

УДК 620.193.4

Совместимость полимерных материалов 3Д печати, наполненных металлическими порошками с высококонцентрированным пероксидом водорода

Глушко Алексей Николаевич^{1,2}

167311@gmail.com

SPIN-код: 3622-4235

Гогуев Николай Сергеевич^{1,3}

n.goguev@russian.space

SPIN-код: 3426-2634

¹ Филиал АО «ЦЭНКИ» — НПЦ КРТ, Москва, Россия² ИФХЭ РАН им. А.Н. Фрумкина, Москва, Россия³ АО «ГНИИХТЭОС», Москва, Россия

Аннотация. С развитием современных технологий ракетно-космической отрасли, исследование материалов, применяющихся в аддитивном производстве, на совместимость с растворами высококонцентрированного пероксида водорода является перспективным направлением. В данной работе рассмотрена химическая совместимость высококонцентрированного пероксида водорода и полимерных материалов, полученных с применением аддитивных технологий, наполненных металлическими порошками.

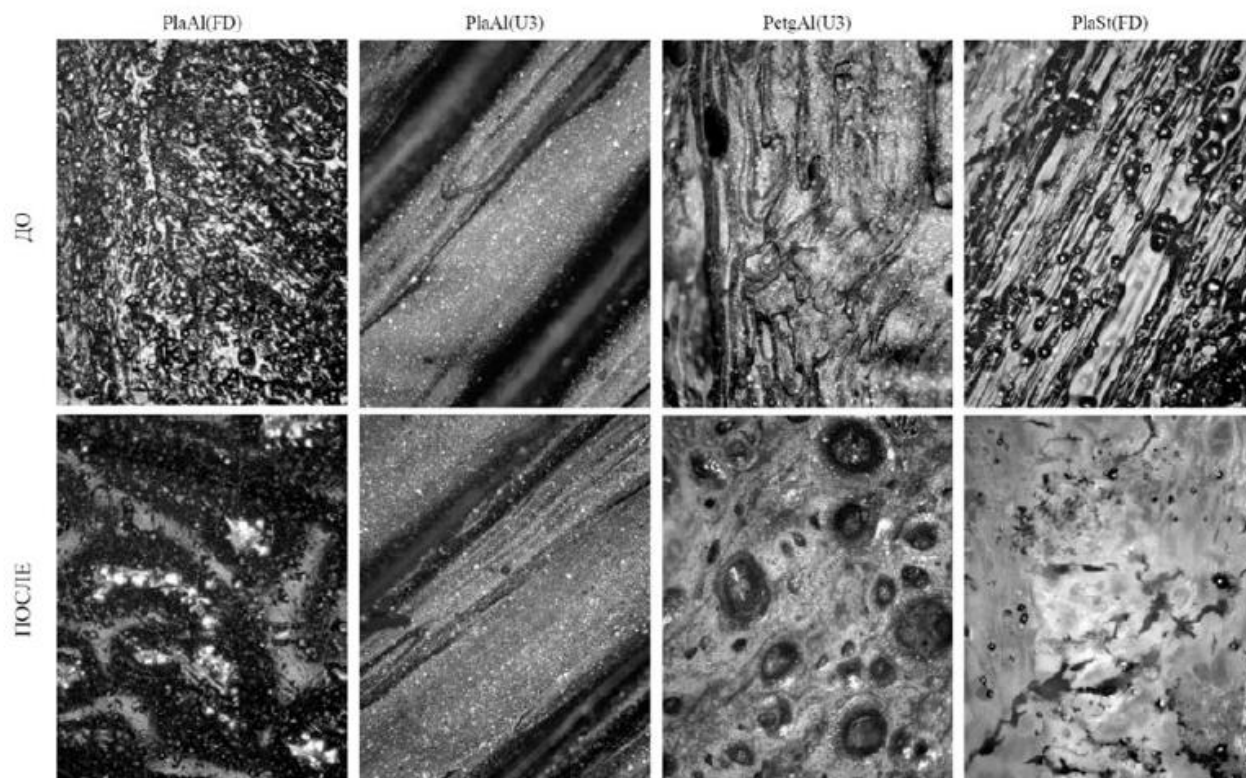
Ключевые слова: пероксид водорода, ракетное топливо, аддитивные технологии

Введение. В последнее десятилетие наблюдается большой интерес к разработке экологически-чистых («зеленых») двигательных установок для ракетно-космической техники. Основным преимуществом этих альтернативных видов топлива является значительная экономия затрат, связанная с резким упрощением процедур охраны здоровья и техники безопасности, необходимых при производстве, хранении и обращении с топливом. Одним из таких перспективных «зеленых» топлив являются высококонцентрированные растворы пероксида водорода, получившего свое распространение как компонент ракетного топлива благодаря его низкой токсичности, высокому удельному импульсу и повышенной универсальности за счет выделения парогаса при разложении [1]. В РФ применяют пероксид водорода по ГОСТ Р 50632-93 [2]. Высококонцентрированный пероксид водорода может применяться, как окислитель в двухкомпонентных жидкостных двигательных установках [3], гибридных жидкостных или гиперголических жидкостных ракетных двигателях [4], а также как рабочее тело для получения газообразных продуктов и приведения в движение турбонасосного агрегата.

Методы и материалы, результаты.

Для исследования химической стойкости были взяты коммерчески доступные в РФ композитные материалы (производства U3Print и FDPlast) на основе полилактида (ПЛА, PLA) и полиэтилентерефталатгликоля (ПЭТГ,

Petg), с добавлением в их состав около 30 % мелкодисперсной пудры алюминия (Al) или стали (St). Образцы исследуемых полимерных материалов были напечатаны на FDM 3D-принтере по 3D-модели в виде квадратных пластинок с размерами 10×10×1 мм. Все исследованные образцы были выдержаны в высококонцентрированном перексиде водорода в течении 35 дней, с соотношением $V/S = 10,5$. Перед помещением образцов в раствор они были обезжирены, вымыты и высушены. До и после выдержки в растворе высококонцентрированного пероксида водорода были измерены физические параметры образцов, также была изучена их поверхность на металлографическом микроскопе, снимки с микроскопа представлены на рисунке. Пероксид водорода был исследован на изменение химического состава до, во время и после выдержки полимеров с применением ионной хроматографии, общего органического углерода, цифрового денсиметра, оптико-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой.



Образцы металлонаполненных полимерных материалов под микроскопом при двадцатикратном увеличении до и после выдержки в высококонцентрированном перексиде водорода

Для образца PlaAl(FD) снижение концентрации пероксида водорода составило 1 %/мес., а для образца PlaAl(U3) снижение концентрации составило 1,4 %/мес., при этом для образца PetgAl(U3) снижение концентрации составляет 1,46 %/мес. Наибольшее разложение раствора пероксида наблюдается

для образца PlaSt(FD), где снижение концентрации составляет около 14 %/мес.

Заключение. Из всех металлонаполненных полимерных материалов наибольшей устойчивостью и совместимостью в контакте с высококонцентрированным пероксидом водорода обладает состав PlaAl(FD). Наибольшее значение для совместимости образцов полимерных материалов имеет природа применяемого металлического наполнителя. Аддитивные материалы, созданные на основе полилактида и полиэтилентерефталатгликоля, в части полимерной основы, будут иметь сопоставимый вклад в совместимость с высококонцентрированным пероксидом водорода.

Список источников

- [1] Guseinov S.L., Fedorov S.G., Kosykh V.A. et al. Hypergolic propellants based on hydrogen peroxide and organic compounds: historical aspect and current state. *Russ Chem Bull*, 2018, vol. 67, pp. 1943–1954. <https://doi.org/10.1007/s11172-018-2314-1>
- [2] ГОСТ Р 50632–93. *Водорода пероксид высококонцентрированный технические условия*. Москва, Госстандарт России, 1994.
- [3] Чудина Ю.С., Боровик И.Н., Козлов А.А., Богачева Д.Ю., Воробьев А.Г., Заранкевич И.А., Ташев В.П., Казеннов И.С. Экспериментальное исследование характеристик ЖРД тягой 500 Н на топливе керосин-ВПВ. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2014, № 4 (97), с. 83–98.
- [4] Glivin G., Sreeja V. Development of hydrogen peroxide based propellant systems for increasing energy efficiency. *IEEE Xplore*, 2020. <https://doi.org/10.1109/ICRAECC43874.2019.8995108>.