
СЕКЦИЯ №1

КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И ПРИБОРЫ

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К БОРТОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБОРУДОВАНИЮ И МАТЕРИАЛАМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Алексеев А.Н., Донцов Ю.В.

Научный руководитель: Ляпков А.А., доцент, к.х.н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

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

E-mail: tganton@tpu.ru

SPECIFIC REQUIREMENTS FOR ON-BOARD PROCESS EQUIPMENT AND MATERIALS ADDITIVE TECHNOLOGIES FOR SPACE APPLICATIONS

Alexeev A.N., Donzov U.V.

Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. Lyapkov A.A.

Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: tganton@tpu.ru

Развитие техники освоения космического пространства выявило пределы подхода, при котором все необходимые в космосе предметы доставляются с Земли в готовом виде. Возникла проблема – земные технологии не пригодны для производства изделий на борту космических аппаратов и в открытом космосе. Это привело к необходимости начала работ по созданию технологий (космического производства), делающих возможным изготовление деталей, конструкций, инструментов, приспособлений и т.п. непосредственно на борту космического аппарата (КА), а в будущем на внешней поверхности КА и в открытом космическом пространстве. В данной статье раскрываются специфические требования, которые космическое производство предъявляет к оборудованию и материалам, которые будут использованы для осуществления технологических процессов, проводимых на борту космических аппаратов, включая Международную Космическую Станцию.

Development of technology of space exploration has revealed the limits of approach, in which all the necessary objects in space from Earth are delivered ready to use. There was a problem-Earth technologies are not suitable for the manufacture of products on board spacecraft and in outer space. This led to the need to begin work on the creation of technologies (space industry), make possible the manufacture of parts, designs, tools, appliances, etc. directly on Board of spacecraft and in the future, on the outer surface of the spacecraft and in outer space. This article elaborates on the specific requirements that space to production equipment and materials that will be used for the implementation of the technological processes, conducted aboard the spacecraft, including the international space station.

Непрерывно растущее значение для науки и техники освоения космического пространства привело к необходимости начала работ по созданию технологий, делающих возможным создание деталей, конструкций, инструментов, приспособлений и т.п. непосредственно на борту космического аппарата (КА) и, в будущем, на внешней поверхности КА и в открытом космическом пространстве – космическое производство (КП).

Типичный пример, обосновывающий потребность в космическом производстве - создание крупногабаритных конструкций. Очевидно, что в случае изготовления такой конструкции на Земле во время вывода на орбиту она подвергнется воздействию сил стартовых перегрузок, которые на порядки превысят силы, которые та же конструкция будет воспринимать, выполняя свои полезные функции в космическом пространстве. Таким образом, стартовые перегрузки вынуждают серьезно перетяжелить габаритные конструкции, а вывод крупногабаритных конструкций целиком делают невозможным.

Для обхода этого ограничения в 70-е годы прошлого века фирмой Grumann (США) была предложена машина, которая в случае своей реализации смогла бы изготавливать длинномерные фермы для

КА непосредственно на орбите, используя доставленный с Земли ленточный препрег на основе высокопрочных угленитей и радиационно-стойкого термопластичного связующего (полиэфирсульфона).

Работающие вне обитаемых отсеков КА пултрузионные, намоточные и иные крупногабаритные машины являются важнейшим применением методов космического производства, но для создания их требуются НИОКР, объектами которых будут бортовые установки КП, работающие, в том числе и в обитаемых отсеках КА.

Начало НИОКР по бортовым установкам КП было положено фирмой Made In Space, Inc., создавшей и испытывшей на орбите Zero-G Printer [2].

Данный принтер продемонстрировал печать на борту МКС калиброванным прутком АБС-пластика с разрешением 200мкм. На рисунке 2 представлен общий вид данного принтера, в частности виден модуль управления, вынесенный в отдельный блок. Печать Zero-G Printer на борту МКС осуществлял в изолирующем боксе.

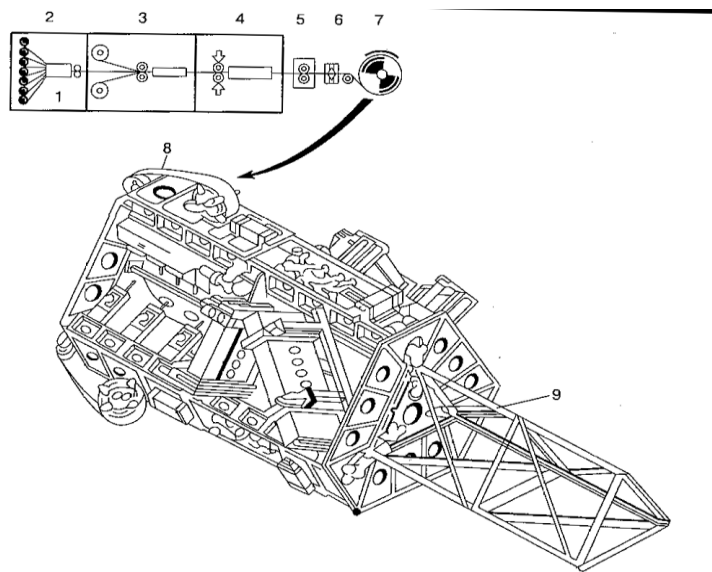


Рис. 1. Пултрузионная машина (фирма Grumann, США) для формования в космосе изделий из материалов на основе углеродных волокон и полиэфирсульфона [1, стр.276] 1 – углеродные волокна, 2 – изготовление армирующей ленты, 3 – покрытие и пропитка полимером, 4 – отвердевание (стеклование связующего), 5 – вальцевание, 6 – контрольное устройство, 7 – намотка бобины, 8 – препрег, 9- готовое изделие

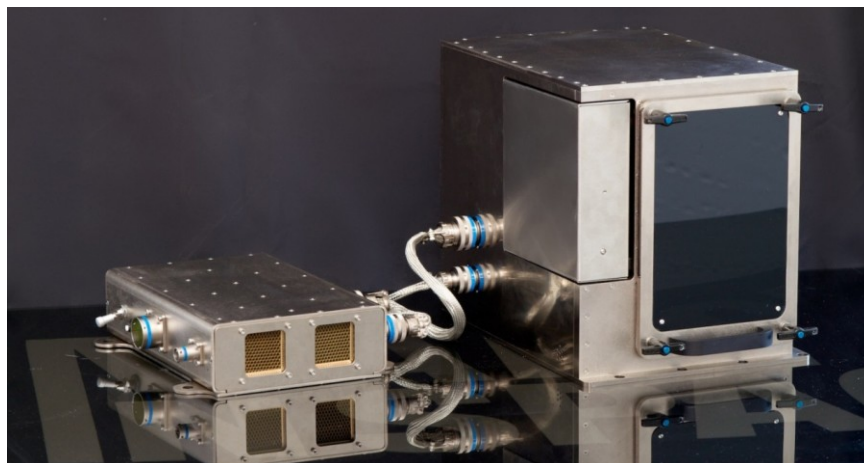


Рис. 2.

Пример, применения КП такого рода – оперативное изготовление инструментов, потребность в которых невозможно предвидеть заранее (за несколько месяцев). В настоящее время для получения такого инструмента приходится ждать следующий «Прогресс».

Рассмотрим специфические требования к этому актуальному классу бортовых установок. Эти требования разделим на две группы – обязательные и факультативные.

Обязательные требования к бортовым технологическим установкам космического производства.

Важнейшее свойство установки, работающей в ограниченном обитаемом объеме КА – безопасность, которая складывается из специфических пожарных и химических требований.

Пожарная безопасность связана с особой опасностью открытого пламени в условиях невесомости, быстрым и труднопредсказуемым распространением огня, трудностями эвакуации и огнетушения.

Химическая безопасность. Условия обитаемого КА накладывают жёсткие ограничения на содержание и выделение вредных или опасных химических веществ. Отсутствие аварийного сброса из обитаемого объёма КА заставляет исключать даже малейшую возможность попадания таких веществ в обитаемый объём.

Прочность и вибростойкость установки диктуется, в основном, нагрузками на этапе выведения.

Габариты оборудования и расходных материалов определяются габаритами транспортного КА типа «Прогресс» и люка его стыковочного узла. На данном этапе это ограничение не представляется важным для создаваемых установок.

Надёжность. Любой ремонт на орбите многократно сложнее и дороже наземного.

Радиационная стойкость. В настоящее время можно предположить, что большая часть установок КП будет испытываться на низких орбитах, под защитой магнитного поля Земли, что несколько снижает требования.

Исключение разлёта частиц [3]. В условиях Земли просыпанный порошок или гранулы полимера неприятны, но обычно не опасны. В условиях невесомости они могут быть опасны и для людей, и для оборудования КА.

Энергоёмкость (теплоотвод). Поскольку в космическом пространстве отсутствуют материальные потоки, которым можно эффективно передавать тепло, приходится использовать малопроизводительный способ теплоотвода – рассеивание излучением. В связи с этим теплоотвод определяет возможную длительность работы установки, накладывая ограничения на её мощность. На данный момент актуальны установки КП, с максимальной длительной мощностью порядка сотен Ватт. На практике это ограничение является одним из самых серьёзных для технологических процессов КП, проводимых в обитаемых отсеках КА, и сильно сужает круг доступных для бортовой технологии материалов и техпроцессов.

Факультативные требования к бортовым технологическим установкам космического производства.

Минимизация шума и вибраций, производимых установкой. В замкнутом пространстве обитаемых КА, в течение длительного времени, воздействие шума на человека усугубляется. Необходимы специальные меры по борьбе с шумом, например, тихходные вентиляторы и открытопористые звукопоглощающие материалы.

Расширенный температурный диапазон позволит производить испытание установки не только в обитаемых отсеках, но и вне их. Это приблизит к созданию установок КП, работающих в открытом космосе.

Минимальные отходы и неиспользуемый вес. В связи с дороговизной доставки необходимо стремиться к максимально полному использованию сырья в КП. В связи с этим нежелательно использовать антиадгезионные подложки, растворители и т.п.

Герметичная рабочая камера. Позволяет отказаться от изолирующих боксов и т.п. громоздких и дорогих решений.

Требования к материалам для космического производства.

Высокая удельная прочность и жёсткость (экономия выводимого веса).

Низкое тепловыделение в процессе переработки в изделия.

Низкий выход летучих веществ в процессе хранения, изготовления изделия и из готового изделия.

Отсутствие запаха в готовых изделиях или очень слабый запах.



Рис. 3. Пример армированного арамидной нитью образца, напечатанного экструзионным методом

Выводы и их практическое приложение.

Анализ вышеперечисленных требований позволил начать работы по подготовке к эскизному проектированию бортовой установки КП со следующими входными данными:

- Метод изготовления изделий – аддитивное экструзионное производство (3D-печать) с использованием шнекового экструдера.
- Материал готовых изделий – термопластичный непрерывноармированный высокопрочной нитью композит.
- Способ дозирования термопластичного связующего – подачей круглого калиброванного прутка.
- Герметичная рабочая камера - корпус несущего типа с функциями шумоизоляции, электромагнитного экранирования и системой поддержания состава атмосферы.
- Дублированная система управления повышенной надёжности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлин Ю.А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы - Санкт-Петербург: Профессия, 2006. - 624с.
2. Zero-Gravity 3D Printer [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.madeinspace.us/projects/3dp/>, свободный.
3. Российский сегмент МКС. Справочник пользователя. Корпоративный сайт / Ракетно-космическая корпорация «Энергия» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.energia.ru/ru/iss/researches/iss_rs_guide.pdf, свободный.