

УДК 621.165

Мозговой В. Ф., Клочихин В. В.

АО «Мотор Сич». Украина, г. Запорожье

ОПЫТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ФЮЗЕЛЯЖА ВЕРТОЛЁТА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Обосновано, что внедрение высоких технологий и успешная эксплуатация высокоскоростного оборудования с ЧПУ с применением современной инструментальной оснастки при обработке композиционных материалов позволяет успешно развивать украинское вертолётостроение. Исследования, проведенные в производственных условиях, показывают широкие возможности в расширении номенклатуры обрабатываемых деталей из композитных материалов на высокоскоростном оборудовании. Рассмотренные особенности технологии обработки деталей вертолётостроения могут быть

использованы при дальнейших исследованиях в области обработки композиционных материалов и повышения надёжности авиационной техники. [dx.doi.org/10.29010/89.6]

Ключевые слова: высокие технологии; инструментальная оснастка; композитные материалы; авиационная техника.

Предприятие АО «Мотор Сич» проводит работы по созданию вертолётостроительной промышленности в Украине. Для этого за счёт собственных средств создано опытно-конструкторское бюро, сертифицированное авиационными властями Украины в качестве разработчиков авиационной техники. Вертолётное производство включает в себя механические и сборочные цеха, оснащённые самым современным оборудованием, участок по снятию и нанесению лакокрасочных покрытий, измерительный и лётно-испытательный комплекс, тренажёрный центр для подготовки экипажей.

Наряду с модернизацией известных моделей вертолётов, таких как самый массовый в мире транспортно-десантный вертолёт Ми-8Т модернизированный в профиль Ми-8МСБ с двигателями ТВЗ-117ВМА-СБМ1В 4Е сер., предприятие АО «Мотор Сич» также является разработчиком лёгких вертолётов. Первым сертифицированным лёгким вертолётном, разработанным в АО «Мотор Сич» стал Ми-2 с двигателями АИ-450М-Б.

Следующим этапом стало создание многоцелевого вертолёта МСБ-2 («Надія») (рис. 1) с двигателями АИ-450М-П мощностью по 465 л.с. частично унифицированный с Ми-2. На предприятии был изготовлен опытный экземпляр вертолёта МСБ-2, который прошёл цикл наземных испытаний и совершил в 2018 году первый успешный полёт. Отличительной особенностью этого вертолёта является то, что он полностью собран из комплектующих украинского производства и включает широкое применение композитных материалов. Из композитных материалов выполнена кабина пилотов, несущие и рулевые винты, капоты, что позволило снизить массу конструкции вертолёта.

Композитные материалы открывают новую страницу перспективного направления развития авиационной промышленности, и в обозримом будущем способны заменить авиационные изделия из алюминия и титана. В частности, изготовление композитных лопастей позволит воздушной машине иметь повышенный ресурс, долговременную эксплуатацию, возможность обеспечить большую грузоподъёмность.

Наряду с неоспоримыми качествами композитных материалов — прочность, лёгкость, долговечность, устойчивость к коррозии, новые материалы поставили ряд технических вопросов, основным из которых является проблема достаточной прочности.

Характеристики прочности материала должны быть основаны на достаточном количестве испыта-



Рис. 1. Многоцелевой вертолёт «Надія»

ний материала, удовлетворяющих техническим требованиям. Прочность конструкции деталей и их изготовление должны сводить к минимуму вероятность катастрофического усталостного разрушения, особенно в местах концентрации напряжений. На предприятии АО «Мотор Сич» все показатели, связанные с проверкой нагрузки, прочности, надёжности деталей из композитных материалов контролируется на современных промышленных томографах.

Одним из важных компонентов вертолёта МСБ-2 является кабина экипажа, выполненная из композитного материала. Кабина экипажа должна удовлетворять определённым требованиям:

1. Кабина и её оборудование должны позволять каждому пилоту выполнять свои обязанности без чрезмерного повышения внимания или утомления;
2. Вибрации и шум от устройств в кабине экипажа не должны мешать безопасной работе;
3. Необходимо предотвратить проникновение внешних осадков в кабину пилотов;
4. Кабина должна позволять осуществлять неискажаемый обзор для безопасной эксплуатации;
5. В кабине экипажа не должно быть бликов и отражений, способных помешать обзору пилота;
6. Лобовое и боковое остекление должно быть выполнено из материалов, не разбивающиеся на осколки.

Форма фюзеляжа вертолёта определяется его конструктивно-силовой схемой, аэродинамической компоновкой, назначением и условиями эксплуатации воздушного судна. Для вертолёта «Надія» характерно расположение над центральной частью фюзеляжа гондол двигателей, редукторного и вентиляторного отсеков, а также наличие неубирающегося шасси.

Для реализации инновационных конструкторских замыслов технологическая служба предприятия решает ряд важных задач по обеспечению про-

Установка носовой части

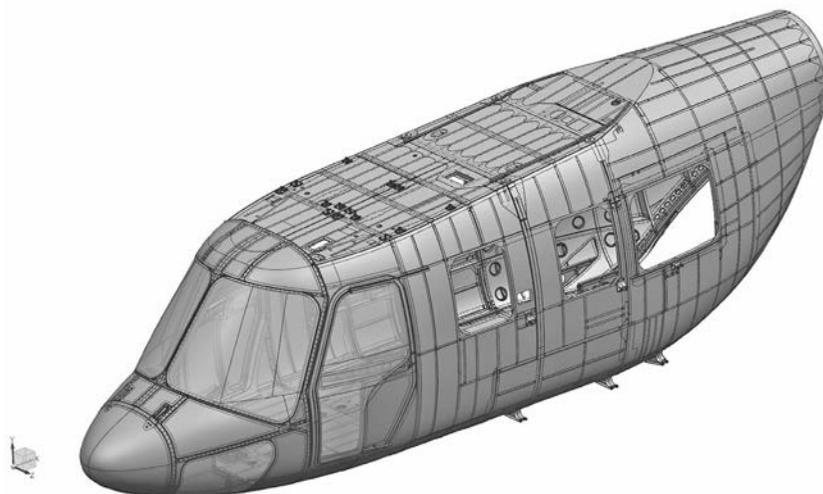


Рис. 2. Носовая часть фюзеляжа вертолёта

изводства технологиями обработки деталей вертолёта на современном оборудовании с ЧПУ, сборку и испытание вертолётных агрегатов. Конструкция капота вертолёта предусматривает применение различных композитных материалов на основе высокотемпературного полиамидного связующего. Ряд деталей фюзеляжа вертолёта выполнены из стеклопластика на основе высокотемпературного эпоксидного связующего.

Технология изготовления деталей из ПКМ включает:

- раскрой препрегов по выкройкам;
- выкладка вырезанных заготовок на формообразующую основу;
- вакуумирование и отверждение детали под вакуумным давлением и повышенной температуре в печи.

Выклеенные на формообразующую основу слои полимерного материала формируют «скорлупу» деталей фюзеляжа вертолёта, которые определяют их очертания и внешний вид. Для создания такой формообразующей основы существует два пути.

Первый — это изготовление основы из металла, что довольно дорогой и длительный процесс. Второй — изготовление мастер-моделей из современных композиционных материалов.

После проведенного поиска и ряда исследований была разработана и внедрена технология изготовления композитной формующей оснастки из материала компании AIRTECH. В качестве модельного материала был применён известный композитный материал RAKU TOOL WB-0801/50 производства компании RAMPF. Материал относится к группе модельных аморфных материалов и отличается высокой степенью обрабатываемости, высокой адгезией при нанесении на него технологических полимерных покрытий при последующей выклейки на него стеклопластика. По одной

мастер-модели можно сделать несколько форм, что значительно сокращает сроки подготовки производства. Материал поставляется в виде плит толщиной 50 и 100 мм.

Первым этапом изготовления заготовки для будущей основы носовой части фюзеляжа (рис. 2) является раскрой полимерных плит.

Для этого строились плоские сечения моделей заготовки с учётом припуска под механическую обработку 17–20 мм. Затем полученные слои собирались в модель корпуса вертолёта и будущая модель заготовки проверялась на гарантированность припуска по готовой детали. При получении положительного результата выполнялась послойная распечатка на бумаге монтажного чертежа заготовки корпуса вертолёта в масштабе 1:1. По этим выкройкам размечались плиты и осуществлялась послойная вырезка элементов заготовки. Затем вырезанные слои собирались и склеивались между собой специальным клеем в соответствии с монтажным чертежом. Полимеризация клея осуществлялась в течении 24 часов (рис. 3).

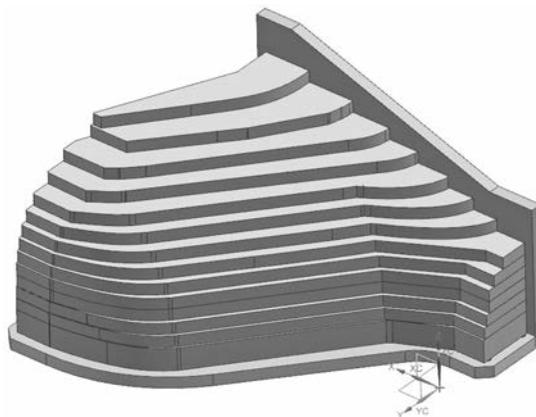


Рис. 3. Модель склеенной заготовки



Рис. 4. Установленная заготовка на станке



Рис. 5. Обработка модели на станке

Такая технология изготовления заготовки позволила сэкономить дорогостоящий модельный материал плит. После сушки склеенная заготовка готова к последующей механической обработке на станке. В процессе склеивания применялись методы взаимной фиксации слоёв для равномерного выдерживания технологического припуска под механическую обработку.

При изготовлении заготовок для других деталей фюзеляжа вертолёта применялась та же технология. Разница состояла в конфигурации и габаритах вырезаемых слоёв.

Для придания дополнительной жёсткости заготовкам перед транспортированием и установкой их на станок, собранная конструкция крепилась болтами к несущей стальной плите или к сварной раме из швеллеров (рис. 4). Конструкция поднималась и опускалась на станок кран-балкой при помощи рым-болтов. После закрепления на станке рым-

болты выкручивались, чтобы не мешать процессу обработки (рис. 5).

Обработка заготовок осуществлялась на 5-ти координатном оборудовании с ЧПУ. Такая схема обработки применялась на станках КХ-200 фирмы HURON, HP-2616 и HPline Plus фирмы ROBOT SYSTEMS.

Станки моделей HP-2616 и HPline Plus были специально приобретены для обработки деталей из композитных материалов и лёгких сплавов. Технические возможности 5-ти координатных станков позволили выполнить обработку деталей, с так называемыми, теньевыми зонами за счёт особой конструкции поворотной головки шпинделя (рис. 6).

Определённая группа деталей также обрабатывалась на модернизированных АО «Мотор Сич» станках модели ИС-800. Станки оснащены поворотными столами собственного производства. На этих станках заготовки устанавливались на 5-ой

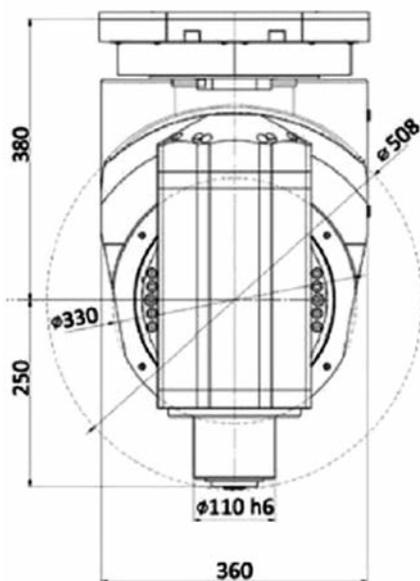


Рис. 6. Шпиндельная головка станка HP-2616 и HPline plus



Рис. 7. Модернизированный станок ИС-800 с системой ЧПУ Sinumerik-840D

круговой оси с возможностью вращения (рис. 7). Компоновка станков позволила при необходимости также выполнить 5-ти осевую синхронную обработку деталей.

Для расчёта управляющих программ применялась CAD/CAM система UG/NX. Сгенерированная траектория движения режущего инструмента контролировалась стандартными методами (рис. 8).

Для обработки деталей применялся цельнотвердосплавный режущий инструмент собственного проектирования и изготовления из материала H10F. Инструмент крепился по цилиндрическому хвостовику в цанговый зажим. Обладая превосходной обрабатываемостью материал RAKU TOOL позволил применить оптимальные режимы резания, отличные от режимов резания сталей и сплавов.

Задача обработки заготовок сводилась не только к обработке единичной детали. В планах развития стояла задача освоения всего спектра специфических деталей вертолётного производства. И эта

задача была успешно решена. Все детали были изготовлены из материала RAKU TOOL. К таким деталям относится левая и правая дверь кабины, подфарники, левая и правая лутка двери, держатели и много других.

Черновая обработка проводилась торцевыми и сферическими концевыми фрезами диаметром от 40 до 6 мм из материала H10F. Финишная обработка выполнялась сферическими фрезами диаметром 20 мм и коническими микрофрезами диаметром 2 мм.

Режимы резания составляли: $n = 12000$ об/мин, подача до $F = 5000$ мм/мин. Для микрофрез режимы резания составляли соответственно 120–130% от указанных (рис. 9).

После обработки детали проходили измерение на измерительной машине, и по результатам замеров принималось решение о дальнейших действиях по продолжению технологического процесса.

Для подготовки матриц к выклейке детали из RAKU TOOL покрывались специальными состава-

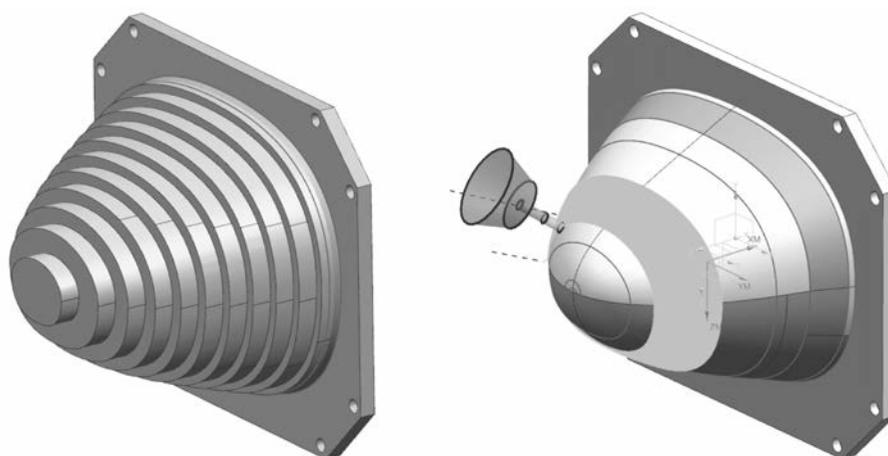


Рис. 8. Заготовка носового кока вертолётного производства и процесс обработки в системе UG/NX



Рис. 9. 5-ти координатная обработка матрицы двери

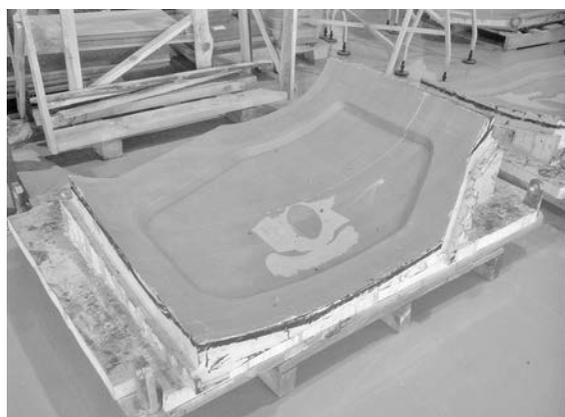


Рис. 10. Обработанные матрицы деталей фюзеляжа вертолѐта

ми, препятствующими сцеплению основного материала и обклеивающей ткани. Окончательный вид готовых матриц представлен на рис. 10.

Обработка композиционных материалов сводилась не только к обработке деталей из материала RAKU TOOL. Широкое практическое применение нашли детали фюзеляжа вертолѐта выполненные из материала RONACELL. Этот материал характеризуется высоким коэффициентом поглощения шума. Детали из этого материала служат для заполнения пустот в межшпангоутном пространстве фюзеляжа и конструкции лопастей. Материал после склеивания по месту позволяет повысить общую жѐсткость конструкции и снизить уровень вибраций.

К таким деталям относятся детали типа вставки, наполнители и т.д. (рис. 11).

Обработка деталей проводилась на тех же станках, что и обработка деталей из RAKU TOOL. При



Рис. 11. Детали из материала RONACELL



Рис. 12. Обработка детали из ROHACELL

построении технологического процесса обработки для базирования заготовки широко применялись технологические прихваты с заранее просверленными высокоточными отверстиями, которыми заготовка устанавливалась на штифты приспособления и прижималась прихватами через гайки (рис. 12).

Режущий инструмент не отличался от применяемого инструмента для обработки деталей из материала RAKU TOOL. Обработка проводилась без применения СОЖ на режимах: $n = 12000$ об/мин, $F_m = 3150$ мм/мин.

Номенклатура режущего инструмента состояла из набора фрез цилиндрической и сферической конструкции типа «морковки».

Внедрение высоких технологий и успешная эксплуатация высокоскоростного оборудования

с ЧПУ с применением современной

инструментальной оснастки при обработке композиционных материалов позволяет успешно развивать украинское вертолётостроение (рис. 13). Исследования, проведенные в производственных условиях, показывают широкие возможности в расширении номенклатуры обрабатываемых деталей из композитных материалов на высокоскоростном оборудовании. Рассмотренные особенности технологии обработки деталей вертолётостроения могут быть использованы при дальнейших исследованиях в области обработки композиционных материалов и повышения надёжности авиационной техники.



Рис. 13. Кабина вертолётостроения из композитного материала

Mozgovoj V. F., Klochikhin V. V.

Motor Sich, JSC. Ukraine, Zaporozhye

EXPERIENCE IN MANUFACTURING HELICOPTER FUSELAGE PARTS FROM COMPOSITE MATERIALS ON CNC MACHINES

It is proved that the introduction of high technologies and the successful operation of high-speed CNC equipment using modern tooling in the processing of composite materials allows us to successfully develop Ukrainian helicopter engineering. Studies conducted under production conditions show great potential in expanding the range of machined parts made of composite materials on high-speed equipment. The considered features of the technology for processing parts of a helicopter can be used in further research in the field of processing composite materials and improving the reliability of aircraft. [dx.doi.org/10.29010/89.6]

Keywords: high technology; tooling; composite materials; aviation technology.