

Лепихин Вячеслав Алексеевич, магистрант,
Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения,
г. Санкт-Петербург

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРПУСОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Аннотация: Корпуса для электроники изготавливаются из различных материалов. И не каждый из материалов способен удовлетворить требования, для изготовления корпуса аэрокосмической электроники. Сравнив и проанализировав каждый из видов материалов, определим, какой именно материал удовлетворяет требованиям для изготовления корпуса аэрокосмической электроники.

Ключевые слова: Корпус, металлический корпус, пластиковый корпус, композитные материалы, защита РЭА. аэрокосмическое приборостроение

Введение

Защита или расположение электронных компонентов, так и всего электронного блока или модуля является первостепенной задачей при разработке конструкций аэрокосмического аппарата. Поэтому стоит вопрос как именно решить быстро и надежно данные задачи. Для этого инженеры придумали укрывать всю аппаратуру в некие корпуса или даже кожухи из различных материалов. В современном мире аэрокосмической отрасли корпуса для РЭК стали одной из первостепенной задачи. Данный конструкционный элемент может выполнять сразу несколько функций и задач, начиная от банальной эргономики изделия закаливая защитной и специфической функцией обусловленной задачей самой электроники на борту. Так же в разработке любого аэрокосмического летательного аппарата стоит главная задача – это вес разрабатываемого изделия, а значит, выбор материала для той или иной части будет играть важнейшую роль. Этот вопрос затронул и производство электроники с ее корпусами, ведь если электронная начинка будет весить много, тогда уменьшится полезная нагрузка аппарата и увеличится расход топлива для доставки, данной аппаратуры на орбиту или при перемещении его в воздушном летательном аппарате. Поэтому надо подходить с особой внимательностью к выбору материала, из которого будет производство корпуса. Не всегда технические и химические характеристики материала подходят для решения определенных задач, особенно когда у нас стоит строгое ограничение по весу электронной аппаратуры. Также стоит учитывать и для какой части электронного модуля будет применяться данный корпус. И чтоб в дальнейшем данный вопрос не вызывал долгие дискуссии, попытаемся проанализировать какой из материалов используется чаще остальных в производстве корпусов для электроники и в чем его преимущество над другими видами материалов.

Материалы для изготовления корпусов РЭК и электронных блоков

Давайте разберемся, а какие вообще материалы используются для производства корпусов для электроники. Материалами для данного производства были 2 типов:

1. Пластик и его вариации;
2. Сплавы металлов.

В современном развитии электроники так же возможно использовать композитные материалы для изготовления кожухов электроники. При этом у каждого материала есть свой разный технологический процесс производства, что тоже очень сильно влияет на характеристики готового корпуса, а также и отражается на себестоимости.



Корпуса из пластика для аэрокосмического приборостроения в основном делают из:

- Акрил (ПММА, плексиглас, оргстекло). Светопрозрачный материал
- ПЭТ-Г (полиэтилтерeftалат-гликоль, лавсан, дакрон).
- Полистирол.
- АБС (акрилонитрилбутадиенстирол). Непрозрачный материал чёрного либо серого цвета с фактурой «песок» или «манка».
- Монолитный поликарбонат (лексан, карбоглас).

Главный метод производства данных корпусов из этих материалов – это литье под давлением или с использованием аддитивных технологий.

Корпуса из металла для аэрокосмического приборостроения в основном делают из:

- Сплавы меди (WCu, MoCu) □ Алюминиевые сплавы (АК9ч)
- Сплавы Германия.

Данные корпуса могут изготавливаться литьем в форму, фрезеровкой, сваркой, а также с использованием аддитивных технологий.

Корпуса из композитных материалов делают из различной стеклоткани и карбона путем склеивания и прессования слоев в определенной форме, заданной инженером.

Сравнение количества готовых корпусов из разных материалов

За всю историю электроники было разработано, спроектировано, изготовлено и эксплуатировано более миллиона корпусов различных корпусов, изготовленных из разных компонентов. Так же разнились и их основные задачи.

С самого начала корпусной электроники в качестве материала для микросборок использовались керамические крышки.

Потом со временем стали использовать более простой и дешёвый пластик различной структуры. С ним же одновременно стали использовать и металлические корпуса.

После использования композитных материалов в начале 19 века он лишь недавно стал появляться в производстве корпусов для электроники.

Так же здесь стоит сделать одну поправку. Дело в том что корпуса для электроники делятся на две большие категории: – Корпуса для БИМС

- Корпус как конструкционный элемент в электронном модуле.

То есть стоит учитывать, что кол-во корпусов для БИМС будет в несколько раз больше, чем вторых, это обусловлено тем, что типоразмеров для отдельных РЭК гораздо больше, чем типоразмеров корпусов для готовых изделий. Так же стоит учесть, что корпуса для модулей делается индивидуально под определенный размер внутренних электронных модулей для установки в этот корпус.

Поэтому проанализируем сразу два этих вида корпусов.

Если анализировать продукции производителей РЭК для аэрокосмической отрасли можно выделить несколько тенденций. Большая часть всей продукции идёт в пластиковых корпусах из ABS-пластика. Так же просматривается металлокерамические корпуса для СВЧ-элементов. Ну и самую малость занимают открытые керамические или пластиковые корпуса с возможностью залива компаундом вовнутрь корпуса.

Подводя минимальный итог можно сказать, что большую часть корпусов РЭК делают ABS-пластика путем обволакивания чипа БИМС пластиком.

А вот с корпусами для самих электронных модулей ситуация по количеству очень неоднозначно. Ведь в аэрокосмической отрасли электроника может располагаться как в нутри аппарата, так и на обратной стороны обшивки как в воздухе, так и в космосе.

Самые распространенные материалы, используемые заводами-производителями это алюминиевые сплавы, нержавейка и пластик (ABS, Акрил или ПЭТ-Г). Единственное отличие



– это то, что все корпуса производятся в индивидуальных размерах, которые устанавливаются заказчиком для своих решений.

Стоит учесть, что для военных или специальных заказов могут использовать специальные материалы со своими определенными свойствами. Примером такого материала является сплавы германия, корпуса из которых используются на корпусе для защиты инфракрасных камер на внешней обшивке спутника.

Исходя из этого можно сказать, что корпуса для готовых электронных моделей изготавливаются из материалов исходя из ТЗ всего готового модуля. Но можно с точностью сказать, что вся внутренняя корпусная аппаратура изготовлена из металла и пластика в соотношении почти 50 на 50 процентов. Но стоит учесть, что почти каждый корпус с электроникой, расположенный на внешней стороне обшивки аппарата сделан из металла.

Преимущества и недостатки корпусов из разных материалов

Выше мы рассуждали, что в данный момент пластиковых корпусов гораздо больше, чем металлических или других. Так почему же пластиковые корпуса являются самыми популярными для производства корпусов аэрокосмической отрасли. И выясним, почему металлические корпуса не так эффективны, как их пластиковые аналоги.

Один из самых главных критериев при выборе корпуса для нашего аппарата это его масса. Как мы знаем средняя плотность пластика равна 1.04 г/см^3 , а у металлических корпусов, возьмем алюминиевые сплавы, средняя плотность равна 2.7 г/см^3 , что в 2.25 раза больше, чем у пластика, а это значит, что одинаковые по объёму корпуса будут отличаться в весе в 2.25 раза. Поэтому пластик будет всегда в приоритете из-за его малой массы.

Из массы вытекает еще один очень важный критерий – это прочность материала. И вот тут металлические корпуса наголову превосходят пластиковые (не считая корпуса для БИМС там прочность не так сильно важна). Металлические корпуса более устойчивы к механическим нагрузкам, чем пластиковые, так же стоит учитывать свойства металла к пластической деформации, что позволяет ему выдерживать постоянные экстремальные или импульсные нагрузки. Для пластика такие воздействия могут быть критическими, и они будут крошиться. Поэтому если пластиковые корпуса и устанавливают в физически нагруженные места, то только с использованием демпфирующих прокладок.

Мы затронули такой критерий, как стойкость к внешним воздействующим факторам. И если металлические корпуса очень хороши при механических нагрузках, а также и климатических за счет своей лучшей теплопроводности, что позволяет быстро отводить тепло с нагруженного модуля, то у пластиковых есть одно важное свойство, которое делает их более предпочтительнее чем металлические, это их коррозионная стойкость. Все металлы имеют свойство разрушаться (окисляться) при определенных условиях окружающей среды, а вот пластик практически не разрушается если его использовать в агрессивной среде, что увеличивает его область применения.

Так же стоит учитывать критерий электромагнитной совместимости корпуса и электроники, находящийся внутри корпуса. У пластиковых корпусов есть огромное преимущество над металлическими корпусами. Из-за того, что все пластики являются диэлектриками и вовремя работы внутри РЭК в корпусе не возникают вихревые токи или самоиндукция, которая может помешать адекватной работе электронного модуля, как бы если корпус был сделан полностью из металла.

Ещё одним из главных современных критериев при разработке любой электронной аппаратуры для аэрокосмической отрасли и не только является его цена. Пластик в своем производстве имеет более дешёвую себестоимость, по сравнению с металлом. Поэтому для производства пластиковых корпусов уходит меньше затрат чем на металлические. Так же стоит учесть и время затратность производства. Пластиковые корпуса делаются в несколько



раз быстрее за чет наименьшей температуры плавления и то, что для изготовления требуется меньше дорогого оборудования, чем для производства металлических корпусов. Исключением в этом вопросе служат аддитивные технологии, где себестоимость изделия самая низкая по сравнению с литьем или сваркой корпуса.

В таблице 1 показано сравнение, по некоторым критериям, корпусов изготовленных из различных материалов

Таблица 1

Сравнение металлического и пластикового корпуса

Пластиковый корпус	Критерий	Металлический корпус
Малая плотность – малая масса	Масса	Большая плотность – большая масса
Есть очень прочные пластики, а также и очень хрупкие.	Прочность	Сами по себе они прочные, но есть сплавы с высокими прочностными характеристиками
коррозионная стойкость	Стойкость к ВВФ	Климатическая стойкость
Не мешает работе аппаратуры. Высокая диэлектрическая проницаемость.	Электромагнитная совместимость	Возможны помехи в работе аппаратуры, глушение радиосигналов, используется как общая земля электронного устройства
Низкая себестоимость материала	Экономика	Высокая себестоимость материала
Требуется мало оборудование и среднюю квалификацию специалиста	Технологичность	Требуется больше оборудования (от ручной сварки до печи) и высокую квалификацию специалиста

Что касается корпусов из композитных материалов, то физикохимические свойства данных материалов не постоянны и всегда неоднозначны. А цена на них всегда зависит только от количества потраченного материала. Да и в отличие от пластиковых и металлических корпусов, корпуса из композитов не имеют обширной номенклатуры типоразмеров, что затрудняет разработку электроники, так как уходит время на расчет конструкции нового корпуса. Для других материалов подбирают аналог, подходящий по своим массогабаритным характеристикам указанных в ТЗ на изделие.

Заключение

В заключение данной работы хочется сказать, что корпуса для электроники это лишь малая часть огромного организма, который слажена работает. Проанализировав рынок и критерии сравнения корпусов из различных материалов можно с уверенностью сказать, что пластмассовые корпуса на основе из ABS-пластика являются лидерами по популярности в аэрокосмической отрасли так и вообще во всей электронной тематике. Благодаря своим физико-химическим параметрам они подходят для широкого диапазона эксплуатаций, чем металлические и композиционные корпуса. Но металлические корпуса не потеряли свою актуальность и их используют в более нагруженных узлах аппарата, там, где пластик не может удовлетворять поставленным задачам. Ну а композитные корпуса еще найдут своё массовое применение, а пока они выполняют лишь декоративную функцию, и не нарушая общую прочность конструкции так как идеально сбалансированы по массе и прочности корпуса.



Список литературы:

1. Винников В.В. Основы проектирования РЭС. Электромагнитная совместимость и конструирование экранов: учеб пособие. СПб.: Изд-во СЗТУ, 2016 164 с
2. Ларин В.П., Шелест Д.К. Конструирование и производство типовых приборов и устройств: Учеб. Пособие/СПб ГУАП. СПб., 2005, 160с.
3. Парфенов Е.М., Камышная Э.Н., Усачов В.П. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры. М.: Радио и связь, 1989, 138с
4. Журнал “Микроэлектроника” №8 /Дмитрий Бондарь “Основные тенденции применения микроэлектронных корпусов в мире и в России” 30.09.2023

