

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕЙ

Касенова Ж.М.¹, Ремнев Г.Е.², Ермагамбет Б.Т.³, Мартемьянов С.М.⁴, Нурғалиев Н.У.⁵ Email: Kasenova17129@scientifictext.ru

¹Касенова Жанар Муратбековна - магистр техники и технологии, заместитель директора;

²Ремнев Геннадий Ефимович - доктор технических наук, профессор;

³Ермагамбет Болат Толеуханулы - доктор химических наук, профессор, директор;

⁴Мартемьянов Сергей Михайлович - кандидат технических наук, профессор;

⁵Нурғалиев Нуркен Утеуович - кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник,

ТОО «Институт химии угля и технологии»,

г. Астана, Республика Казахстан

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

г. Томск

Аннотация: в работе приведена методика измерения частотных зависимостей электрофизических характеристик углей. Измерение диэлектрических свойств образцов проводилось измерителем иммитанса E7-20, генерирующего синусоидальное напряжение заданной частоты, подаваемое на измерительные электроды. Образцы для измерения изготавливались таким образом, чтобы электрическое поле измерительного прибора ориентировалось вдоль слоев образца. За исключением удельной диэлектрической проницаемости и удельной электропроводности, непосредственно измеряемыми величинами являются тангенс угла диэлектрических потерь, емкость образца и сопротивление образца.

Ключевые слова: уголь, диэлектрические потери, диэлектрическая проницаемость, электропроводность, коэффициент потерь.

METHOD OF MEASUREMENT OF THE ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF COAL

Kasenova Zh.M.¹, Remnev G.E.², Ermagambet B.T.³, Martemyanov S.M.⁴,
Nurgaliyev N.U.⁵

¹Kassenova Zhanar Muratbekovna – Master of Chemical Sciences and Technology, Deputy Director;

²Remnev Gennadiy Efimovich - Doctor of Technical Science, Professor;

³Yermagambet Bolat Toleukhanuly - Doctor of Chemical Science, Professor, Director;

⁴Martemyanov Sergey Mikhailovich - Candidate of Technical Science, Associate professor;

⁵Nurgaliyev Nurken Uteuovich - Candidate of Chemical Science, Leading Researcher,

LLP "INSTITUTE OF COAL CHEMISTRY AND TECHNOLOGY",

ASTANA, REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY,

TOMSK

Abstract: the method of determining the frequency dependences of the electrophysical characteristics of coals is given in the paper. Measurement of the dielectric properties of the samples was carried out by an E7-20 immittance meter generating a sinusoidal voltage of a given frequency applied to the measuring electrodes. Samples for measurement were made in such a way that the electric field of the measuring device was oriented along the layers of the sample. With the exception of the specific permittivity and conductivity, the directly measured values are the tangent of the dielectric loss angle, the sample capacitance and the sample resistance.

Keywords: coal, dielectric properties, permittivity, conductivity, loss factor.

УДК537.9

Введение. Твердые горючие ископаемые, как угли с точки зрения электрофизических характеристик относятся к слабопроводящим материалам гетерофазного строения. Частотные зависимости их диэлектрических свойств исследуются, в основном, с целью разработки технологий высокочастотного нагрева [1-4]. Так, выделение тепла под действием приложенного поля зависит от электропроводности (резистивные потери) и тангенса угла диэлектрических потерь (диэлектрические потери). Кроме того, протекание электроразрядных явлений в таких материалах также зависит от диэлектрических свойств. Например, максимальная напряженность на газовых порах будет определяться относительной диэлектрической проницаемостью [5]. Таким образом, диэлектрические свойства будут влиять на выделение тепла, протекание электроразрядных явлений (частичные разряды, триинг) и, как следствие, технические характеристики оборудования, необходимого для нагрева.

Методика измерений. Для измерения электрофизических свойств угля требуются образцы в форме пластинок толщиной не более 5 мм [6,7]. Образцы вырезались из цельных фрагментов угля на камнерезном станке абразивно-отрезным диском с алмазным покрытием.

Из-за наличия трещин и малой механической прочности невозможно вырезать пластинки непосредственно из угольного фрагмента. В связи с этим, образцы готовились следующим образом. Из исходного фрагмента угля вырезался брусок размером 55×55×100 мм (рисунок 1,а). Далее брусок оборачивался в слой полиэтиленовой пленки и заливался в отверждаемую полиэфирную смолу (рисунок 1,б).

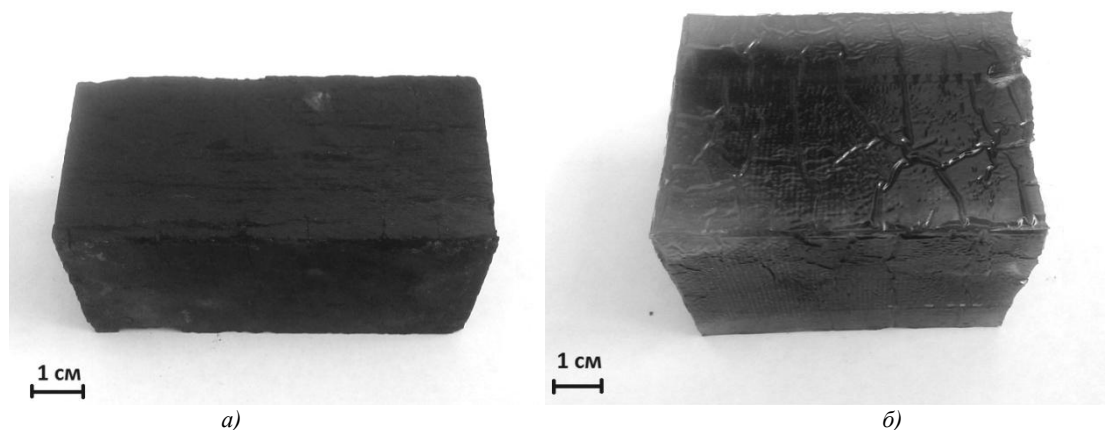


Рис. 1. Изготовление образцов для измерения диэлектрических свойств: а – брусок из угля, б – брусок, залитый в полиэфирную смолу

Полиэфирная смола придает заготовке механическую прочность и удерживает уголь при резке. При этом слой полиэтиленовой пленки не позволяет смоле проникать внутрь образца и влиять в дальнейшем на результаты измерения.

Далее полученная заготовка нарезалась на пластины с помощью абразивно-отрезного диска с алмазным покрытием (рисунок 2).

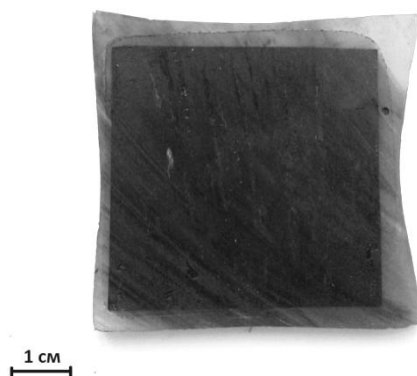


Рис. 2. Образец в форме пластины для измерения диэлектрических свойств

Поскольку осадочные горные породы, включая уголь, имеют слоистое строение, возможно возникновение анизотропии диэлектрических свойств. Если прикладываемое электрическое поле ориентировано в том же направлении, что и слои в угле, значение измеряемой величины может отличаться от измерения, в котором приложенное поле ориентировано перпендикулярно слоям. Поскольку в разрабатываемой технологии внутрислоевой газификации прикладываемое к электродам напряжение будет ориентировано преимущественно вдоль слоев напластования углей, образцы для измерения изготавливались таким образом, чтобы поле измерительного прибора ориентировалось вдоль слоев образца.

Измерение диэлектрических свойств проводилось измерителем иммитанса Е7-20 (МНИПИ, г. Минск). Прибор генерирует синусоидальное напряжение заданной частоты, подаваемое на измерительные электроды, и измеряет электромагнитный отклик объекта. Измеритель имеет ПК-совместимый интерфейс RS-232C и может работать под управлением компьютера. Поскольку для измерений во всем частотном диапазоне требовалось провести регистрацию большого количества измеряемых значений, для упрощения процедуры было разработано программное обеспечение для управления прибором.

В соответствии с ГОСТ 25495-82, измерения проводились с помощью дисковых электродов. Внешний вид измерительной оснастки приведен на рисунке 3.

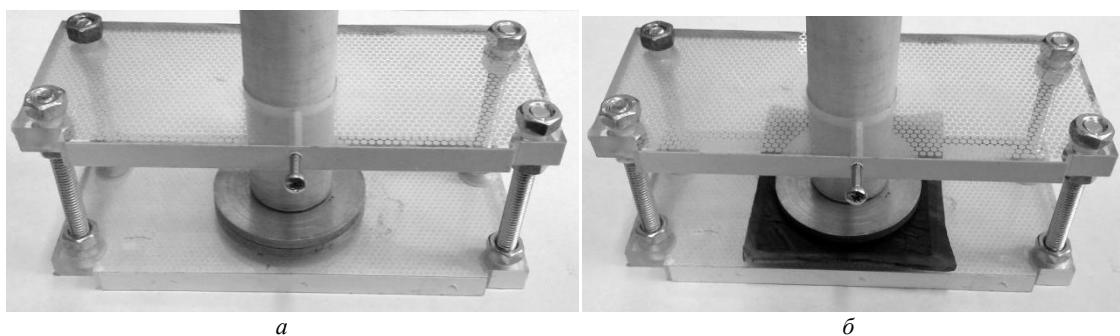


Рис. 3. Измерительная оснастка для регистрации диэлектрических свойств горных пород: а – без образца, б – с установленным образцом

Образец в струбине зажимается между двумя дисковыми электродами из алюминия диаметром 50 мм и толщиной 3 мм. Толщина образца для обеспечения необходимой точности измерения не должна превышать 6 мм.

Электроды подключаются к измерителю иммитанса, и производится регистрация измеренных значений. Непосредственно измеряемыми величинами являются тангенс угла диэлектрических потерь, емкость образца и сопротивление образца. Удельная диэлектрическая проницаемость вычисляется далее как отношение измеренной емкости с образцом C и емкости аналогичного воздушного конденсатора C_0 :

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0}$$

Емкость C_0 измерялась при отсутствии образца и установленном межэлектродном расстоянии, равном толщине образца. Удельная электропроводность образца определяется как отношение толщины образца h к площади электродов S и измеренному сопротивлению образца R :

$$\sigma = \frac{h}{S \cdot R}$$

Для каждого из исследуемых месторождений измерения проводились на 5 образцах, после чего результаты измерений усреднялись.

Выводы. Приведенная методика измерения электрофизических характеристик углей может быть использована при создании технологий переработки углей, использующих электромагнитное воздействие, как, например, нагрев, обогащение или электроразрядное разрушение.

Список литературы / References

1. *Knyazeva A.G., Maslov A.L., Martemyanov S.M.* A two-phase model of shale pyrolysis // Fuel, 2018, Vol. 228. 132-139.
2. *Marland S., Merchant A., Rowson N.* Dielectric properties of coal // Fuel. 2001. Т. 80. №. 13. С. 1839-1849.
3. *Salema A.A., Yeow Y.K., Ishaque K., Ani F.N., Afzal M.T., Hassan A.* Dielectric properties and microwave heating of oil palm biomass and biochar // Industrial Crops and Products. 2013. Vol. 50. С. 366-374.
4. *Nelson S.O., Fanslow G.E., Bluhm D.D.* Frequency dependence of the dielectric properties of coal // Journal of Microwave Power. 1980. Т. 15. №. 4. С. 277-282.
5. *Chatterjee I., Misra M.* Dielectric properties of various ranks of coal // Journal of microwave power and electromagnetic energy. 1990. V. 25. N. 4. С. 224-229.
6. *Bukharkin A.A., Lopatin V.V., Martemyanov S.M., Koryashov I.A.* Electrical discharge phenomena application for solid fossil fuels in-situ conversion // Journal of Physics: Conference Series. 2014. Vol. 552. [012012, 4 p.].
7. ГОСТ 25495-82. Породы горные. Метод определения удельного электрического сопротивления.