

УДК 621.7.02

## ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ КОРПУСА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Белов М.Д., студент гр. 5411, IV курс

Игошин Я.Е., студент гр. 5411, IV курс

Научный руководитель: Михеев И.Д., к.т.н., доцент

Казанский национальный исследовательский технический университет имени  
А.Н. Туполева – КАИ  
г. Казань

Корпус радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) является ее конструктивной частью и защищает ее функциональную внутреннюю часть от внешних воздействий. Корпус также подвергается воздействиям как по происхождению (естественные и искусственные) так и по зависимости от режима работы РЭА. Для защиты от внешних воздействий, оказываемых на РЭА, разработаны и применяются защитные покрытия, защищающие поверхность корпуса от коррозийных воздействий влаги и воздуха.

Технология обработки корпуса РЭА предлагаемая в этой работе, позволяет повысить чистоту обработки поверхности корпуса, улучшить механические свойства защитного покрытия и обеспечить наилучший теплообмен.

Материалом корпуса могут служить разные марки углеродистых сталей, алюминиевых сплавов, магниевых сплавов, медных сплавов (латуни и бронзы) и многие другие материалы [1, С. 442].

Изготовленный корпус необходимо подвергнуть электролитно-плазменной полировке (ЭПП). Шероховатость поверхности после такой обработки составляет в среднем  $Ra = 0,3$  мкм, что соответствует классу чистоты поверхности 8 разряда "В" [2, С. 344], в соответствии с ГОСТ 2789-59. Особенных отличий в обработке деталей таким способом для машиностроительной промышленности и приборостроительной промышленности нет. Первая причина, почему полировку важно производить перед нанесением защитного покрытия, является то, что полировка с защитным покрытием будет происходить дольше по времени. Подробнее принцип ЭПП описан в книге [3, С. 17].

Также важно уточнить, что под каждый вид сплава, необходимо использовать разный электролит. Примером применения ЭПП является статья Белова М.Д. [4, С. 340], где он подобрал электролит под сталь марки AISI 316. Свойства стали марки AISI 316 подходят для производства корпуса РЭА, за счет высокой коррозионной стойкости.

После полировки можно сразу нанести защитное (финишное) покрытие, поскольку при использовании ЭПП, не требуется последующее обезжиривание поверхностей. Для наилучшего теплообмена лучше применить черное

анодирование [5], по своим свойствам которое способствует наилучшему лучистому теплообмену с поверхности изделия.

Тем самым можно увеличить степень черноты поверхности до  $\varepsilon \approx 0,85 - 0,99$  ( $\varepsilon = 1$  – абсолютно черное тело) [6, С. 529]. Как правило, анодируют корпус с обеих сторон, вне зависимости от того, герметичный корпус или нет (поскольку корпус погружается целиком). Во время анодирования желательно чтобы помещение хорошо проветривалось.

После черного анодирования поверхность необходимо обезжирить (ацетоном или спиртом) после чего можно нанести тонкий слой прозрачного лака только с внешней стороны корпуса. Покрытие лаком с внешней стороны корпуса дополнительно защитит анодированный слой от механического воздействия. Отсутствие пигмента у лака позволит практически без потерь излучать тепло в окружающую среду, поэтому лак лучше выбирать глянцевый прозрачный. На практике, задача достижения необходимого цвета анодирования (толщины оксидной пленки) является до сих пор нетривиальной задачей, потому как условия ее нарастания еще определяются составом сплава. Поэтому на выходе легко можно получить вместо черного анодирования [7, С. 270], анодирование зеленого оттенка. На рисунке изображена послойная схема защитных покрытий корпуса.

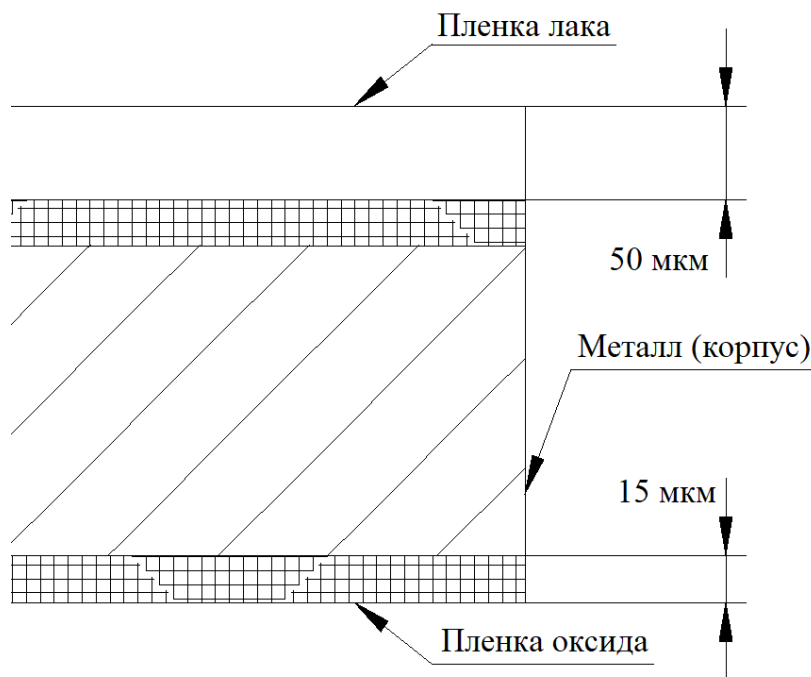


Рисунок – Послойная схема слоев

На рисунке внешняя часть корпуса защищается двумя слоями – оксидной пленкой и прозрачной пленкой лака [1, С.447]. Также при такой последовательности нанесения слоев, нет необходимости наносить второй и последующие слои лака. Наносить лак на внутреннюю часть корпуса нецелесообразно, так как она будет создавать дополнительное тепловое сопротивление (при конвективной теплопередаче). Уменьшение шероховатости позволяет

равномернее распределить тепло по корпусу, тем самым тепло лучше рассеивается в окружающую среду. Удалять слой пленки оксида механическим способом с внутренней стороны корпуса не является обязательным, однако его наличие может существенно повлиять на конвективный теплообмен.

Отметим, что некоторые покрытия снижают чистоту поверхности примерно на один класс, например покрытие хромом [8, С. 210]. Это вторая причина, почему ЭПП поверхности корпуса нужно делать в первую очередь перед нанесением защитных покрытий.

Рабочие поверхности резьбовых соединений желательно защитить и закрыть перед проведением ЭПП и сохранить защиту перед анодированием. Это нужно чтобы шероховатость поверхности, шаг резьбы и зазор этих поверхностей сохранялись с требуемой точностью и допусками [2, С. 373].

В процессе кондуктивного теплообмена между деталями и через крепежные изделия в прямом соприкосновении тепло перемещается от более нагретой части тела к менее нагретой части [6, С. 520]. Поэтому следует учитывать тепловые сопротивления (тепловые проводимости) материалов элементов корпуса. У каждого тела они различаются и для удобства представляются в таблицах в единицах: Вт/м•К или Вт/м•С.

Особенностью кондуктивного теплообмена является нерегулярность (неравномерность) контакта тел, из-за чего тепло передается от одной детали к другой неравномерно. В этом случае необходимо дополнительно предусмотреть отвод тепла с помощью организации системы охлаждения.

В заключение, обобщая, можно сделать вывод, что данная технология позволит улучшить лучистый теплообмен корпуса разрабатываемой РЭА благодаря использованию ЭПП и финишных покрытий.

### Список литературы:

1. Сайткулов, В.Г. Основы проектирования электронных средств: учебное пособие / В.Г Сайткулов, В.Н. Леухин. – Казань: Изд-во казан. гос. техн. ун-та, 2013. – 496 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 1. - 9-е изд., перераб. и доп./ под ред. И.Н. Жестковой. - М.: Машиностроение, 2006. - 928 с.
3. Куликов, И. С. Электролитно-плазменная обработка материалов / И. С. Куликов, С. В. Ващенко, А. Я. Каменев. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 232 с. – ISBN 978-985-08-1215-5.
4. Белов, М. Д. Способ электролитно-плазменной полировки нержавеющей стали марки AISI 316L / М. Д. Белов, В. С. Соколов // Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы - 2022 : материалы IX Молодежной международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Казань, 28–30 апреля 2022 года. – Казань: ИП Сагиева А.Р., 2022. – С. 339-340. – EDN TAQRXY.
5. Финишные покрытия. Часть 1: покрытия корпусов для СВЧ // Хабр URL: <https://habr.com/ru/post/650285/> (дата обращения: 29.03.2023).

6. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Г.С. Найвельт, К.Б. Мазель, Ч.И. Хусаинов и др.; Под ред. Г.С. Найвельта. – М.: Радио и связь, 1985. – 576 с.

7. Щукин, Г.Л., Беланович, А.Л. Процессы и продукты электрохимических и плазменно-электрохимических превращений на поверхности электродов из алюминия и других металлов в электролитах различного химического состава // ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ : Химия. - Минск: БГУ, 2001. - С. 265-284.

8. Демин Е.Н. Справочник по прессформам. - СПб: Лениздат, 1967. - 365 с.