

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОРПУСОВ МИКРОСБОРОК ЭЛЕКТРОННЫХ СВЧ- ПРИБОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОВОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ**

**П.А. Головкин, к.т.н.**

АО «Плутон», 105120, Россия, г. Москва, ул. Нижняя Сыромятническая, д.11.

[p.golovkin@pluton.msk.ru](mailto:p.golovkin@pluton.msk.ru); тел.: (495) 730-36-19

**IMPROVEMENT IN QUALITY OF HOUSINGS OF MICROASSEMBLIES OF ELECTRON MICROWAVE DEVICES WITH THE USE OF FORGING OPERATIONS**

**P. A. Golovkin, Ph.D. in Engineering Science**

JSC "Pluton", 105120, Russia, Moscow, st. Nizhnyaya Syromyatnicheskaya, h. 11.

[p.golovkin@pluton.msk.ru](mailto:p.golovkin@pluton.msk.ru); Phone: +7 (495) 730-36-19

**Аннотация**

Исследуются возможности повышения качества корпусов микросборок изделий СВЧ-приборов в части улучшения их вакуумной плотности с использованием ковочных операций при их изготовлении.

*Ключевые слова: микроминиатюризация, микросборки, герметичные корпуса, вакуумная плотность, алюминиевые сплавы, структура материала, горячекатаные плиты, прессованные прутки, сложная ковка.*

**Annotation**

The possibilities of improving the quality of the microassemblies of microwave devices are being investigated in terms of improving their vacuum density with the use of forging operations in their manufacture.

*Keywords: microminiaturization, microassemblies, hermetic housings, vacuum density, aluminum alloys, material structure, hot-rolled plates, extruded rods, complex forging.*

**Общие положения**

Микросборки (рис. 1) являются ответственными изделиями, и должны обеспечивать вакуумную плотность в течение не менее чем 15 лет. Нарушение вакуумной плотности корпусов микросборок являются частой причиной выхода из строя их электронной начинки. Проблеме гарантированного поддержания рабочей атмосферы изделий микроминиатюризации посвящён целый ряд работ [1, 2], однако они не рассматривают такой фактор, как структура и свойства материала этих корпусов, изготавливаемых обычно из алюминиевых сплавов АМг6 и АМг61 системы Al-Mg [3].

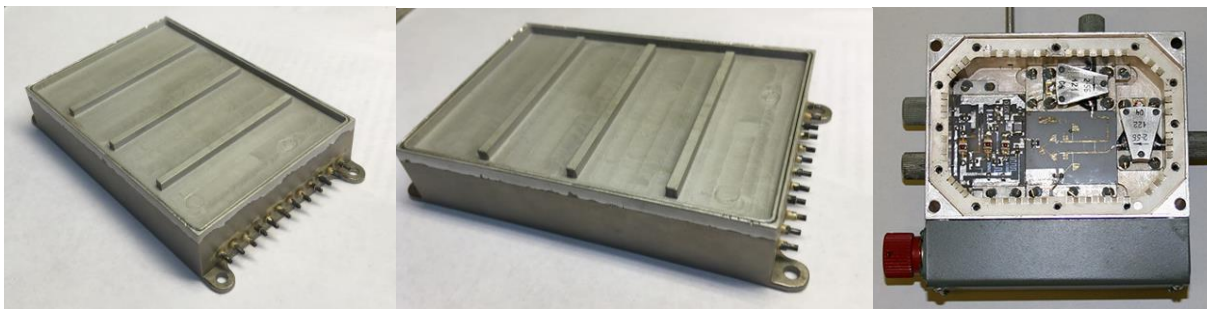


Рис. 1. Внешний вид корпусов микросборок

Перед пайкой на корпуса микросборок наносится полученное химическим методом покрытие в виде соединения никеля с фосфором (далее – химический никель), характеризующееся высокой коррозионной стойкостью, способностью экранировать высокочастотные электромагнитные излучения, а также низким переходным сопротивлением на электрических контактах и хорошей паяемостью [4].

#### **Определяющие напряжённое состояние корпусов микросборок факторы**

Потеря герметичности корпусов микросборок обычно имеет место по одной из двух причин – течи по материалу корпуса, либо течи по трещинам, образовавшимся в процессе химического никелирования корпуса и крышки микросборки перед пайкой.

Как правило, корпуса микросборок изготавливают из горячекатаных алюминиевых плит [5, 6], обосновывая их применение простотой технологического процесса. При этом не учитывается высокий уровень полученных в процессе прокатки внутренних напряжений в материале, который тем выше, чем больше толщина плиты, и достигает до 40 % его сопротивления деформации [7]. При этом в структуре горячекатаных плит формируются строчки интерметаллидных фаз  $Mg_2Al_3$  и  $Mg_5Al_8$ , особенно активно в зонах локализации деформаций и разрыва их скоростей [8] (рис. 2).

Сочетание строчечного расположения электроотрицательных интерметаллидных фаз и остаточных напряжений, вызывает в материале горячекатаных плит развитие разрушительных процессов [9]. С учетом сформированных в поверхностном слое корпусов микросборок в процессе химического никелирования [10] растягивающих напряжений, теряется вакуумная плотность их материала.

Остаточные напряжения различного знака, накладываются друг на друга, и нанесённое покрытие формирует в поверхностном слое материала детали напряжения растяжения, разрушающие её в направлении проката по интерметаллидным цепочкам.

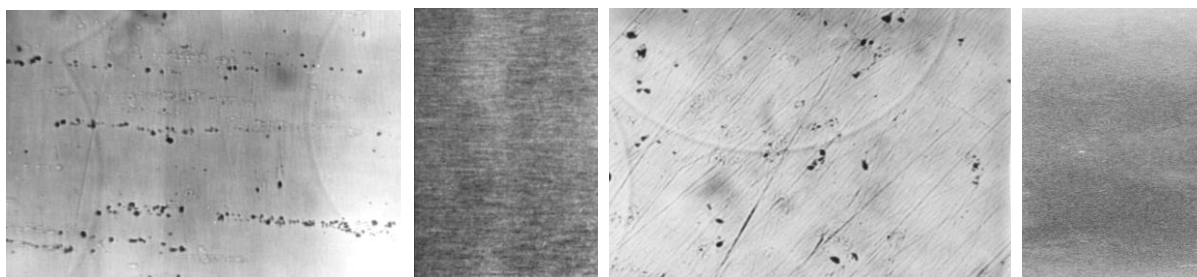


Рис. 2. Сплошные (слева) и разорванные (справа) строчки включений интерметаллидов  $Mg_5Al_8$  в материале горячекатаной плиты и поковки ( $200\times$ ), и их макроструктуры

Другим следствием использования для изготовления корпусов микросборок направленного материала горячекатаных плит является неравномерность нанесения на заготовки корпусов химического никеля. С учётом особенностей адгезии поверхности [11], наносимое покрытие наиболее активно формируется на торцах заготовки с выходом на её поверхность перерезанных в процессе механической обработки волокон алюминиевого сплава и строчек интерметаллидных фаз. В то же время нанесение покрытия на поверхностях корпусов с продольным направлением волокна затруднено, вплоть до появления непокрыты «лысых» зон. Далее в этих зонах невозможно качественное нанесение припоя и герметизация рабочего пространства микросборок.

#### **Пути повышения вакуумной плотности материала корпусов микросборок**

Анализ влияния деформации на структуру и свойства полуфабрикатов и деталей из алюминивно-магниевых сплавов показывает, что эффективным методом повышения их качества является максимально равномерная деформация с достижением минимального уровня остаточных напряжений и по возможности ненаправленного характера расположения интерметаллидных фаз, как это показано на рисунке 2 [8].

Такие параметры материала могут быть достигнуты путёмковки полученных из прессованных прутков [12] мерных заготовок по сложным схемам [13]. При этом понижение температуры деформации является дополнительным способом повышения равномерности деформационных и рекристаллизационных процессов и уменьшения процентного содержания в материале поковки электроотрицательных нежелательных интерметаллидных фаз [8]. Ковка по сложным схемам, путём разбиения и перемешивания волокон материала заготовки, выравнивает термодинамический потенциал [11] поверхности заготовки корпуса микросборки, обеспечивая равномерное нанесение никеля с минимальным уровнем образующихся растягивающих напряжений.

Производственный опыт позволяет рекомендовать следующую технологическую схему получения заготовки корпуса микросборки под химическое никелирование. Заготовку под ковку следует получать из прессованного прутка, отношение длины заготовки к её диаметру должна обеспечивать возможность её осадки в процессековки (целесообразно не более 2,5). Ковку следует производить с нагрева до 320...340 °С. Нагрев до более высоких температур приведёт к резкому росту неравномерности деформационных процессов и активному формированию цепочек электроотрицательных интерметаллидных фаз  $Mg_2Al_3$  и  $Mg_5Al_8$  [14, 15]. Наилучшее качество материала корпусов обеспечивается при ковке заготовок по схеме №3 ВИАМ.

### **Выводы**

1. Изготовление корпуса микросборки из полученной по схеме сложнойковки заготовки обеспечивает равномерное нанесение никелевого покрытия с минимальным уровнем сформированных в поверхностном слое материала заготовки растягивающих напряжений.

2. Сложная ковка при пониженной температуре обеспечивает разрушение цепочек интерметаллидов в материале корпуса микросборки, препятствуя развитию межзёрненных трещин и потере вакуумной плотности.

### **Библиографический список**

1. О.Ш. Хади, А.Н. Литвинов / Моделирование напряженно-деформированного состояния корпусов микросборок в процессе их изготовления и эксплуатации. Динамика и прочность (глава 1). Избранные тр. Всеросс. научн. конф. по проблемам науки и технологий / –М.: РАН, 2013. -С. 3...26.

2. О.Ш. Хади, А.Н. Литвинов / Оценка точности приближенного метода определения допустимого давления для корпусов микросборок. Актуальные проблемы современного машиностроения: сб. тр. Междунар. научно-практ. конф. / –Юрга: Юргинский Государственный университет, 2014. -С. 191...194.

3. ГОСТ 4784-97 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки / –М.: Издательство стандартов, 2001. -12 с.; изм.

4. В.И. Лататуев, Г.Н. Ганай, А.Д. Денисов / Металлические покрытия химическим способом / –Барнаул: Алтайское кн. изд., 1968. -с. 207

5. ГОСТ 17232-99 Плиты из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия / –М.: Издательство стандартов, 2000. -12 с.

6. ГОСТ 56370-15 Плиты из алюминиевых сплавов для судостроения. Технические условия / –М.: Издательство стандартов, 2015. -10 с.
7. В.Г. Степанов, М.И. Клестов / Поверхностное упрочнение корпусных конструкций / –Л.: Судостроение, 1977. -197 с.
8. П.А Головкин / Управление деформированной структурой алюминиево-магниевого сплава / –М.: Технология металлов, 2005. № 11, с. 10...16.
9. В.В Телешов, А.Ю. Чурюмов / Анализ влияния характеристик двухфазной матричной структуры на вязкость разрушения деформируемых алюминиевых сплавов / –М.: Технология лёгких сплавов, 2012, №2. – с 22...40.
10. ГОСТ 9.305-84 ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий / –М.: Издательство стандартов, 2003. -105 с.
11. К. Хауффе / Реакции в твёрдых телах и на их поверхности / Ч. 1 / пер. с нем. А.Б. Шехтер, –М.: Издательство иностранной литературы, 1962. -416 с.
12. ГОСТ 21488-97 Прутки прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия / –М.: Издательство стандартов, 2001. -22 с.
13. ПИ 1.2.085-78 Ковка и штамповка деформируемых алюминиевых сплавов / –М.: ВИАМ, 1978. -17 с.
14. П.А. Головкин / Управление деформированной структурой алюминиево-магниевого сплава / –М.: Технология металлов, 2005, № 11. с. 10...16.
15. Ф. П. Вербовой, А.А. Калугин, др. / Зависимость качества поковок из сплава АМг6 от исходной заготовки и величины деформации при ковке / Алюминиевые сплавы и специальные материалы / Сб. тр., вып. 9 / –М.: ВИАМ, 1975.