

Краткое описание выполненных работ ОАО «ГРПЗ»

(Участие в номинации: «За создание новой технологии»)

Разработка и внедрение серийной технологии изготовления ФАР с электронным управлением лучом

ОАО «ГРПЗ» на сегодняшний день – единственное предприятие в России, серийно изготавливающее бортовой радиолокационный комплекс, оснащенный ФАР с ЭУЛ для истребителя СУ-35.

Для изготовления фазированных антенных систем необходимо жесткое соблюдение точностных параметров при механической обработке деталей из алюминиевых сплавов, сопоставляемых с отклонениями от номинальных значений при внешнем тепловом воздействии атмосферно-климатической зоны, где располагается оборудование и происходит данная обработка.. Многие детали имеют классы точности линейных размеров по 6 качеству (например, $\pm 0,014$ на длину 200 мм), радиальное биение диаметров – от 0,004 мм, перпендикулярность, соосность и параллельность поверхностей – от 0,01 мм, шероховатость поверхности – $Ra = 0.1-0.2$ мкм, что было достигнуто на прецизионном универсальном оборудовании класса точности 2 и выше.

Одна из ключевых, трудоемких и технологически сложных в изготовлении систем пассивной ФАР с ЭУЛ – волноводная распределительная система ВРС.

ВРС состоит из двух функциональных узлов – линеек ВРС, обеспечивающих запитку элементов излучающего раскрытия и волноводного распределителя с СВЧ-сумматором, запитывающего линейки ВРС. Была освоена технология изготовления линейки ВРС из тонкостенных (0,5-0,8 мм) алюминиевых деталей методом пайки в солях с последующей рихтовкой. Детали линеек в зависимости от толщины изготавливаются на автоматическом прессе с револьверной головкой или на обрабатывающих центрах. Точность получаемых изделий при максимальной длине около метра составляла $\pm 0,05$ мм при толщине материала 0,5 мм.

Процесс пайки в расплаве солей тонкостенных конструкций из алюминиевого проката является оптимальным для конструкций типа линеек ВРС, т.к. изделие находится в погружено-плавающем состоянии и при незначительной толщине соединяемых деталей возникающие деформации минимальны и при последующей рихтовке обеспечивается точность получения размеров волноводных каналов в пределах мм, при точности между $+0,1-0,05$ каналами $\pm 0,1$ мм.

Заключительный этап в изготовлении линеек ВРС – нанесение защитных химического (ХОФ) и лакокрасочного покрытий, причем для последнего предпочтение отдается методу электроосаждения.

Вторым важным составным элементом ВРС является волноводный распределитель. Волноводный распределитель выполнен в виде сборной конструкции, состоящей из двух основных сборочных единиц – блока магистральных волноводов со щелевыми пластинами (щелевые пластины изготавливаются аналогично стенкам линеек ВРС) и блока ответвителей с согласованными нагрузками.

Детали блока магистральных волноводов выполняются из алюминиевых сплавов с последующим нанесением комбинированного гальванического покрытия толщиной менее скин-слоя с хорошей адгезией к основному материалу.

В специальном приспособлении, обеспечивающем поджим деталей при последующей пайке, проводится сборка деталей в единую конструкцию с закладкой в необходимых местах низкотемпературной паяльной пасты. Далее проводится пайка в конвекционной печи, обеспечивающей постоянство температуры по всему объему в пределах $\pm 5^\circ\text{C}$.

Блок ответвителей выполнен пайкой в солях из деталей, выполненных на высокоточных обрабатывающих центрах и методом электроэрозии с последующей рихтовкой и механообработкой. Были решены вопросы по обеспечению высоких точностей ($\pm 0,05 \div 0,1$ мм при габаритах 1000 мм).

Решена задача обеспечения герметичности при сборке блока магистральных волноводов и блока ответвителей в единую конструкцию. Герметизация осуществляется резиноподобным компаундом по наружному контуру соединяемых деталей (длина герметизируемого контура более 2500 мм).

В процессе выполнения работ были разработаны и внедрены такие ключевые технологические процессы, как:

- высокоточная (до $\pm 0,05$ мм) механическая обработка крупногабаритных (свыше 1000 мм) деталей волноводной распределительной системы;

- гальваническое комбинированное покрытие типа медь-олово-цинк с компенсацией по электрохимическим потенциалам;

- пайка в солях тонкостенных ($0,3 \div 0,8$ мм) крупногабаритных (~ 1000 мм) деталей из алюминиевого проката;

- диффузионная пайка керамических и титановых изделий в вакууме;

- пайка пастами на основе олова по комбинированным покрытиям.

Следующим важнейшим элементом ФАР является фазовращатель. Для обеспечения серийного выпуска фазовращателей в ОАО «ГРПЗ» решены задачи, важнейшими из которых являлись:

- отработка методик полного пооперационного контроля ферритовых и керамических заготовок и деталей с созданием необходимых установок для контроля;

- разработка и изготовление автоматизированных рабочих мест с применением ПЭВМ. При этом за счет введения новых подходов к калибровке этих рабочих мест удалось достигнуть минимальных

погрешностей измерения, определяемых только погрешностью измерительных приборов;

- отработка технологии изготовления фазовращателей применительно к условиям серийного изготовления, с тем, чтобы получить требуемые характеристики фазовращателей при минимальной себестоимости, в том числе и за счет повышения процента выхода годных в процессе изготовления, настройки и испытаний фазовращателей.

При отработке технологии был решен ряд вопросов, связанных с изготовлением деталей для корпусов из титана методом штамповки с требуемой точностью и нанесения на них гальванического покрытия, разработкой оснастки, обеспечивающей высокую точность склейки элементов конструкции и сборки фазовращателя, отработкой технологии склейки и пропитки ферритовых деталей, определением требований к внешнему виду всех деталей и фазовращателю в целом, скоррелированных с параметрами фазовращателя.

Также была решена проблема нестабильности зазоров в замкнутой магнитной цепи фазовращателя. Магнитная система фазовращателя, состоящая из нескольких элементов (магнитопроводов, ферритового стержня, ферритовых проставок), скрепляется с помощью клея. Детали, входящие в магнитную систему, имеют по стыковочным размерам допуски, которые при неблагоприятных сочетаниях могут привести к появлению зазоров в замкнутой магнитной цепи, приводящих к уменьшению остаточного фазового сдвига и увеличению полей рассеивания, увеличивающих взаимные влияния фазовращателей в ФАР.

При воздействии дестабилизирующих факторов (вибрации, удары, циклическое изменение температур, предельные максимальные и минимальные температуры) зазоры увеличиваются из-за микротрещин в клеевых соединениях. В ОАО «ГРПЗ» было внедрено дополнительное механическое крепление магнитной системы – нитяной бандаж, что привело к значительному увеличению стабильности фазовых характеристик фазовращателя и увеличению процента выхода годных.

Внедрение и освоение новых технологий изготовления прецизионных деталей, организация отдельного производственного комплекса по производству фазовращателей – все это позволяет серийно выпускать ФАР с электронным управлением лучом для Су-35.

И.о. генерального директора
ОАО «ГРПЗ»



Ю.И. Зеленюк