

## ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ КОСМОСА: ВЫСОКАЯ ТЕМПЕРАТУРА

Смелов В.Г., Митрянин А.В.,

Самарский университет, г. Самара, [aleksander.mitryanin@yandex.ru](mailto:aleksander.mitryanin@yandex.ru)

*Ключевые слова: титановые сплавы, компоненты аэрокосмической техники, аддитивные технологии, высокие температуры эксплуатации.*

Уникальная гибкость дизайна, предлагаемая аддитивными технологиями (АТ), позволяет производить компоненты аэрокосмической техники без оглядки на технологические ограничения традиционных субтрактивных (вычитающих) технологий, сосредоточившись на создании оптимизированных конструкций новой техники.

Целью работы является систематизация имеющихся данных из различных исследований [1,2] о механических свойствах титанового сплава ВТ6 (Ti-6Al-4V), созданного методом АТ, в условиях высоких температур (до 600°C). По результатам выбрана подходящая методика определения мехсвойств сплава ВТ6 при низких температурах космоса (-125°C) и интеграция их в уже имеющиеся методики исследований.

Одним из самых применяемых сплавов титана в аэрокосмической сфере является сплав ВТ6 (Ti-6Al-4V), сочетающий в себе оптимальные свойства прочности и пластичности [1]. Сплав является стандартизованным и наиболее применяемым титановым сплавом для АТ [1,2]. Титан имеет прекрасную электрохимическую совместимость с углеродным волокном. Имея значительно более низкий коэффициент теплового расширения, чем алюминий и сталь, титан является исключительным материалом в составе композитных несущих конструкций космических аппаратов (КА). Пример подобного применения титановых элементов в составе КА показан на рис. 1 [3].

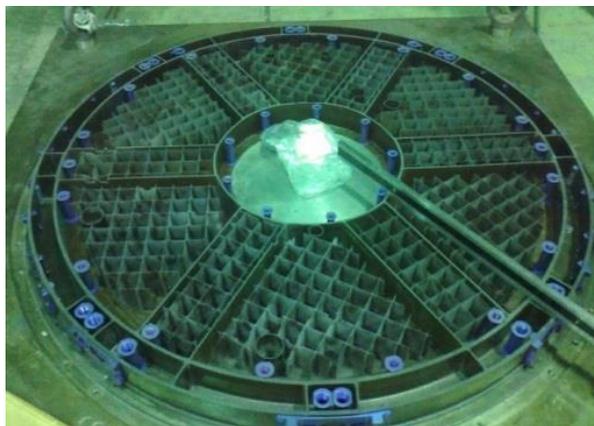


Рис.1 – Титановые элементы (синим цветом) в составе конструкции платформы главного зеркала и узла фокального КА [3]

При больших температурных диапазонах работы космической техники (от -125°C до +125°C) более высокий коэффициент теплового расширения стали или алюминия будет сильно отличаться от композита и может привести к искажению или даже разрыву компонентов.

Исследование теплового воздействия космоса (температурного удара) [4] на упругие элементы КА, такие как батареи солнечные (БС), указывают на актуальность снижения массы БС для снижения нежелательных микроускорений КА в процессе перехода тень-солнце. А возрастающие потребности в энергопотреблении КА ограничены проблемой весовой оптимизации конструкции БС. В составе каркаса БС КА «Бион-М» присутствует номенклатура крепежных элементов из сплава ВТ14 [5] (видим синим цветом на рис. 2 [3]). Элементы

являются нетехнологичными тонкостенными кронштейнами, а изготовление именно таких частей методом АТ является эффективным использованием технологии [2].



Рис.2 – Титановые элементы (синим цветом) в составе конструкции каркаса БС КА [3]

В результате, по выбранной методике в дальнейшем будут произведены экспериментальные исследования и получен спектр механических свойств напечатанного сплава ВТ6 (Ti-6Al-4V) в диапазоне температур открытого космоса от  $-125^{\circ}\text{C}$  до  $+600^{\circ}\text{C}$ . Будет получена зависимость механических свойств сплава ВТ6 от режимов построения и температур эксплуатации для принятия решения о возможности его применения.

### Список литературы

1. Viespoli L. M. et al. Creep and high temperature fatigue performance of as build selective laser melted Ti-based 6Al-4V titanium alloy // *Engineering Failure Analysis*. 2020. Т. 111. С. 104–477.
2. Li P. H. et al. Thermomechanical response of 3D laser-deposited Ti-6Al-4V alloy over a wide range of strain rates and temperatures // *Materials Science and Engineering: A*. 2015. Т. 647. С. 34–42.
3. Сайт ООО «Специальное Конструкторско-Технологическое Бюро «Пластик». [Сызрань], 2021. URL: <http://www.sktb-plastik.ru/> (Дата обращения: 12.04.2021).
4. Седелников А.В., Юдинцев В.В. Оценка влияния температурных деформаций упругих элементов космической лаборатории на поле микроускорений ее внутренней среды // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2011. Т. 13. №1–2.
5. Галиновский А.Л. и др. Проектирование каркасов солнечных батарей интегрального типа из углепластика для космического аппарата // *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. 2019. №12(717).

Сведения об авторах

Смелов Виталий Геннадиевич, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: технологии производства ГТД, аддитивные технологии.

Митрянин Александр Валерьевич, аспирант. Область научных интересов: технологии.

## APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN SPACE TEMPERATURE CONDITIONS: HIGH TEMPERATURE

Smelov V.G., Mitryanin A.V.

Samara National Research University, Samara, Russia, [aleksander.mitryanin@yandex.ru](mailto:aleksander.mitryanin@yandex.ru)

*Keywords: titanium alloys, aerospace components, additive technologies, high operating temperatures.*

The purpose of the work is to systematize data from studies on the mechanical properties of titanium at high temperatures.