

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
Образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский -на- Амуре государственный
Технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан ФАМТ


О.А. Красильникова
« 15 » 06 2021 г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой АС


С.Б. Марьин
« 11 » 06 2021 г.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОСНАСТКИ ДЛЯ ПКМ МЕТОДОМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Руководитель СКБ


И.В. Лозовский

Ответственный исполнитель


Я.П. Ерофеев

Комсомольск-на-Амуре 2021

Карточка проекта

Название	Изготовление оснастки для ПКМ методом аддитивных технологий
Тип проекта	Инициативный
Исполнители	Я.П. Ерофеев 7ТС-2 ответственный исполнитель
Срок реализации	03.21 Месяц, год

Использованное оборудование материалы и компоненты

Наименование	Количество, шт
Персональный компьютер	1
ПО T-flexCAD	
ПО Cura	
3D принтер	1
Филамент PLA	0,5 кг
Материалы ПКМ	

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



ЗАДАНИЕ

на разработку узла/изделия/проекта

Выдано студентам:

студент Ерофеев Ярослав Павлович группа 7ТС-2

Название проекта:

Изготовление оснастки для ПКМ методом аддитивных технологий

Назначение:

Технологическая оснастка предназначена для изготовления лопасти воздушного винта из углепластика.

Область использования:

Изготовление деталей БПЛА

Функциональное описание устройства:

Оснастка представляет собой пресс-форму или матрицу изготовленную с использованием 3Д печати.

Техническое описание устройства:

Оснастка изготавливается по FDM технологии. Материалом оснастки является пластик типа PLA или ABS

Требования:

Оснастка должна быть многоразовой, иметь высокую точность и чистоту рабочей поверхности, оптимальное время изготовления.

План работ:

№	Наименование работ	Срок
1	Сбор информации	Ноябрь 2020
	Разработка технологического процесса	Ноябрь 2020
2	Разработка 3D модели детали и оснастки	Декабрь 2020
3	Опытное формование детали. Определение технологических особенностей.	Февраль 2021
4	Выполнение отчета по работе	Март 2021

Комментарии:

Перечень графического материала:

1. 3Д модель детали
2. 3Д модель оснастки
3. Технологические рекомендации

Руководитель проекта



(подпись, дата)

И.В. Лозовский

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



ПАСПОРТ ПРОЕКТА УЗЛА/ИЗДЕЛИЯ

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОСНАСТКИ ДЛЯ ПКМ МЕТОДОМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Руководитель проекта

И.В. Лозовский

(подпись, дата)

Ответственный исполнитель

Я.П. Ерофеев

(подпись, дата)

Комсомольск-на-Амуре 2021

Полимерные композиционные материалы все шире применяются в производстве авиационной техники. На сегодняшний день доля агрегатов и узлов, изготовленных из ПКМ в гражданских авиалайнерах, достигает 50% (рисунок 1). Это связано с возможностью оптимизировать характеристики и геометрические параметры отдельных конструктивных элементов планера, что позволяет получить выигрыш в весе по сравнению с традиционными материалами (сталь, алюминий, титан и т.д.) на 10-15%, при этом процесс разработки конструкции включает в себя разработку материала (подбор типов армирующих материалов и связующего, определение их объемного содержания, количество слоев и их направление).

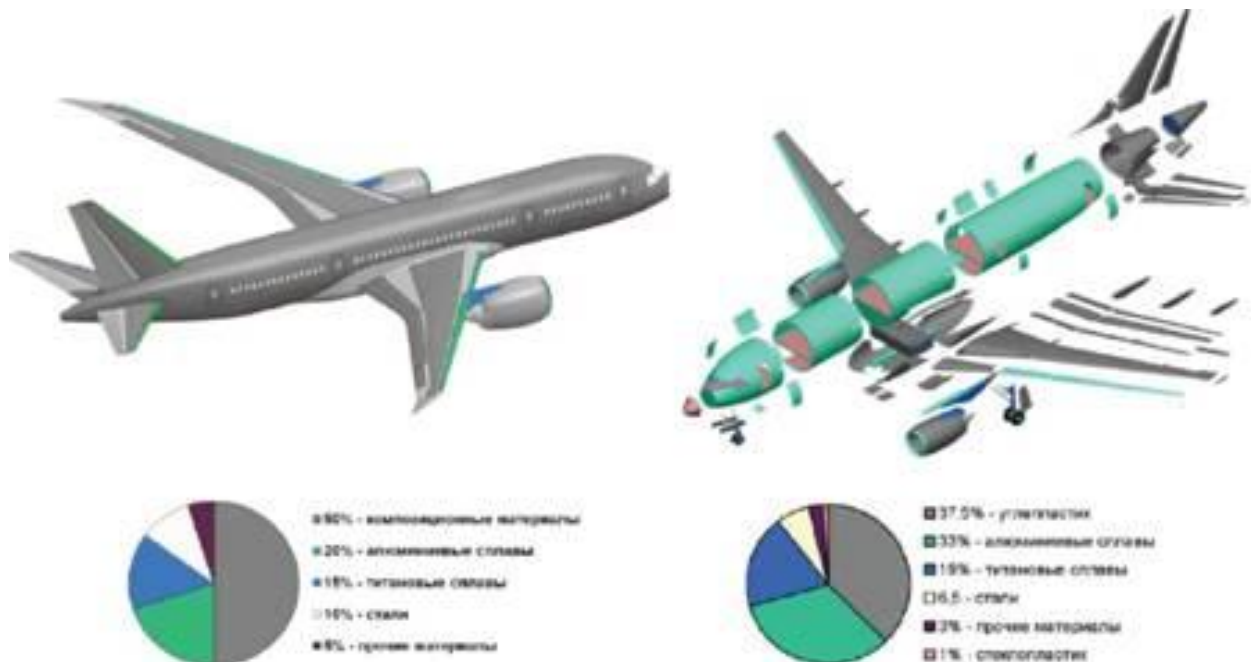


Рисунок 1 – Доля ПКМ в современных гражданских самолетах

Производство изделий из композитов с полимерной матрицей (ПКМ) основано на их способности принимать под давлением и при нагреве необходимую форму и полимеризоваться, переходя в твердое состояние. В общем случае ПКМ состоит из армирующих элементов и связующего (матрицы). К армирующим элементам относятся высокопрочные материалы (металлы и неметаллы), которые воспринимают нагрузку. Связующие служат для перераспределения нагрузки между армирующим элементами и

обеспечивают технологичность итоговой конструкции. Одним из главных недостатков ПКМ является высокий разброс свойств конечного материала и необходимость проведения большого объема испытаний на начальных этапах проектирования конкретной композиции. При разработке технологического процесса изготовления деталей из ПКМ особое внимание должно уделяться контролю деталей на разных этапах производственного цикла, т.к. одновременно производится формирование материала и конечного изделия.

Прессование является одним из старейших методов формования реактопластов и остается актуальным до настоящего времени. Для изготовления изделий авиационного назначения, как правило, применяется метод прямого горячего прессования. Суть метода заключается в следующем: предварительно изготовленный препрег раскраивается под параметры формуемого изделия, выкладывается в формующую оснастку и исполнительный механизм метода прессования (пуансон) воздействует на материал, расположенный в оснастке, в результате чего происходит формование. После придания формы изделия необходимо отвердить. Для этого используется формующая оснастка с обогревом.

К технологическим параметрам процесса можно отнести температуру формования, давление прессования и продолжительность выдержки под давлением.

Температура процесса в первую очередь зависит от температуры, при которой связующее переходит в вязкотекучее состояние, и конечной температуры отверждения связующего. В связи с этим процесс формования может протекать при постоянной температуре или по ступенчатой схеме; то же самое касается и давления прессования – в зависимости от характеристик связующего процесс может проходить при постоянном давлении или с периодическим изменением в процессе прессования. Следует также отметить, что для получения низкой пористости материала необходимо применение цикла подпрессовки для удаления летучих компонентов,

					СКБ.0.ИП.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		7

выделяющихся из исходной композиции, и газообразных продуктов реакции.

Продолжительность выдержки под давлением оказывает влияние на свойства конечного продукта, так как после выкладки формуемого пакета в оснастку, его обогрева и воздействия давления связующее переходит из высоковязкого состояния в низковязкое, а затем вследствие воздействия температуры отверждается. В связи с изменениями физических состояний связующего необходимо, чтобы, претерпевая все эти состояния, материал находился под давлением прессования в течение оптимального для этого материала времени. Соблюдение этого условия позволяет получать изделия с высокой точностью линейных размеров и равномерным распределением свойств по объему изделия. Следует также отметить, что для наиболее точной оценки продолжительности выдержки под давлением необходимо учитывать такие технологические параметры исходных компонентов, как вязкость связующего и коэффициент проницаемости армирующего наполнителя. Вязкость связующего – величина, зависящая от температуры, в связи с чем необходимо учитывать этот факт при расчете продолжительности выдержки под давлением. В свою очередь, коэффициент проницаемости зависит от текстильной структуры армирующего наполнителя и необходимо учитывать, что его величина будет изменяться в зависимости от используемого количества слоев волокнистого материала. После процесса отверждения связующего необходимо выдержать некоторое время изделие в закрытой оснастке под давлением для релаксации внутренних напряжений и фиксации формы изделия.

В настоящее время в качестве примеров изделий авиационного назначения, изготовленных методом прессования, можно привести обшивки хвостовых отсеков лопастей несущих винтов вертолетов, а также радиопрозрачные обтекатели различных летательных аппаратов.

К достоинствам данного метода можно отнести:

– относительную простоту технологического процесса;

					СКБ.О.ИП.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		8

– небольшое количество инструмента и расходных элементов, а также относительно невысокую стоимость оборудования в сравнении с конкурирующими технологиями.

К недостаткам данного метода можно отнести:

– низкую производительность процесса;
– ограничения по ассортименту изготавливаемых изделий в связи со сложностью формования узлов и агрегатов с многопрофильной поверхностью.

Сегодня одним из перспективнейших направлений в области изготовления деталей являются аддитивные технологии. Уже существуют опытное и промышленное оборудование (3D-принтеры), на котором можно изготавливать детали из различных материалов (пластиков, смол, металлов и др.) Из всего перечня задач, которые могут решаться при помощи 3D-принтеров, можно выделить следующие: изготовление макетов деталей при проектировании или презентации конструкции; непосредственное изготовление деталей конструкции; изготовление деталей всевозможной технологической оснастки.

Большое количество деталей в авиационных конструкциях изготавливаются из ПКМ. При изготовлении деталей из ПКМ, используются различные технологии формования, с использованием разнообразной технологической оснастки (формы, матрицы, пресс-формы, цулаги и др.) В работе предлагается изготавливать технологическую оснастку для ПКМ методом аддитивных технологий, т.е. печатать оснастку на 3D-принтере.

На рисунке 2 представлена блок-схема основных этапов предлагаемой технологии. Первый этап отличается от уже существующих технологических процессов, тем, что необходимо учитывать особенность проектирования деталей изготавливаемых на 3D принтерах, а так же, механические характеристики печатаемых деталей, возможные термические усадки материала. Третий этап предполагает механическую доработку, а именно,

					СКБ.0.ИП.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		9

уменьшения высоты гребешка и возможное покрытие дополнительным слоем (грунтом). Остальные этапы не имеют существенных особенностей по сравнению с известными технологическими процессами.

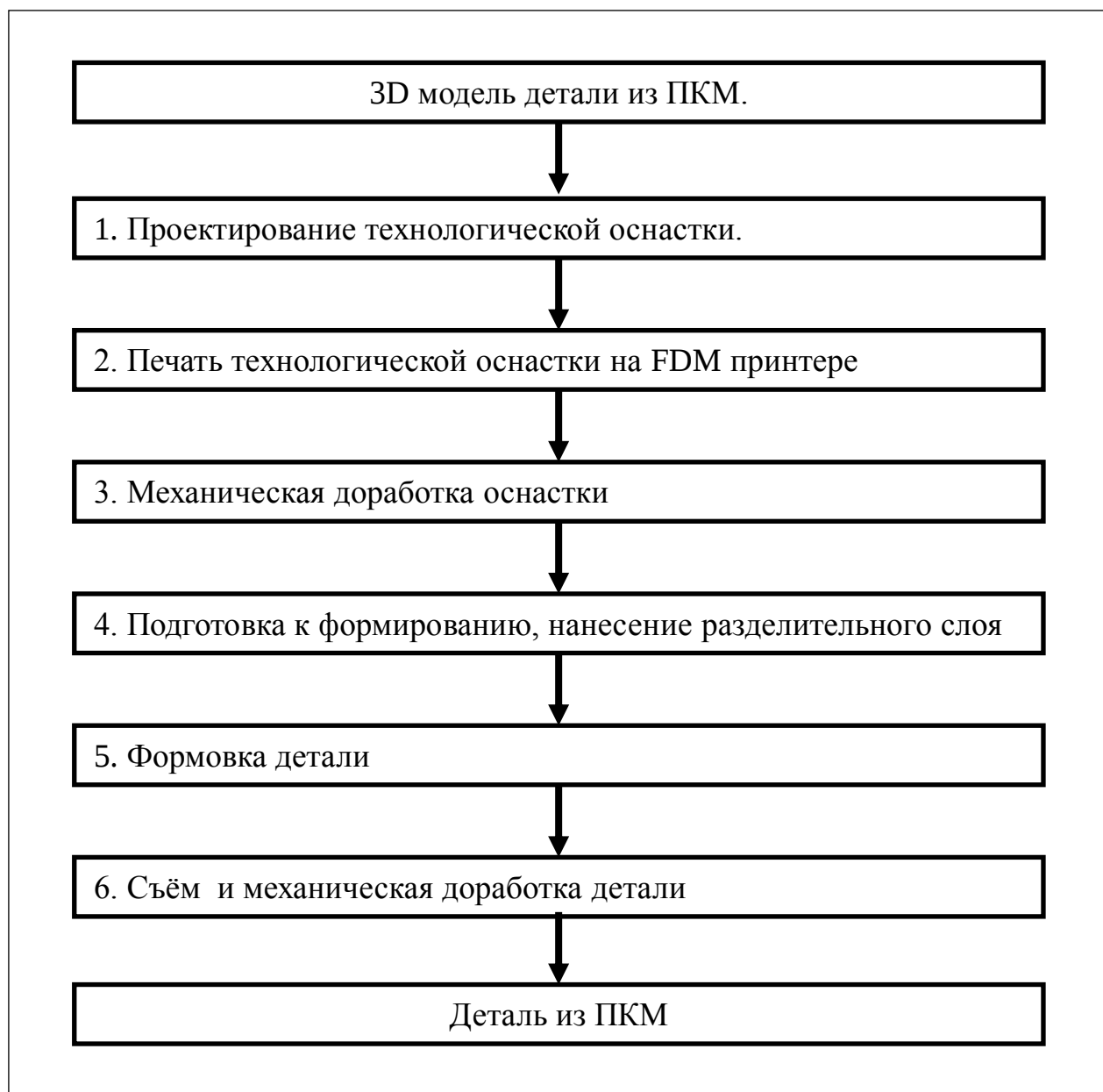


Рисунок 2 – Блок-схема изготовления оснастки для ПКМ методом аддитивных технологий.

По разработанной технологии были изготовлены углепластиковые лопасти воздушного винта БПЛА. На рисунке 3 представлена 3D-модель

оснастки для изготовления лопасти. Оснастка печаталась на принтере по FDM-технологии. Формование проводилось на основе смолы холодного отверждения при нормальных условиях.

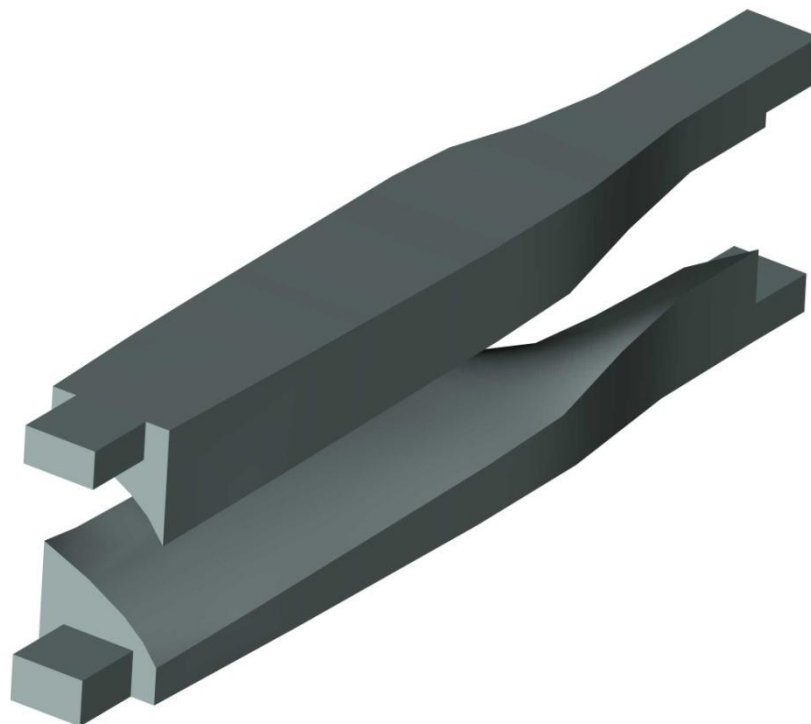


Рисунок 3 – Оснастка лопасти винта (3D-модель)

В ходе работы были выявлены следующие особенности: Сокращение общего времени изготовления оснастки; точность изготовленной оснастки составила порядка 0,1 мм; высота «гребешка» рабочей поверхности составила 0,1 мм; рабочая поверхность имеет слабые адгезивные свойства, что благоприятно для данной технологии; оснастку можно применять многократно; данную технологию нельзя использовать со смолами горячего отверждения или же необходимо использовать высокотемпературные пластики.

Результаты работы представлены на рисунках 4, 5.

					СКБ.0.ИП.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		11



Рисунок 4 – Форма для свободной выкладки, напечатанная на 3Д-принтере

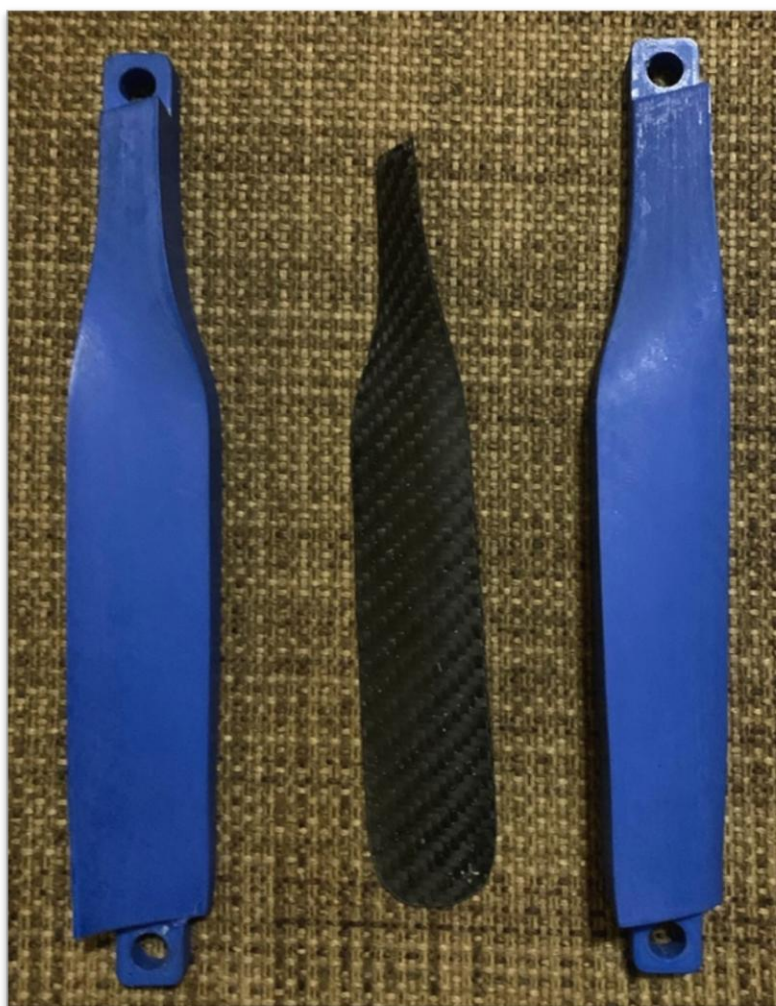


Рисунок 5 – Технологическая оснастка, готовая деталь

					СКБ.0.ИП.000000ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		

Список использованных источников:

1. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года /В сб. Авиационные материалы и технологии. Юбилейный науч.-технич. сб. (приложение к журналу «Авиационные материалы и технологии»). М.: ВИАМ. 2012. С. 7-17.
2. Гращенко Д.В., Чурсова Л.В. Стратегия развития композиционных и функциональных материалов /В сб. Авиационные материалы и технологии. Юбилейный науч.-технич. сб. (приложение к журналу «Авиационные материалы и технологии»). М.: ВИАМ. 2012. С. 231-242.
3. Буланов И.М., Воробей В.В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 1998. 513 с.
4. Пространственно-армированные композиционные материалы: Справочник / Ю.М. Тарнопольский, И.Г. Жигун, В.А. Поляков – М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.

					СКБ.0.ИП.000000ПЗ	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		13