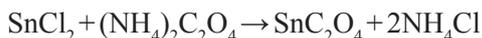


в решетке образующихся оксидов. Содержание галогенидов может существенно влиять на многие свойства сложнооксидных материалов, в том числе электропроводность [1]. Существуют также и различные безгалогенидные методы сжигания, однако они труднопроизводимы [2] или требуют сложных реагентов или условий [3–4]. Также многие из них неприменимы для синтеза допированных материалов вида $\text{MeSn}_{1-x}\text{M}_x\text{O}_{3-\delta}$.

В связи с вышеприведёнными трудностями поставлена цель – получить новый растворимый прекурсор олова, используя широко доступные реагенты без использования сложного оборудования.

В качестве исходных веществ для получения прекурсора были использованы $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, раствор аммиака и лимонная кислота. Сначала реакцией обмена был получен осадок оксалата олова:



Затем осадок был промыт дистиллированной водой достигая условий отсутствия реак-

ции на хлорид-ионы (при добавлении раствора AgNO_3). Затем оксалат олова был растворен при нагревании в концентрированном растворе лимонной кислоты. Полученный раствор был оставлен при комнатной температуре на сутки. Выпавший белый осадок отфильтровывали и высушивали. Элементный состав полученного вещества был определен с помощью элементного анализатора «Perkin Elmer PE 2400» серия 2 CHNS-O EA 1108.4.

Предполагаемая брутто-формула соединения $\text{SnC}_6\text{H}_5\text{O}_7$. Вероятная структура соединения требует уточнения. Полученное вещество представляет собой белый кристаллический продукт, плохо растворимый в воде. Растворимость резко повышается в присутствии аммиака. Полученный раствор не содержит галогенидов, устойчив в течение длительного времени и может быть использован для получения оксидов золь-гель методом, сжиганием нитрат-органических прекурсоров и другими растворными методами.

Список литературы

1. Tarasova N.A., Animitsa I.E. // *Russ J Electrochem.*, 2013.– №49.– P.698–703.
2. Stanulis A., Hardy A., De Dobbelaere C. et al. // *J Sol-Gel Sci Technol.*, 2012.– №62.– P.57–64.
3. Lu W., Schmidt H. // *J Sol-Gel Sci Technol.*, 2007.– №42.– P.55–64.
4. Licheron M., Jouan G., Husson E. // *Journal of the European Ceramic Society*, 1997.– №17.– P.1453–1457.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПЕНОСТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ПО ОДНОСТАДИЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

А.Ю. Мисковец

Научный руководитель – д.т.н., профессор О.В. Казьмина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, ayv10@tpu.ru

Известно, что пеностекло - наиболее эффективный теплоизоляционный материал в настоящее время, который относится к экологически безопасным, биологически устойчивым, негорючим и влагостойким материалам с хорошими показателями тепло- и звукоизоляции [1]. Из-за дефицита стеклобоя, возникает необходимость в расширении сырьевой базы, для производства пеностекла, что возможно осуществить за счет использования аморфных кремнеземсодержащих природных и техногенных материалов [2].

В работе в качестве кремнистого сырья выбраны трепел Потанинского месторождения и микрокремнезем Братского завода ферросплавов.

Как правило, для получения пеностекольных материалов применяется двухстадийная технология. В данной работе рассмотрен вариант одностадийной технологии, что позволяет получать пеностекольный материал на основе кремнеземистого сырья без предварительного изготовления гранулята в диапазоне температур 780–900 °С. Снижение температуры вспенива-

Таблица 1. Химические реакции и изменение энергии Гиббса

№ реакции	Химические реакции между компонентами композиции	Значение ΔG° , кДж/моль
1	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$	-351,817
2	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3$	-199,170
3	$\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-562,891
4	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	-223,703
5	$\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 + 2\text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CaSiO}_3 + 2\text{CO}_2 \uparrow$	-2 996,280
6	$2\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Ca}_2\text{SiO}_4 + 2\text{CO}_2 \uparrow$	-917,827
7	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow$	-525,958
8	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2 + \text{CO}_2 \uparrow$	31 438,225

ния, происходит за счет введения в шихту плавня – в основном гидроксида натрия, что значительно повышает стоимость готовых гранул, т.к. для устойчивого стеклообразования необходимо от 13 до 22 мас. % щелочи в составе [3]. В данной работе рассматривается возможность получения вспененного материала без использования гидроксида натрия.

В качестве основных компонентов исходной смеси выбраны оксид кальция, карбонат натрия и кремнеземистое сырье. Выдвинута гипотеза о образовании гидроксида натрия между компонентами в процессе грануляции. Предварительно для оценки возможности протекания реакций между оксидом кальция и кальцинированной содой, а также дальнейшего взаимодействия с аморфным кремнеземом проведен термодинамический анализ реакций взаимодействия компонентов. Для расчетов использованы справочные данные [4] и программный пакет ПО Gaussian (метод DFT) при температуре процесса 353 К и 1 073 К. Результаты расчета приведены в табл. 1

Анализ реакций, протекающих на стадии гранулирования (1–4, $T=353\text{ К}$), показывает что они термодинамически возможны, более актив-

но протекает реакция образования метасиликата натрия. В реакции взаимодействия гидроксида кальция с карбонатом натрия равновесие смещено в сторону образования гидроксида натрия в следствии плохой растворимости карбоната кальция.

Анализ реакций, протекающих во время вспенивания (5–8, $T=973\text{--}1\,123\text{ К}$), показывает что наиболее активно протекает взаимодействие двойного карбоната с аморфным кремнеземом с образованием силикатов натрия и кальция, сопровождающееся плавлением непрореагировавшего двойного карбоната, а также образованных в процессе реакции силикатов, что обеспечивает достаточное для последующего вспенивания количество расплава. Согласно данным табл. 1, видно, что реакция между карбонатом натрия и аморфным кремнеземом идет только с образованием метасиликата.

Результаты, полученные в ходе проведения эксперимента, подтвердили выдвинутую гипотезу. Эмпирическим путем установлена возможность получения пористого материала по одностадийной технологии при температурах не превышающих 900°C .

Список литературы

1. Кетов А.А. Перспективы пеностекла в жилищном строительстве // *Строительные материалы*, 2016.– №3(735).– С.79–81., ВАК.
2. Казьмина О.В. Верецагин В.И. Абьяка А.Н. Расширение сырьевой базы для производства пенокристаллических материалов // *Строительные материалы*, 2009.– №7.– С.54–56.
3. Казанцева Л.К., Железнов Д.В., Сереткин Ю.В., Ращенко С.В. Формирование источника порообразующего газа при увлажнении природных алюмосиликатов раствором NaOH. *Стекло и керамика*, 2012.– №10.– С.37–42.