

Л.С. Ещенко, проф., д-р техн. наук; Л. Ю. Малицкая (БГТУ, г. Минск)

Е.В. Коробко, проф., д-р техн. наук; Н. А. Бедик (ИТМО НАН Б, г. Минск)

## ЭЛЕКТРОРЕОЛОГИЧЕСКИЕ СУСПЕНЗИИ НА ОСНОВЕ ГИДРАТИРОВАННЫХ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ

Ранее проведенные исследования [1–3] показали, что наличие в гидратированных оксидах металлов неструктурной воды в виде молекул  $H_2O$ , имеющих водородные связи, предопределяет возникновение носителей зарядов в электрическом поле вследствие протолитической диссоциации молекул  $H_2O$ , что приводит к появлению поверхностной проводимости и структурообразованию дисперсной фазы электрореологических суспензий. Химическое количество воды, сила водородной связи, а также донорно-акцепторные свойства катиона влияют на число и подвижность носителей заряда и, как следствие, на характеристики структурообразования, определяющие интенсивность проявления электрореологического эффекта.

Цель данной работы – выявление особенностей влияния неструктурной воды, содержащейся в наполнителях на основе гидратированных оксидов металлов (на примере алюминия, хрома и железа), на электрореологический эффект в диэлектрических суспензиях.

Исследовали двухкомпонентные композиции (наполнитель в минеральном масле), приготовленные на основе образцов гидратированных оксидов металлов, отличающихся структурой, содержанием  $H_2O$ , фазовым составом. Гидратированные оксиды металлов получали осаждением с последующим старением, фильтрацией, промывкой осадка и сушкой. Методология исследований описана ранее [1]. Условия получения наполнителей на основе гидратированных оксидов металлов и результаты их исследования представлены в таблице.

Согласно результатам исследования, наполнители на основе гидратированных оксидов алюминия представляют собой псевдобемит с различным количеством неструктурной  $H_2O$ : в виде адсорбированной и межслоевой (локализована в межслоевом пространстве структуры бемита в количестве 1,0–1,25 моля по отношению к 1 молю  $Al_2O_3$ ). Для приготовления псевдобемита, содержащего структурную  $H_2O$  в виде ОН-групп, координированных Al и неструктурную в виде межслоевой и адсорбированной, его термообработывали при 105 и 150°C в течение 10 мин.

Наполнители на основе гидратированного оксида хрома и железа, являются рентгеноаморфными и отличаются содержанием  $H_2O$  в результате их термообработки при различных температурах.

Таблица - Условия получения наполнителей на основе гидратированных оксидов металлов и результаты их исследования

№ образца	Условия получения			Содержание H <sub>2</sub> O в образце после термообработки, %	Фазовый состав
	исходная соль металла	нейтрализующий агент	температура термообработки, °С		
<i>Гидратированные оксиды алюминия (1 группа)</i>					
1	Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	105	28,8	Псевдобемит
2	Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	150	21,9	
3	Al(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	150	21,1	
4 <sup>1</sup>	Al(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	150	16,0	
<i>Гидратированные оксиды хрома (2 группа)</i>					
5	Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	NaOH	50	46,2	Аморфный
6	Cr(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	NaOH	50	41,4	
7	Cr(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	100	37,7	
8	Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	100	34,6	
9	Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	NaOH	100	33,3	
10	Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	NaOH	150	25,4	
<i>Гидратированные оксиды железа (3 группа)</i>					
11 <sup>2</sup>	FeCl <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	100	8,1	Аморфный
12	FeCl <sub>3</sub>	NaOH	100	12,5	
13	осадок, полученный при очистке сточных вод РУП МТЗ с помощью ферриферрогидроксида железа		100	20,5	Аморфный
14	осадок, полученный при очистке сточных вод РУП МТЗ с помощью ферриферро-гидроксида железа		150	18,9	
15	FeCl <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	100	6,2	
Примечания					
<sup>1</sup> Образец обработан 1,5% КМЦ.					
<sup>2</sup> Осадок перед старением промывался и сушился при 40°С.					

Как показали результаты исследования процесса и продуктов термообработки гидратированных оксидов хрома и железа, неструктурная вода, входящая в их состав, энергетически неравноценна и имеет более слабые или сильные связи. Исходя из этого, в наполнителях, представленных в таблице, уменьшения общего содержания H<sub>2</sub>O, связано с понижением гидратности наполнителя, в составе которого присутствуют только H<sub>2</sub>O, имеющие прочные водородные связи.

На рисунках 1-3 представлены зависимости относительного напряжения сдвига  $\tau_E / \tau_E = 0$  и плотности тока от напряженности электрического поля для суспензий на основе гидратированных оксидов металлов. Цифры возле кривых на рисунках соответствуют номерам наполнителей в таблице.

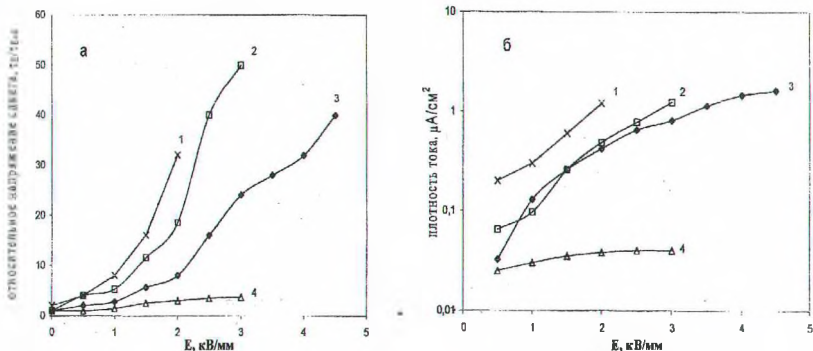


Рисунок 1 - Зависимость относительного напряжения сдвига  $\tau_E / \tau_{E=0}$  (а) и плотности тока (б) от напряженности электрического поля для суспензий на основе гидратированных оксидов алюминия,  $C = 20$  мас. %

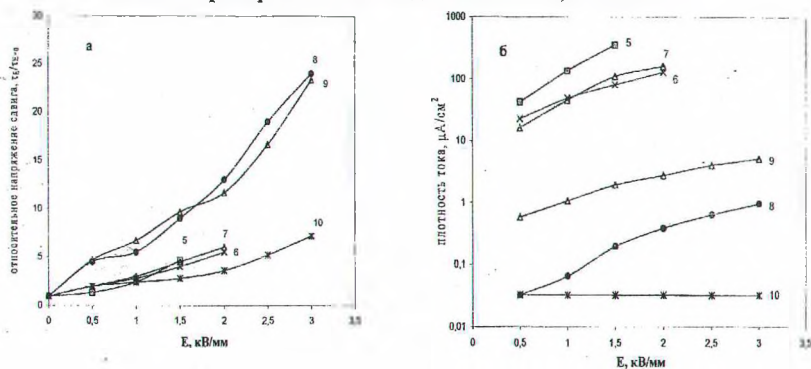
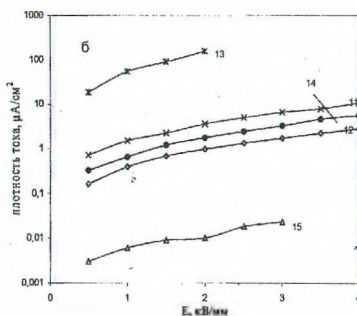
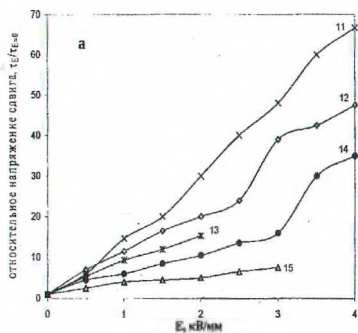


Рисунок 2 - Зависимость относительного напряжения сдвига  $\tau_E / \tau_{E=0}$  (а) и плотности тока (б) от напряженности электрического поля для суспензий на основе гидратированных оксидов хрома,  $C = 10$  мас. %

Анализ полученных экспериментальных данных дает основание заключить, что суспензии на основе наполнителей, содержащих неструктурированную воду преимущественно в виде молекул  $H_2O$ , прочно удерживаемых в структуре образца (в случае использования псевдобемита – это межслоевая вода), отличаются наиболее высокими показателями ЭР-активности. Значения плотности тока в пик не превышают  $10 \mu A/cm^2$  (для суспензий на основе псевдобемита – не выше  $1 \mu A/cm^2$ ). Присутствие в наполнителях дополнительно адсорбированной воды (№ 1, 5, 6, 7, 13), приводит к увеличению значений плотности тока (до  $100 \mu A/cm^2$  и выше, в случае использования наполнителей на основе  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$  – свыше  $1 \mu A/cm^2$ ).



**Рисунок 3 - Зависимость относительного напряжения сдвига  $\tau_E / \tau_{E=0}$  (а) и плотности тока (б) от напряженности электрического поля для суспензий на основе гидратированных оксидов железа,  $C=20$  мас. %**

Удаление неструктурной воды из наполнителей (№ 4, 10, 15) приводит к резкому снижению плотности тока и ЭР-активности суспензий. Различие в проявлении ЭР-активности суспензий на основе наполнителей разных групп можно объяснить различием природы катионов и их свойств. Хром сильнее удерживает воду, чем алюминий и железо. Это свойство катиона хрома обуславливает с одной стороны повышенную проводимость суспензий на основе гидратированных оксидов хрома, а с другой стороны – высокие показатели их ЭР-активности. Алюминий слабее удерживает молекулы воды, что и приводит к более низким значениям  $\tau_E / \tau_{E=0}$  и плотности тока. Связь неструктурных молекул  $H_2O$  с катионом железа самая непрочная. Это подтверждается тем, что при примерно одинаковом количестве воды, входящем в состав наполнителей 1 и 3 групп, ЭР-активность суспензий на основе гидратированных оксидов железа выше.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Исследование электрореологической чувствительности суспензий на основе гидратированных оксидов алюминия / Е. В. Коробко [и др.] // Коллоидный журнал. – 2007. – Т. 69, № 2. – С. 201–205.
- 2 Ещнко, Л. С. Влияние температуры на электрореологический отклик диэлектрических суспензий на основе водосодержащего наполнителя / Л. С. Ещнко, Е. В. Коробко, Н. А. Бедик. // Инженерно-физический журнал. – 2009. – Т. 82, № 4. – С. 745–750.
- 3 Korobko, E. V. Peculiarities of Particle Polarization in Water Containing Fillers for ERF / E. V. Korobko, L. S. Eshenko, N. A. Bedik. // Journal of Physics: Conference Series. – 2009. – Vol. 149. – 012018.