

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
институт
Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2022 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
«Совершенствование технологии изготовления
корпуса волновода космического аппарата методом гальванопластики»
тема

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
код и наименование направления

15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	_____	профессор МБК ПФиКТ д-р техн. наук, профессор _____	<u>А.К. Шатров</u> _____
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>А.С. Жильский</u> _____
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	инженер-технолог 1 кат. цеха 053 АО «ИСС» _____	<u>В.И. Цыбышев</u> _____
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____	профессор МБК ПФиКТ д-р техн. наук, доцент _____	<u>В.Е. Чеботарев</u> _____
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия

Красноярск 2022

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
институт
Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2022 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Студенту: Жильскому Александру Сергеевичу.

Группа: МТ20-04М.

Направление: 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Тема магистерской диссертации (МД): «Совершенствование технологии изготовления корпуса волновода космического аппарата методом гальванопластики».

Утверждена приказом по университету от 15.03.2022 № 4108/с

Руководитель МД: д-р техн. наук, профессор, профессор МБК «Прикладная физика и космические технологии» Александр Константинович Шатров.

Исходные данные для МД: анализ конструкции изготавливаемого корпуса волновода. Анализ имеющегося технологического процесса получения медных волноводов методом гальванопластики и поиск путей его усовершенствования.

Перечень разделов МД:

1 Применение волноводов в составе космического аппарата.

2 Технология гальванопластики и ее применение в производстве волноводов.

3 Совершенствование технологии гальванопластики для корпуса волновода сложной конфигурации.

Перечень графического материала представлен в виде слайдов презентации в количестве 16 штук.

Руководитель ВКР

подпись

А.К. Шатров

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

А.С. Жильский

инициалы и фамилия

« ____ » _____ 2022 г.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация на тему: «Совершенствование технологии изготовления корпуса волновода космического аппарата методом гальванопластики» содержит 71 страниц текстового документа, 14 использованных источников, 7 таблиц и 35 иллюстраций.

ВОЛНОВОД, ГАЛЬВАНОПЛАСТИКА, ГАЛЬВАНОТЕХНИКА, БОРТОВОЙ РЕТРАНСЛЯЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС

Объектом исследования является корпус устройства волноводного тракта космического аппарата.

Цель данной работы состоит в усовершенствовании технологии гальванопластики для изготовления корпуса волновода сложной конфигурации и интенсификации процесса осаждения металла с целью сокращения времени изготовления деталей.

Для достижения поставленной цели основными задачами являются:

- изучить предметную область;
- разработать и изготовить формообразующую оснастку;
- отработать процесс электроосаждения меди с применением улучшенного электролита;
- отработать усовершенствованную технологические решения на практике.

Актуальность диссертационной работы заключается в обеспечении производства цельных высокоточных волноводных корпусов со сложной конфигурацией внутренних каналов для фидерного тракта космического аппарата.

Практическая значимость:

- разработанная формообразующая оснастка позволит получать корпусные детали сложной конфигурации внутренних каналов для волноводного тракта КА методом гальванопластики;
- усовершенствованный состав электролита меднения позволяет в разы ускорить процесс осаждения толстых слоев металла, при этом полученный осадок имеет более высокие механические характеристики по сравнению с требуемыми.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Применение волноводов в составе космического аппарата.....	8
1.1 Анализ конструкции космического аппарата.....	8
1.2 Спутниковая аппаратура связи и спутниковые радиолинии.....	11
1.2.1 Классификация частотного плана.....	12
1.3 Антенно-фидерные устройства космического аппарата.....	13
1.4 Назначение и состав волноводного тракта.....	14
1.5 Технологическая классификация элементов волноводного тракта ...	16
1.6 Обзор конструкции и характеристик изготавливаемой детали.....	18
2 Технология гальванопластики и ее применение в производстве волноводов.....	21
2.1 Общие сведения.....	21
2.2 Формы в гальванопластике.....	22
2.2.1 Постоянные формы.....	26
2.2.2 Разрушаемые формы.....	27
2.3 Подготовка металлических форм перед электроформованием.....	29
2.4 Электролиты меднения и требования к ним.....	30
2.4.1 Требования к электролитам.....	30
2.4.2 Кислые электролиты.....	31
2.4.3 Щелочные электролиты.....	33
2.4.4 Сравнение электролитов меднения.....	34
2.5 Электроформование.....	35
2.5 Отделение готового изделия от формы.....	36
2.6 Технологическое оборудование и оснастка.....	36
2.7 Общие требования к конструкции изделия.....	36
2.8 Требования при изготовлении волноводов.....	37
2.8.1 Требования к моделям и арматуре для волноводов.....	38
2.8.2 Требования к волноводам.....	39
2.9 Анализ других технологий изготовления волноводных корпусов.....	39
2.9.1 Изготовление корпусов механической обработкой.....	39
2.9.2 Изготовление корпусов пайкой и сваркой.....	40
2.9.3 Изготовление корпусов волноводов точным литьем.....	42
2.9.4 Сравнение методов изготовления волноводных корпусов.....	43
2.10 Типовая технология изготовления волновода методом гальванопластики.....	44
3 Совершенствование технологии гальванопластики для корпуса волновода сложной конфигурации.....	47
3.2 Разработка и изготовление формообразующей оснастки.....	48
3.2.1 Изготовление пластин.....	50
3.2.2 Меднение и обработка пластины с арматурой.....	53
3.2.3 Окончательная обработка и сборка формы.....	54
3.2.4 Промежуточные операции.....	56

3.2.5 Контроль геометрических размеров и параметров шероховатости.....	57
3.3 Совершенствование и испытание электролита меднения	59
3.4 Результаты внедрения.....	67
Заключение.....	69
Список сокращений.....	70
Список использованных источников.....	71

ВВЕДЕНИЕ

Разработка космического аппарата (КА) – это сложный многоэтапный процесс, результативность которого во многом обусловлена качеством проектирования и технологических решений, применяемых при изготовлении деталей и сборочных единиц, входящих в состав аппарата.

КА обеспечивает в составе многофункциональной космической системы круглосуточный прием и передачу информации с целью информационного обмена между различными абонентами на Земле и другими КА, ретрансляцию информации от наземных абонентов гидрометеорологической системы сбора и передачи данных. Спутниковая аппаратура связи состоит из двух основных компонентов: бортового ретранслятора и антенно-фидерного устройства (АФУ).

АФУ КА являются важнейшим элементом для передачи сигналов в системах радиосвязи, радиовещания, телевидения, а также других радиотехнических системах, использующих для передачи информации свободное распространение радиоволн с зоны Земли в космическое пространство. Эти устройства являются высокочастотными элементами и состоят из антенн и линий передачи (фидерных трактов), включающих в себя узлы коммутации и распределения электромагнитной энергии (переключатели, сумматоры, поляризаторы) и узлы селекции по частоте и поляризации (фильтры). Хотя антенна и фидер и являются самостоятельными элементами, их характеристики сильно взаимосвязаны и их рассматривают как единое целое.

Фидер - линии передачи и вспомогательные устройства, с помощью которых энергия радиочастотного сигнала подводится от радиопередатчика к антенне или от антенны к радиоприемнику. В качестве фидера в систему АФУ в КА применяются волноводы и волноводные тракты. Волновод - металлическая трубка, предназначенная для передачи энергии электромагнитных волн диапазонов сверхвысоких частот (СВЧ).

Элементы передающих линий могут иметь весьма сложные формы, а в случае применения в составе КА должны иметь минимально возможный вес. К тому же, с увеличением рабочих частот ретрансляторов поперечное сечение каналов передающей линии уменьшается. Следовательно, к выбору технологии их изготовления подходят весьма тщательно. Нужно обеспечить высокую точность и низкую шероховатость токоведущих поверхностей для обеспечения высоких радиотехнических характеристик.

Для получения деталей СВЧ применяют различные технологические решения, такие как: литье, пайка, сварка, механическая обработка, гальванопластика и в последнее время отрабатывают аддитивные технологии. Для некоторых изделий, имеющих малые размеры и сложные конфигурации внутренних полостей вкуче с жесткими допусками гальванопластика является безальтернативным методом изготовления. Поэтому необходимо постоянно следить за достижениями современной химии, электротехники

материаловедения и машиностроения для совершенствования технологии с целью получения высококачественной продукции для космической техники.

[Изъяты 1-3 главы, стр. 8-68]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе магистерской работы была детально рассмотрена технология гальванопластики, в том числе: типы форм и материалы, применяемы при изготовлении моделей, типы и составы электролитов меднения, процесс подготовки форм и особенности электроосаждения металла. Рассмотрена типовая технология, применяемая на предприятии с целью определения этапов, подвергаемых корректировке.

Был проведен краткий обзор конструкции КА, а именно состава модуля полезной нагрузки в который входят бортовой ретранслятор и антенно-фидерные устройства с целью определения общих технологических классификационных признаков элементов волноводного тракта и управляющих элементов передающих линий. Рассмотрены некоторые технологические решения, применяемые при изготовлении волноводных корпусов, проведен сравнительный анализ.

По результатам работы была разработана формообразующая оснастка разового использования из алюминиевого сплава, для нее составлен технологический процесс изготовления, с промежуточным применением метода гальванического наращивания с целью получения арматуры, которая впоследствии станет частью готовой детали. Изготовленная форма позволяет получить монолитный волноводный корпус сложной конфигурации внутренних полостей, соответствующий требованиям КД.

Для сокращения времени наращивания меди на форму в процессе электроформования с обеспечением требуемых механических свойств осаждаемого металла был составлен и опробован улучшенный сернокислый электролит меднения с применением специальных добавок. Полученный электролит позволяет работать с более высокой плотностью тока, что уменьшило время наращивания примерно в 3 раза. Также были получены положительные механические характеристики, соответствующие требованиям стандарта на металл.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АФУ – антенно-фидерные устройства;
- БКС – бортовая кабельная сеть;
- БКУ – бортовой комплекс управления;
- БРТР – бортовой ретранслятор;
- ДУ – двигательная установка;
- КД – конструкторская документация;
- КИМ – контрольно-измерительная машина;
- КИС – контрольно-измерительная система;
- МГп – медь гальванопластическая;
- СВЧ – сверхвысокие частоты;
- СК – система коррекции;
- СОЖ – смазывающе-охлаждающие жидкости;
- СОС – система ориентации и стабилизации;
- СТР – система терморегулирования;
- СЭП – система электропитания;
- МНП – модуль полезной нагрузки;
- МСС – модуль служебных систем;
- ЧПУ – числовое программное управление.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Технология производства космических аппаратов : учебник для вузов / Н.А. Тестоедов [и др] – Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск : СибГАУ, 2009. – 352 с.–ISBN 978-5-86433-404-1.
- 2 Гушин, В.Н. Основы устройства космических аппаратов : учебник для вузов / В. Н. Гушин. – Москва : Машиностроение, 2003. – 272 с.–ISBN 5-217-01301-X.
- 3 Чеботарев, В.Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения : учеб. пособие / В. Е. Чеботарев, В. Е. Косненко. – Красноярск : Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т., 2011. – 488 с.–ISBN 978-5-86433-510-9.
- 4 Устройства СВЧ и антенны / Д.И. Воскресенский [и др]. 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Радиотехника, 2006. – 376 с.–ISBN 5-88070-086-0.
- 5 Фролов, О.П. Антенны и фидерные тракты для радиорелейных линий связи / О. П. Фролов – Москва : Радио и связь, 2001. – 416 с.– ISBN 5-256-01459-5.
- 6 Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ : учебник для вузов / И. В. Лебедев под редакцией академика Н. Д. Девяткова. – Москва: Высшая школа, 1970. – 440 с.
- 7 Вансовская, К.М. Промышленная гальванопластика / К.М. Вансовская, Г.А. Волянюк ; под редакцией П.М. Вячеславова. – Ленинград: Машиностроение, 1986. – 105 с.
- 8 Садаков, Г.А. Гальванопластика / Г.А. Садаков. - Москва: Машиностроение, 1987. – 288с.
- 9 Садаков, Г.А. Технология гальванопластики: справочное пособие / Г.А. Садаков, О.В. Семенчук, Ю.А. Филимонов. - Москва: Машиностроение, 1979. – 160с.
- 10 Казначей, Б.Я. Гальванопластика в промышленности / Б.Я. Казначей ; под редакцией Е.И. Регирера. – Москва: - Государственное издательство местной промышленности РСФСР, 1955.
- 11 Ажогин, Ф.Ф. Гальванотехника : справочное издание / Ф.Ф. Ажогин, М.А. беленький, И.Е. Галль [и др.]. – Москва: Металлургия, 1987. – 736 с.
- 12 Дасоян, М. А. Технология электрохимических покрытий: учеб. для средних специальных учебных заведений / М. А. Дасоян, И. Я. Пальмская, Е. В. Сахарова. – Ленинград: Машиностроение, 1989. – 391 с.–ISBN 5-217-00381-2.
- 13 Харвей, А.Ф. Техника сверхвысоких частот / А. Ф. Харвей – Москва: Советское радио, 1965. – 784 с.
- 14 Бушминский, И. П. Изготовление элементов конструкций СВЧ. Волноводы и волноводные устройства : учебное пособие для вузов / И. П. Бушминский. – Москва : Высшая школа, 1974. –304 с.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«**СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**»

Политехнический институт
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.Е. Косенко
подпись, инициалы, фамилия

« 23 » 06 2022 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Совершенствование технологии изготовления
корпуса волновода космического аппарата методом гальванопластики»
тема

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств»

код и наименование направления

15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»

код и наименование магистерской программы


Научный
руководитель


подпись, дата

профессор МБК ПФиКТ
д-р техн. наук, профессор
должность, ученая степень

А.К. Шатров
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

А.С. Жильский
инициалы, фамилия

Рецензент


подпись, дата

инженер-технолог 1 кат.
цеха 053 АО «ИСС»
должность, ученая степень

В.И. Цыбышев
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата

профессор МБК ПФиКТ
д-р техн. наук, доцент
должность, ученая степень

В.Е. Чеботарев
инициалы, фамилия

Красноярск 2022