

**ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ КОРПУСОВ МИКРОСБОРОК ИЗ
АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА МЕТОДОМ ГАЛТОВКИ ПОД НАНЕСЕНИЕ
ХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛЯ**

Головкин П.А., к.т.н.

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

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

Крюков А. В., инженер

АО «ЦНИРТИ им. А.И. Берга», 107078, Россия, г. Москва, ул. Новая Басманная, д. 20,

стр. 9. minyyc@yandex.ru; тел.: (499) 267-43-93

**PREPARATION OF THE SURFACE OF THE PARTS OF MICRO-
ASSEMBLY CASES FROM ALUMINUM ALLOY BY CHEMICAL TUMBLING
FOR NICKEL APPLICATION**

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

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

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

A.V. Krykov, engineer

JSC "Central Scientific Research Radiotechnical Institute name of the academician A.I. Berg"

107078, Russia, Moscow, st. Novaya Basmannaya, h 20, building 9.

minyyc@yandex.ru; Phone: +7 (499) 267-43-93

Аннотация

Рассмотрен процесс галтовки с точки зрения его воздействия на подготовку поверхности деталей корпусов микросборок к нанесению покрытия типа химникель. На основе опытных работ АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга», исходя из требований к микросборкам, определены оборудование и расходные материалы для обработки деталей их корпусов из алюминиевого сплава АМг6 системы Al-Mg.

Ключевые слова: корпуса микросборок, вакуумная плотность, корпусные детали, поверхность, заусенцы, покрытия под пайку, слесарные работы, трудоёмкость, галтовка, абразивный наполнитель, компаунд, галтовочные машины, технологические решения.

Annotation

The process of tumbling is considered from the point of view of its impact on the preparation of the surface of parts of microassembly housings for deposition of a chemical-nickel type coating. Based on the experimental work of JSC "CRREI named after Academician A.I. Berg", based on the requirements for microassemblies, the equipment and consumables for processing parts of their cases made of aluminum alloy AMg6 of the Al-Mg system were determined.

Keywords: microassembly bodies, vacuum tightness, body parts, surface, burrs, solder coatings, locksmith work, labor intensity, tumbling, abrasive filler, compound, tumbling machines, technological solutions.

Общие положения

Ресурс микросборок, в зависимости от назначения и условий эксплуатации, должен составлять от 15000 до 130000 часов, сохраняемость в составе изделия – не менее 15 лет [1]. Столь высокие показатели могут быть обеспечены только при сохранении вакуумной плотности микросборок, поэтому для их защиты от внешних коррозионных воздействий и в качестве средства подготовки под пайку-сборку, на детали их корпусов химическим методом наносится твёрдое покрытие в виде соединения никеля с фосфором – химический никель. Толщина этого покрытия, обозначаемого в соответствии с ГОСТ 9.303-84 [2] как Хим.Н.тв., составляет обычно от 6 до 9 мкм. Внешний вид типового корпуса микросборки после нанесения покрытия представлен на рисунке 1.

Распространённым материалом для изготовления корпусов микросборок являются алюминиевые сплавы системы Al-Mg, среди которых наиболее прочным является сплав AMg6. Следует отметить, что алюминиевые сплавы системы Al-Mg отличаются хорошей коррозионной стойкостью, но при этом высокой вязкостью материала при обработке, что важно с точки зрения свойств материала поверхности получаемых деталей. Состояние поверхностного слоя деталей существенно влияет на качество нанесения покрытия, поэтому большую роль играет то, каким образом он был подготовлен, в частности, была ли деталь отфрезерована или отшлифована, какая шероховатость и чистота поверхности достигнута.

От этого зависят энергетические характеристики поверхностного слоя детали, известные как силы Ван-дер-Ваальса [3], вид и уровень сформированных в его материале напряжений, отклонения химического состава материала поверхностного слоя детали от паспортного, и как следствие местный контраст электродных потенциалов, и так далее.

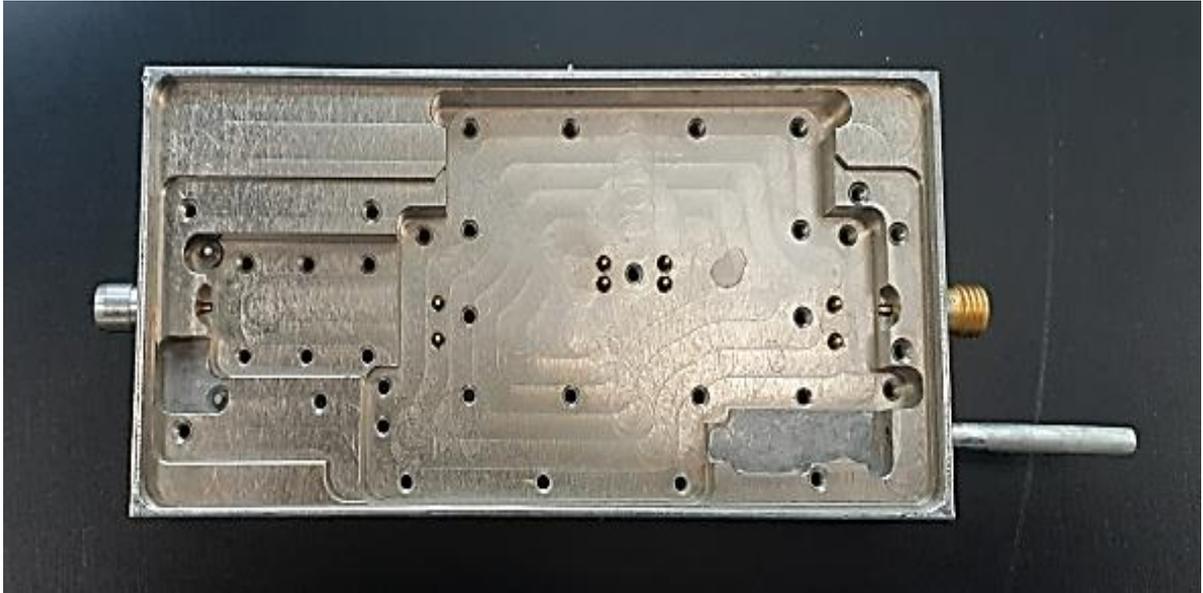


Рис. 1. Типовой корпус микросборки после нанесения покрытия

Нужные свойства материала деталей корпусов микросборок могут быть обеспечены с помощью различных технологических воздействий, в частности, хорошие характеристики вакуумной плотности нанесения покрытий Хим.Н.тв. по всей поверхности деталей и в частности в местах проведения последующей пайки-сборки, получаются после сложнойковки исходных заготовок по специальным режимам [4].

Такие приёмы позволяют регулировать, например, количественное содержание в материале заготовок неизбежных для алюминиевых сплавов системы Al–Mg интерметаллидных фаз, при повышенном своём содержании отрицательно влияющих на вакуумную плотность металлического материала и качество наносимых на него покрытий [5]. Этой же цели может служить применение таких приёмов механической обработки деталей, как фрезерная обработка с трохоидальной траекторией перемещения инструмента [6], обеспечивающая наименьший разброс энергетических характеристик материала поверхностного слоя предназначенных для нанесения покрытия деталей.

Этим же целям должна способствовать и поверхностная обработка деталей, которая может быть осуществлена как слесарными методами обработки единичных заготовок, так и путём групповой механизированной обработки, в галтовочных машинах.

При этом понятно, что проведение финишных операций не должно вызвать ухудшение технологических и специальных свойств материала деталей. В соответствии с ГОСТ 9.301-86 [2], шероховатость поверхности под защитные покрытия не должна превышать R_a 2,5 мкм.

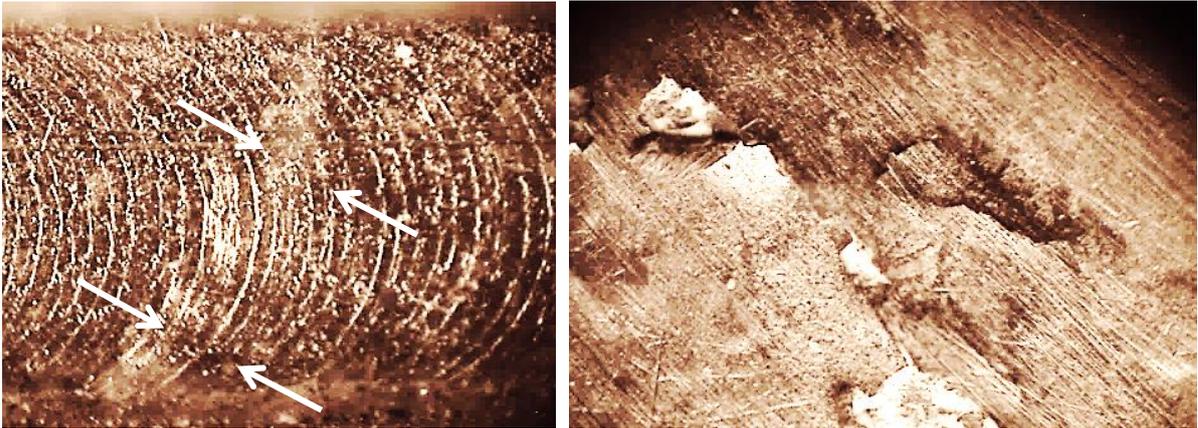


Рис. 2. Начало вспучивания покрытия Хим.Н.тв.Н6 на поверхности детали из сплава АМг6 (показано стрелками) ($16\times$), и полное отслоение покрытия (справа), $4\times$.



Рис. 3. Вид покрытия Хим.Н.тв.Н6 на поверхности детали после галтовки, $4\times$.

Это значит, что требования к шероховатости поверхности под нанесение Хим.Н.тв. не являются особенно жёсткими, что оправдано его назначением в том числе как подложки под пайку. Галтовка позволяет не только удалить с деталей заусенцы, скруглять острые кромки и уменьшать шероховатость поверхности, но и стабилизировать свойства материала детали перед нанесением на них покрытия.

На рисунке 2 показаны фотографии поверхности детали корпусов микросборок с вспучиванием нанесённого на них покрытия Хим.Н.тв. Видно, что дефект развился в местах с ярко выраженными следами от прохождения фрезы при обработке детали. Это значит, что нарушение целостности и отделение покрытия от материала детали произошло в первую очередь в местах энергетического возмущения на её поверхности, что в целом характерно для деталей, прошедших обработку со снятием стружки.

Представленные на рисунке 3 фотографии нанесённого на прошедшие галтовку детали показывают, что эта поверхность куда более ровная, чем механически обработанная исходная, а значит, обладает куда меньшей неравномерностью распределения сил Ван-дер-Ваальса [3], и при прочих равных условиях, нанесённое на неё покрытие будет более качественным и долговечным.

Современное состояние вопроса. Применяемый инструмент и оборудование.

Анализ процесса производства изготовления корпусов показало, что основное время изготовления (узкое место) занимает слесарная обработка по удалению заусенцев и притуплению острых кромок. Дефекты в виде заусенцев на корпусе после обработки на фрезерном станке показаны на рисунке 4. Укрупнённо вид заусенцев в местах установки электронной платы внутри корпуса микросборки и в месте паза под пайку крышки микросборки показаны на рисунке 5.

При обработке используется различный ручной специальный инструмент, такой как шаберы, зенкеры и надфили. При этом слесарь работает с часовой налобной лупой или другим подобным оптическим оборудованием, поскольку на свету заусенцы бликуют, и не вооружённым взглядом их можно не заметить и пропустить. Не удаленные заусенцы приводят к дефектам наносимого покрытия и препятствуют правильной установке электронной компонентной базы и сборке деталей корпусов.

Понятно, что неуправляемый процесс ручной слесарной обработки деталей никак не может способствовать получению поверхностного слоя деталей с равномерным распределением сил Ван-дер-Ваальса [3]. Соответственно, сколь бы высокой квалификацией ни обладал исполнитель, он не сможет придать детали те необходимые для качественного нанесения покрытия технологические свойства, какие сможет обеспечить применение галтовочных операций.

Анализ времени обработки показал, что для типовой детали типа корпус большую его часть занимает подготовительно-заключительные операции, которые примерно в 5 раз превышают непосредственное время технологических воздействий, определяющих увеличение ценности производимого продукта как части его добавленной стоимости.

Так, непосредственно время слесарной обработки типового корпуса из сплава АМг6 составляет 2,25 часа, при том что общее операционное время, с учётом подготовительного и заключительного, достигает 1,26 часа. Такое соотношение в целом характерно для тонкой ручной слесарной обработки деталей сложной конфигурации.

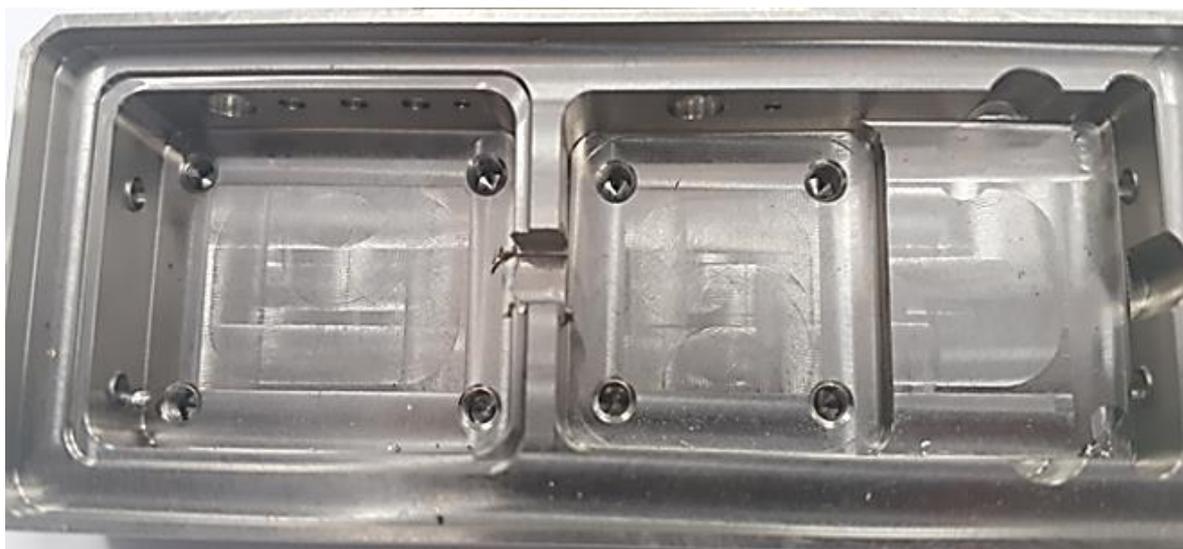


Рис. 4. Дефекты в виде заусенцев на корпусе после обработки на фрезерном станке.

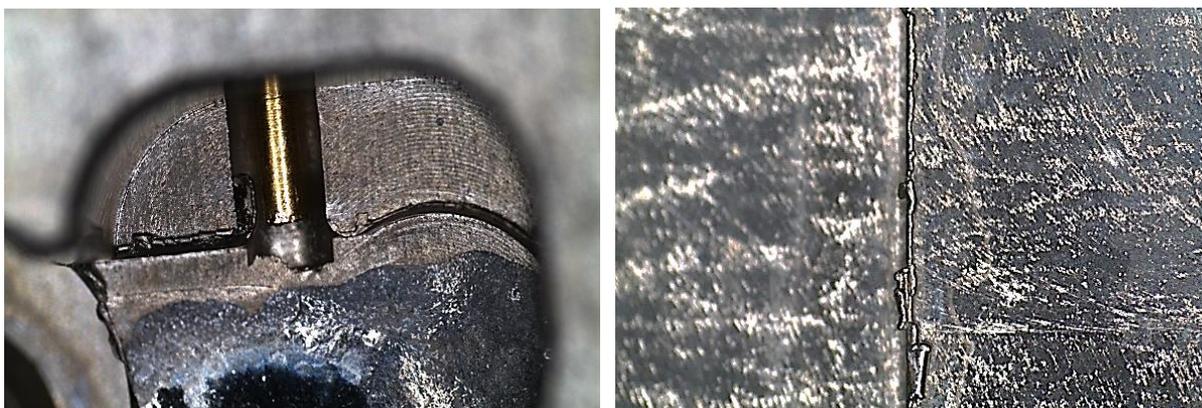


Рис. 5. Заусенцы в местах установки платы (слева) и крышки (справа), 32[×].

В настоящее время в открытом доступе отсутствует информация о зависимости качества поверхности от времени обработки деталей, состава и геометрии применяемых галтовочных тел и компаунда. Большое число изменяемых параметров делает выявление таких связей крайне трудоёмким и затратным, однако некоторые технологические данные могут быть получены на базе изучения производственного опыта.

Отработка режимов групповой обработки деталей производилась с использованием вибрационной галтовочной машины среднего объёма среднего объёма производства российской фирмы «Компания СТАНКЕ», г. Санкт-Петербург. С учётом высокой вязкости материала деталей при обработке, в качестве абразивного наполнителя применялись керамические призмы типа SKT.

В качестве компаунда применялся тринатрийфосфат по ГОСТ 201-76 [7] в концентрации 0,6...0,8, остальное – вода [8]. Щелочные и механические свойства такой кашицы позволяют ускорить процесс очистки и шлифования заготовок, одновременно облегчая удаление продуктов отработки [8].

Результаты и их обсуждение

Для сокращения времени на обработку типовых деталей проанализированы способы и технологии удаления заусенцев, в результате чего выбрана галтовка в вибрационных машинах кругового типа периодического действия. Обработка деталей корпусов микросборок, с учётом их ограниченной серийности, показала преимущество вибрационных машин кругового типа периодического действия, где разность амплитуд колебаний в продольном и поперечном направлениях перемещает детали по круговой тороидальной орбите [9]. Такое движение загруженных деталей обеспечивает их лучшую обрабатываемость по сравнению с машинами роторного и барабанного типа.

Зависимость качества поверхности деталей от частоты вращения барабана имеет сложный характер, и при малой частоте колебаний процесс идет крайне медленно и непроизводительно ввиду невысокой скорости взаимного перемещения деталей и наполнителя. При увеличении частоты колебаний скорость относительного движения и производительность очистки возрастают. Однако при дальнейшем росте частоты колебаний барабана его содержимое начинает двигаться как единое целое с минимальными относительными перемещениями между деталями и рабочими телами, что резко снижает производительность обработки.

Обработка типовых деталей с использованием различных галтовочных тел показала, что в зависимости от их типа и заданной чистоты поверхности, продолжительность непосредственной обработки, составляет от 40 минут до 3 часов, сильно завися от исходного качества их поверхности.

Установлено, что для того, чтобы наилучшим образом удалять заусенцы и производить зачистку из полостей и углублений деталей корпусов микросборок, отличающихся небольшими габаритами, которые можно оценить по фотографии на рисунке 4, целесообразно использовать керамические призмы типа SKT с длиной сторон при вершине и у основания 6 мм. Достижимое таким образом состояние поверхности деталей корпусов микросборок в высокой степени соответствует требованиям к нанесению покрытия Хим.Н.тв. 6...9, обеспечивая их необходимое качество, и как следствие – вакуумную плотность готовых микросборок.

Выводы

1. С учётом назначения корпусных, особенности их механической обработки, включая обработку поверхности, должны быть направлены на получение свойств, наилучшим образом соответствующих получению качественного защитного покрытия химическим никелем выступающего так же в качестве подложки для нанесения припоя для пайки-сборки корпусов микросборок.

2. Среди различных технологических приёмов, направленных на обеспечение вакуумной плотности материала корпусов микросборок, отдельное место должна занимать подготовка поверхности их деталей в части получения их максимально однородных энергетических как неперемного условия качественного нанесения покрытия. Ручная слесарная обработка как не управляемый процесс, не может соответствовать этому требованию.

3. С учётом серийности, размеров и геометрии типовых корпусных деталей микросборок, целесообразна их обработка в вибрационных галтовочных машинах периодического действия кругового типа.

4. С учётом таких особенностей применяемого для изготовления корпусных деталей микросборок алюминиевого сплава АМгб, как высокая вязкость при механической обработке, наибольшую производительность при галтовке обеспечивает применение в качестве абразивного наполнителя в виде керамических призм типа SKT.

5. С учётом размеров и геометрии типовых деталей, для необходимой чистоты обработки их пазов и поднутрений, размер галтовочных тел не должен превышать 6 мм. Применение в качестве компаунда абразивной среды обладающего щелочными свойствами тринатрийфосфата с водой, ускоряет процесс обработки.

Список источников

1. ОСТ 92-4950-84 / Микросборки. Общие технические требования / –М.: ОНТИ, 1985. -26 с., изм. УДК 621.382.8 (083.7).

2. ГОСТ 9.301-86 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования / –М.: Стандартиформ, 2010. -19 с.

3. Ю.С. Бараш / Силы Ван-дер-Ваальса / –М.: Наука, 1988. -344 с.

4. Головкин П.А. / Повышение качества корпусов микросборок электронных СВЧ- приборов с использованием ковочных операций / –М.: Технология машиностроения, 2020, № 9, с. 5...7.

5. Головкин П.А. / Повышение качества корпусов микросборок из сплавов группы АМг управлением количественного содержания в их материале интерметаллических соединений / –С.-Пб.: Политехника, Металлообработка, 2022, № 1 (127)/2022, стр. 43...50.

6. Головкин П.А., Крюков А.В. / Обеспечение вакуумной плотности корпусов микросборок электронных СВЧ- приборов из алюминиево-магниевого сплава на этапе механической обработки / –М.: Технология машиностроения, 2022, № __, с. __...__.

7. ГОСТ 201-76 Тринатрийфосфат. Технические условия / –М.: Издательство стандартов, 1989. -12 с.

8. Грихилес С.Я. / Обезжиривание, травление и полирование металлов / под ред. П.М. Вячеславова / –Л.: «Машиностроение», ленинградское отделение, 1983. -104 с.

9. Щёлокова П.Ю., Беляков Н.В. / Основные проблемы назначения режимных параметров роторной галтовки металлических изделий в условиях серийного и мелкосерийного производства / –М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, Политехнический молодёжный журнал, № 3 (8), 2017.