

Рис. 2 Зависимость открытой пористости образцов от количества порообразователя а) при температуре обжига 1550°C б) при температуре обжига 1580°C

Список литературы:

1. Dubok V.A., Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 39(7-8), 381-394 (2000)
2. Kannan S., Balamurugan A., Rajeswari S., Subbaiyan M., Corrosion Reviews, 20,342, (2002)
3. Дунызина Т.М. Клинический опыт применения ряда остеопластических материалов на современном пародонтологическом приеме//Институт стоматологии.- 2000. – №2.- С.26-28.

АГРЕГАЦИЯ НАНОЧАСТИЦ В РАСТВОРАХ РАЗНОЙ СОЛЕННОСТИ

Е.Е. Карпина, студент гр. 4Б13

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр. Ленина, 30,
тел. +7(3822) 419147*

Увеличение производства и расширение сфер потребления создает все больше и больше источников выделения наночастиц в окружающую среду [1]. При этом наноматериалы рассматриваются как новый класс токсикантов [2], на токсичность которых влияет большое число факторов [3], включая свойства окружающей дисперсионной среды [4].

Настоящее исследование направлено на оценку влияния разновалентных электролитов на агрегационную устойчивость суспензий на основе нанопорошков Al и Al₂O₃.

В качестве объектов исследования были выбраны нанопорошки металлического алюминия (Al, 140 нм, 15,5 м²/г) и его оксида (Al₂O₃, 220 нм, 6,8 м²/г).

В работе готовили суспензии наночастиц в водных растворах с разной ионной силой с применением солей Na⁺ и Ca²⁺. Концентрация наночастиц составляла 1 мМ. Стабильность дисперсных систем изучали через изменение ζ-потенциала частиц и среднего размера частиц (d_{cp}), рассчитанного из численного распределения частиц по размерам по формуле:

$$d_{cp} = \sum d \frac{q(\%)}{100(\%)},$$

где d_{cp} – средний объемный диаметр частиц, м; d – размер частиц в дисперсии, м; q –

дифференциальное распределение частиц в дисперсии, %. Для измерения использовали прибор Zetasizer Nano (Malvern, США).

При образовании суспензий исследуемыми наночастицами образуются лиофобные дисперсные системы, характеризующиеся слабым взаимодействием дисперсной фазы и дисперсионной среды, что приводит к высокой неустойчивости таких систем и их склонности к уменьшению дисперсности во времени. Теоретическое изучение коагуляции таких систем в растворах разной ионной силы позволяет выяснить условия, которые обеспечивают агрегативную устойчивость золь и суспензий.

В водных суспензиях имеют практически нейтральный заряд ($0,76 \pm 0,31$ мВ), а у наночастиц Al_2O_3 ζ -потенциал равен $+29,53 \pm 0,92$ мВ. Поскольку ζ -потенциал пропорционален заряду коллоидной частицы, теоретически агрегативная устойчивость золя возрастает с увеличением его величины [5]. При образовании двойного электрического слоя в водной суспензии на положительно заряженное ядро будет адсорбироваться ОН-частицы (слой Штерна). Соответственно, диффузионный слой (слой Гуи-Чемпена) будет представлен положительно-заряженными катионами, от природы, валентности и содержания которых будет зависеть их коагулирующее действие.

Таблица. ζ -потенциал и средний размер исследуемых частиц в растворах с $I=1$ мМ

Суспензия	Al-DW	Al-DW	Al - NaCl	Al - NaCl	Al- CaCl ₂	Al- CaCl ₂
Время выдерживания, час	2	48	2	48	2	48
ζ -потенциал, мВ	$0,8 \pm 0,3$	$14,3 \pm 0,8$	$2,22 \pm 0,21$	$13,8 \pm 0,26$	$-0,93 \pm 0,53$	$9,96 \pm 0,65$
d_{cp} , нм	618 ± 255	1280 ± 182	541 ± 296	1142 ± 31	800 ± 14	873 ± 36
Суспензия	Al ₂ O ₃ -DW	Al ₂ O ₃ -DW	Al ₂ O ₃ - NaCl	Al ₂ O ₃ - NaCl	Al ₂ O ₃ -CaCl ₂	Al ₂ O ₃ - CaCl ₂
Время выдерживания, час	2	48	2	48	2	48
ζ -потенциал, мВ	$32,3 \pm 0,8$	$41,5 \pm 0,9$	$25,41 \pm 1,7$	$31,56 \pm 0,21$	$26,70 \pm 0,62$	$35,57 \pm 0,57$
d_{cp} , нм	355 ± 180	855 ± 69	622 ± 395	1144 ± 69	353 ± 94	1244 ± 17

Экспериментальные результаты показали, что в целом, для наночастиц Al в водных суспензиях характерно образование агрегатов, распределение которых по размерам носит чисто мономодальный характер. Средний размер агрегатов в водной суспензии превышает 500 нм. Это свидетельствует о низкой агрегационной устойчивости алюминия (образование агрегатов происходит в течение первых часов), что согласуется с низкими значениями ζ -потенциала (табл.). С другой стороны, несмотря на низкую агрегационную устойчивость суспензий на основе металлических частиц на начальном этапе, в целом эти суспензии можно назвать достаточно стабильными. Так, агрегируя в течение двух часов, впоследствии система остается практически стабильной в течение суток и пик среднего размера смещает в сторону больших размеров незначительно.

Оксид алюминия более стабилен по сравнению с металлическим порошком. В течение 2 часов для нанопорошка Al_2O_3 в растворах электролитов имеет бимодальное распределение: 50,5 % - фракцию частиц с $d_{cp} = 100-350$ нм, остальное

– частицы с $d_{cp}=550-2000$ нм. Однако через 48 часов размеры агрегатов всей суспензии находятся в диапазоне 750-5550 нм.

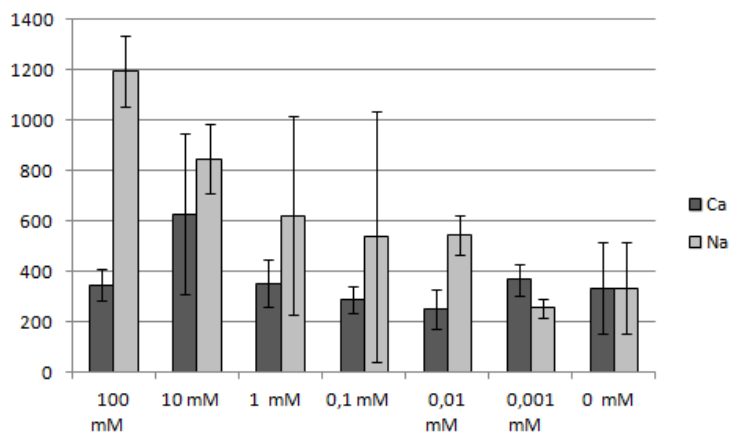


Рис 1. Влияние концентрации Na^+ и Ca^{2+} -электролита на средний размер частиц Al_2O_3 (2 часа).

В работе установлено, что Ca^{2+} - электролит обладает большим агрегирующим действием на наночастицы Al, в то время как для оксида сильно выраженной зависимости не наблюдалось. Также показано, что в ряду выбранных электролитов агрегирующее действие уменьшается с увеличением заряда катионов (рис.), что противоречит теоретическим данным об увеличении коагулирующей способности электролитов с большей валентностью [6].

Автор выражает благодарность научному руководителю Годымчук А.Ю. за постановку задачи, помощь и поддержку в работе.

Список литературы:

1. Wiesner M.R., Lowry G.V., Alvarez P., Dionysiou D., Biswas P., Assessing the risks of manufactured nanomaterials // Environmental Science Technology. – 2006. – Vol. 40. – P.4336–4345.
2. Colvin V.L., The potential environmental impact of engineered nanomaterials//Nature Biotechnology. – 2003. – Vol.21. – P.1166–1170.
3. Murdock C., Braydich-Stolle L., Schrand A.M., Schlager J.J., Hussain S.M., Characterization of nanomaterial dispersion in solution prior to in vitro exposure using dynamic light scattering technique, Toxicological Science. – 2008. – Vol. 101. – P. 239–253.
4. Farre M., Gajda-Schrantz K., Kantiani L., Barcelo D. Ecotoxicity and analysis of nanomaterials in the aquatic environment // Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2009. Vol.393. – P.81-95.
5. Handy R.D., Kammer F., Lead J.R., Hasselov M., Owen R., Crane M. The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles // Ecotoxicology. – 2008. – Vol.17. – P.287-314.
6. Захарченко В.Н., Коллоидная химия: Учебник для медико-биологических специализированных вузов. - М.: Высш.шк., 1989. - 238 с.