустой кюветы, регистрируя поток γ -излучения (N_0). Далее с помощью прободержателя (7, рис. 1) помещали в датчик кюветы, наполненные формовочной смесью с различным содержанием влаги. Просвечивая материал гамма-квантами, регистрировали поток проникающего излучения (N_e). Аналогичным образом просвечивали пробу с сухой формовочной смесью, регистрируя N_c .

Затем рассчитывали отношения $\frac{N_e}{N_c}$, $\frac{N_e}{N_a}$. В табл. 1 приведены отклонения дан-

ных ядерно-физического способа от метода взвешивания. Как видно, они оказались значительными. Затем выполняли измерения изложенным способом, просвечивая контролируемую среду гамма-квантами радионуклида ^{137}Cs ($E=0,66$ Мэв, активность 0,1 г.экв радия). В этом случае получилась удовлетворительная сходимость данных радиоизотопного способа с методом взвешивания (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные результаты измерений

№ п/п образцов	Метод взвешивания		Радиоизотопный способ				Отклонение			
	$\frac{P_c}{P_a}$	$W_e, \%$	Радионуклид ^{60}Co		Радионуклид ^{137}Cs		Радионуклид ^{60}Co		Радионуклид ^{137}Cs	
			$\frac{\lg \frac{N_0}{N_c}}{\lg \frac{N_0}{N_a}}$	$W_p, \%$	$\frac{\lg \frac{N_0}{N_c}}{\lg \frac{N_0}{N_a}}$	$W_p, \%$	$\frac{P_c}{P_a} - \frac{\lg \frac{N_0}{N_c}}{\lg \frac{N_0}{N_a}}$	$W_e - W_p, \%$	$\frac{P_c}{P_a} - \frac{\lg \frac{N_0}{N_c}}{\lg \frac{N_0}{N_a}}$	$W_e - W_p, \%$
1	0,963	3,7	0,971	2,9	0,961	3,9	+0,008	-0,8	-0,002	+0,2
2	0,975	2,5	0,954	4,6	0,978	2,2	-0,021	+2,1	+0,003	-0,3
3	0,984	1,6	0,751	4,9	0,986	1,4	-0,233	+3,3	+0,002	-0,2
4	0,951	4,9	0,911	8,9	0,955	4,5	-0,040	+4,0	+0,004	-0,4
5	0,948	5,2	0,983	1,7	0,941	5,9	+0,035	-3,5	-0,007	+0,7
6	0,954	4,6	0,985	1,5	0,951	4,9	+0,031	-3,1	-0,003	+0,3
7	0,967	3,3	0,89	10,6	0,969	3,1	-0,073	+7,3	-0,002	-0,2

Изложенные результаты легли в основу разработки промышленного контроля влажности. Радиоизотопный анализатор (рис. 1) устанавливали в цехе производства формовочной смеси. Процесс изготовления ее сводится к предварительному измельчению исходных материалов (песка, глины) и тщательному перемешиванию этих компонентов. Затем проводится увлажнение смеси до содержания в ней влаги 4,5-5%. В этом процессе необходим ускоренный контроль влажности. С учетом этого выполняли настройку регистрирующей аппаратуры на ускоренный вариант измерений. Готовили эталонную пробу песчано-глинистой смеси, сушили ее, удаляя связанную и свободную влагу.

Пустую кювету помещали в датчик радиоизотопной установки (рис. 1), просвечивая ее гамма-квантами радионуклида ^{137}Cs . При этих условиях гамма-спектрометр настраивали на энергетический пик гамма-квантов радионуклида ^{137}Cs , регистрируя при этом начальный поток излучения N_0 . Далее устанавливали в датчик кювету с сухой пробой. Просвечивая ее фотонами ^{137}Cs , измеряли поток проникающего γ -излучения (N_c). Отношение $\ln \frac{N_e}{N_c}$, использовали для расчета при ускоренном определении влажности.

При транспортировке увлажненной формовочной смеси по конвейеру отсекали через каждые 5 сек порошковые пробы, помещая их в стандартные кюветы, выравнивая поверхностный слой. Затем каждую устанавливали в датчик (рис. 1), просвечивая гамма-излучением ^{137}Cs и регистрируя поток проникающего излучения (N_o). Рассчитав отношение $\frac{N_o}{N_a}$, равенству (10) определяли со-

держание влаги. Измерение и расчет настроечного параметра выполняли ежедневно перед началом экспресс-анализа. Продолжительность анализа влажности одной пробы с учетом отбора составила 1,5-2 мин.

В заключение следует отметить, что ядерно-физический способ оказался наиболее эффективным при оценке влажности формовочной смеси. Применимость его в промышленном варианте позволила оптимизировать технологический процесс увлажнения и снизить количество бракованной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровский Ю. Ф., Шацких М. И. Формовочные и стержневые смеси. Л.: Машиностроение, 1980. 85 с.
2. Гусев Н. Г., Машкович В. П., Обвинцев Г. В. Гамма-излучение радиоактивных изотопов и продуктов деления. М.: Физматгиз, 1959. 180 с.

Игорь Григорьевич ТЕЛЕГИН —
старший научный сотрудник лаборатории
гидродинамических методов ПНП

Тюменского филиала ООО «КогалымНИПИнефть»,
кандидат физико-математических наук, доцент

Олег Борисович БОЧАРОВ —
старший научный сотрудник

Института гидродинамики
им. М. А. Лаврентьева СО РАН,
кандидат физико-математических наук, доцент

УДК 532.546: 949.8

СОПРЯЖЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ДВУХФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ДВУМЕРНОМ СЛУЧАЕ*

АННОТАЦИЯ. В одномерном случае исследовались задачи сопряжения модели фильтрации несмешивающихся и несжимаемых жидкостей Маскета-Леверетта (МЛ-модель) с различными фазовыми давлениями и модели Баклея-Леверетта (БЛ-модель) с общим давлением для обеих фаз. В данной работе анализируются три подхода к решению этой проблемы в двумерном случае, проводится численный анализ влияния сопряжения на характеристики процесса вытеснения нефти водой.

In an one-dimensional case problems of conjunction of model of a filtration of not mixing up and incompressible liquids Muskat-Leverett (ML-model) with various phase pressure and models Backley-Leverett (BL-model) with common

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке СО РАН (интеграционный проект № 117).