

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИАЛОНА (SiAlON) В МАШИНОСТРОЕНИИ.

В.А. Власов¹, д. физ.-мат. наук, профессор,

А.А. Клопотов¹, д. физ.-мат. наук, профессор.

К.А. Безухов¹, аспирант, Ю.С. Саркисов¹, д.т.н., профессор,

Ю.А. Власов¹, д.т.н., профессор, Е.В. Николаев², к.т.н., научный сотрудник,

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,

634003, г. Томск, пл. Соляная, 2,

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

тел. 8(953)-924-32-18

E-mail: bezuhov_k@mail.ru

Разработчики двигателей внутреннего сгорания (ДВС) транспортно-технологических машин постоянно находятся в поиске новых и альтернативных материалов, которые можно использовать для улучшения характеристик ДВС. К альтернативным материалам относят керамику, которая привлекает внимание разработчиков ДВС [1]. Использование керамики для двигателей сильно зависит от ее особых свойств. Так, в работе [2] было рассмотрено использование керамики в газовых турбинах и ДВС. Такой альтернативной керамикой являются материалы на основе сиалона. SiAlON, представляет собой материал на основе оксинитрида кремния и алюминия, имеющие широкий спектр технических применений, от режущих инструментов до специальных огнеупоров и деталей, используемых в машиностроении. Наиболее часто встречающиеся формы сиалоны имеют политипы: β -SiAlON со структурой $\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$, (где $z = 0-4$). O' - SiAlON, $\text{Si}_{2-x}\text{Al}_x\text{O}_{1+x}\text{N}_{2-x}$, (где $x = 0-0.4$). X - SiAlON, который номинально имеет формулу $\text{Si}_{12}\text{Al}_{18}\text{O}_{39}\text{N}_8$. α -SiAlON, фаза, образована в присутствии стабилизирующего иона металла (Mg, Y или Ca) [3]. α и β -SiAlON, идеально совмещаются друг с другом, и могут быть изготовлены с различным соотношением смесей оксидных и нитридных порошков [4]. Двухфазный керамический материал β -SiAlON с формулой $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{Si}_z\text{O}_{12z}\text{N}_4$, где $z = 4$, перспективен для изготовления деталей тепловых двигателей [5]. Спеченный β -SiAlON плотностью $3,23 \text{ г/см}^3$, прочностью при изгибе 600 МПа при 1200 °С и трещиностойкостью $5,8 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{0,5}$ используется в автомобильных двигателях, газовых турбинах, прижимных роликах [6].

В данной работе представлены результаты исследования методами дифференциально сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрического анализа (ТГА) продуктов плазмохимического синтеза смеси порошков Si_3N_4 и AlN .

Исследования проводили на двух группах образцов. Первая группа образцов получена в результате брикетирования порошков исходной материальной смеси. Вторая группа содержала образцы после термохимического синтеза в результате воздействия низкотемпературной плазмой.

В работе [7] подробно представлены материалы и методы исследования сиалоновой керамики, полученной при помощи плазмохимического синтеза. Методом РФА установлено, что использование низкотемпературной плазмы позволяет получить β -SiAlON состава AlN_7OSi_5 ($\text{Si}_{6-z}\text{Al}_z\text{O}_z\text{N}_{8-z}$, где $z = 0-4$).

Нагрев всех образцов происходил от 45 до 1400 °С, со скоростью 15 °С/мин, в атмосфере азота. На рис.1 представлены результаты ДСК и ТГА для исходного образца *а* и после плазменного воздействия *б*. На рис.1 *а*, на кривой ДСК, наблюдается один эндотермический пик при температуре ≈ 400 °С. Появление этого пика сопровождается потерей массы на кривой ТГА. Это обусловлено дегидратацией и удалением продуктов мочевины, которая начала диссоциировать на газы в районе 380 °С. Также обоснование этого пика связано с присоединением двух молекул кремния и кислорода к связующему компоненту жидкого стекла Na_2SiO_3 с образованием $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$.

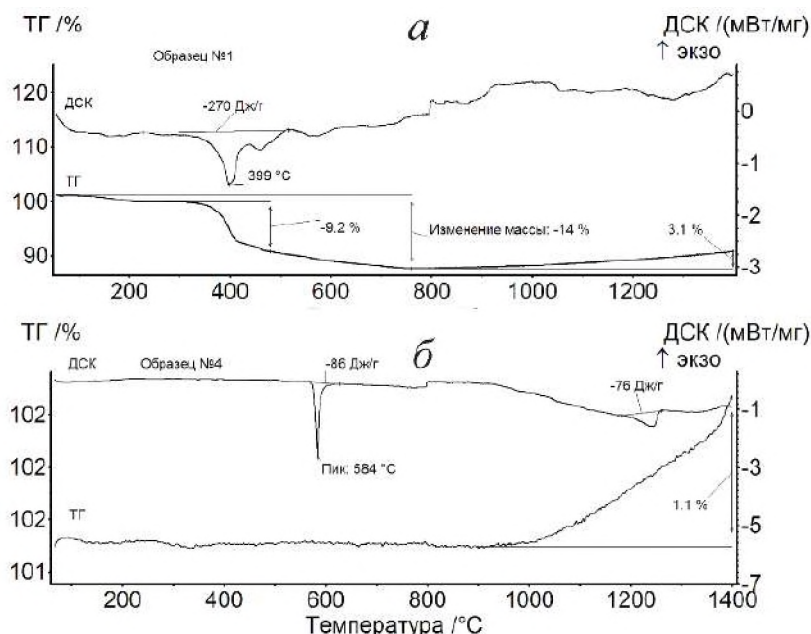


Рис.1 ДСК и ТГА образца до высокотемпературного воздействия *а* и после воздействия низкотемпературной плазмой *б*

На, рис.1 *б*, на кривой ДСК наблюдается два эндотермических пика при $t = 584\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $1210\text{ }^{\circ}\text{C}$. Энергия необходимая для протекания этих эндотермических реакций небольшая. Наличие двух пиков на образцах после плазмохимического синтеза свидетельствуют об образовании метастабильных соединений в результатах термохимических реакций.

Проведенные исследования ДСК и ТГА образцов после термохимического синтеза были проведены с целью изучения и доказательства полноты прошедших реакций и стабильности продуктов синтеза. В результате установлено, что плазмохимическое воздействие на смеси порошков Si_3N_4 и AlN позволяет получить многофазную смесь из стабильного $\beta\text{-SiAlON}$ и метастабильной фазы. Определение структуры метастабильной фазы требует проведения дальнейших исследований. Проведенные исследования открывают широкие возможности применения различных форм сиалона для решения триботехнических проблем пар трения, а также других узлов и механизмов, используемых в машиностроении.

Список литературы:

1. J.F.Tovel. Ceramics and the reciprocating internal combustion engine. V.5, I.5, 1984, 215–220 pp.
- 2.RoyKamo. Adiabatic diesel-engine technology in future Energy. V.12, I. 10–11, 1987, 1073-1080 pp.
- 3.Kenneth J.D. MacKenziea, Jadambaa Temuujinb, et al. Mechanochemical processing of sialon compositions. J. Eur. Ceram. Soc. 23 (2003) 1069–1082 pp.
- 4.Cao G. Z, Metselaar R. α -sialon ceramics. J. Am. Ceram. Soc. 1988. V. 9, № 7. 186 p.
- 5.Spade C. J., Jameel N. S., Thompson D. P. The fabrication of two phase β -sialon. Ceram. Compon. Engines.1986. 343–349 pp.
- 6.Wills Roger R., Southam Robert E. J. Amer. Ceram. Soc. V.72, № 7. 1989. 1261–1264 pp.
- 7.Безухов К.А., Клопотов А.А., Волокитин Г.Г. Плазмохимический синтез сиалоновой керамики. XIX Международная конференция «Перспективы развития фундаментальных наук», Том 2. 2022 г.