

## СОЗДАНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИЗГОТОВЛЕНИЯ АГРЕГАТОВ РКТ ИЗ ПКМ

В конструкциях современных агрегатов ракетно-космической техники (РКТ), таких как хвостовые и переходные отсеки, сопловые блоки (СБ) ракетных двигателей на твердом топливе (РДТТ), определяющее значение имеют различные полимерные композиционные материалы (ПКМ) - угле-, стекло- и органопластики, УУКМ и другие. Массовая доля этих материалов в конструкции СБ до 80%.

Необходимо отметить, уровень производства СБ РДТТ в значительной степени определяется уровнем технологии переработки ПКМ в изделия.

Создание технологического комплекса потребовало решения целого ряда сложных проблем по разработке и внедрению технологии и уникального оборудования, при этом задача осложнялась отсутствием аналогов в отечественной и мировой практике.

Разработаны и внедрены технологии следующих элементов СБ РДТТ: изготовление деталей из эрозионностойких углепластиков; изготовление силовых оболочек раструбов из конструкционных стекло- и высокомодульных углепластиков; клеесборочные работы при производстве СБ.

Разработана технология изготовления элементов СБ РДТТ из эрозионностойких углепластиков, которая состоит из следующих основных операций: пропитка и разрезка углеродных материалов; намотка пропитанных материалов на оправку, оформляющую внутренний контур деталей; отверждение деталей по определенному температурному режиму с одновременным обеспечением требуемых величин давления и вакуума; механическая обработка и контроль качества готовых деталей; намотка силовой оболочки и клеесборка.

Создан технологический комплекс, полностью обеспечивающий изготовление СВ РДТТ. В его состав входят следующие специализированные производственные участки: участок подготовки материалов; участок намотки и прямого прессования теплозащитных деталей из углепластиков; участок намотки конструкционных деталей из органо- и угленитей (жгутов); участок автоклавного формования углепластиковых деталей; участок клеесборки и пневмоиспытаний клеевых швов СВ РДТТ и др.

Участок подготовки материалов предназначен для получения препрегов на основе углеткани УТМ-8, технической ткани УУТ-2, углеродных трикотажных материалов УТЛ, УТЛ-ПУ, Урал-Тр, углеродно-вольфрамового трикотажа пропитанных связующим ФН, и стеклоленты ЛЭС, пропитанной связующим ЭДТ-10П. Участок оснащен уникальным оборудованием: пропиточными машинами МПТ-3, машинами для резки углеродных материалов МРТ-2, перемоточными станками СПК-5. Указанный комплекс оборудования, позволяет получать качественные препреги для изготовления деталей специзделий и изделий гражданского назначения из ПКМ.

Определены оптимальные параметры пропитки угле- и стеклотканей на пропиточной машине МПТ-3. Обогрев пропитанного материала в шахтах пропиточной машины основан на принципе аэродинамических потерь. В результате исследований для каждого типа наполнителя и его марки, определены вязкость связующего и скорость пропитки, обеспечивающие заданные массовые доли летучих и связующего. Внедрена технология многоручьевой пропитки (3 - 4) ленты, что в несколько раз повысило производительность труда и сократило расход энергозатрат.

Полотна углетканей разрезались на машине МРТ-2 до и после пропитки. Исследовано влияние режущих элементов, способов резки и вида разрезаемого материала для получения лент с минимальной ворсистостью по кромкам. Внедрение результатов исследований позволило применить машину МРТ-2 для резки углема-

материалов всех видов с качественной линией реза и разбросом в ширине не более 2 мм, что позволило уменьшить расход дорогостоящих углематериалов. Определены оптимальные параметры разрезки. Исследована технология разделения препрега углеродного трикотажа «Урал-Тр» на ленты методом раздира без применения ножей, при которой получено удовлетворительное качество кромок лент.

Для подготовки препрегов в виде лент к операции намотки осуществлялась перематка их с вала пропитмашин на бобину на станке СПТ-5М с коррекцией по одной из кромок и предварительным натяжением.

Намотка углеродных материалов для деталей из эрозионно-стойких углепластиков производится на специальном станке с программным управлением СПН-5М. Станок обеспечивает намотку деталей типа раструба, выходного конуса и других с обеспечением заданных величин шага намотки и натяжения ленты. Станки этой серии обеспечивают изготовление деталей диаметром 200...2900 мм. Усилие натяжения ленты и шаг намотки задается с пульта управления, смонтированного на площадке обслуживания. Натяжитель НЛ-8 позволяет наматывать ленты шириной до 300 мм. Разработаны оптимальные схемы намотки оболочек типа раструба, внедрение которых позволило повысить КИМ деталей на 15...25%.

Отработана и освоена технология изготовления деталей из ПКМ прессовым методом с использованием прессов ДБ2234 (Q=1000т), ДБ2236 (Q=400т), ДБ2238А (Q=630т). Температурный режим в процессе отверждения на прессах поддерживался установками регулирования температуры пресс-форм (УРТП-2). Исследованы и освоены многоступенчатые пресс-формы, в частности, для плоских деталей, что позволило повысить производительность труда.

Исследована и опробована технология гидроклавого формования. Используются гидроклавные установки диаметром 2500, 1500 и 500 мм. Отверждение углепластиковых заготовок производилось

при давлении 4,0 МПа и температуре 160 °С. Однако, гидроклавное формование деталей имеет ряд существенных недостатков: оправка устанавливается в гидроклав малым торцом вниз, что приводит к сползанию пакета и, соответственно, к необходимости увеличения припуска под механическую обработку, что приводило к дополнительному расходу дорогостоящего материала; высокий перепад температур по высоте гидроклава, что сказывалось на качестве отверждения углепластиковых деталей; низкая герметичность отверждаемых деталей из-за низкой термостойкости материала резиновых мешков. На основании этого был сделан вывод о нецелесообразности дальнейшего использования гидроклавной технологии для изготовления ДСЕ из ПКМ изделий специального назначения.

Взамен гидроклавной технологии была освоена вакуум-автоклавная технология формования углепластиковых деталей в автоклаве АП-6, в котором в качестве рабочей среды используется азот. Обогрев рабочего пространства основан на принципе аэродинамических потерь. Разработаны и внедрены режимы вакуум-автоклавного формования углепластиковых деталей, обеспечивающие сокращения расхода азота на 30% и снижение брака за счет исключения образования трещин в отвержденной заготовке на этапе охлаждения.

Качество деталей контролируется на образцах, вырезанных из технологических припусков заготовок. Сдаточными характеристиками материала являются его плотность, содержание смолы, степень ее отверждения и предел прочности материала при сжатии.

Качество материала на наличие в нем скрытых дефектов, таких как несплошности, расслоения и поры контролируется на установке ультразвукового контроля (УЗК) "Волна".

Изготовление силовых оболочек раструба из конструкционных полимерных композиционных материалов осуществляется на станках КУ-421-01М с программным управлением по 5 координатам. Намотка

производится, вдоль геодезических линий "мокрым" способом, с пропиткой сформированной ленты непосредственно на станке, с обеспечением определяющих параметров намотки - величины наноса смолы на ленту и ее натяжения. Осуществлен переход с ранее применяемых нитей, образующих однонаправленную ленту, на жгут, что позволило сократить цикл намотки на 40% и существенно упростить обслуживание нитетракта, как во время подготовки к намотке, так и во время работы. Осуществлен переход от намотки органожгутами к намотке силовых оболочек углежгутами на основе материала УКН-5000. Коническая форма раструбов имеет большой перепад диаметров, что приводит при геодезической намотке СО к разнотолщинности, то есть к завышению толщины оболочки у малого торца раструба. Разработаны и внедрены оптимальные зональные схемы намотки СО, что позволило обеспечить равнопрочность и равнотолщинность оболочек и снизить расход материалов.

После намотки силовые оболочки отверждаются по определенному режиму в печах АРП-15 с аэродинамическим подогревом. Для исключения стекания связующего с материала СО при ее нагреве в печи в первые часы, что приводило к разнотолщинности, опробована и внедрена технология вращения оправок в печах.

Качество материала силовых оболочек контролируется по плотности, содержанию смолы в материале и степени ее отверждения. Наличие внутренних дефектов в материале, таких как несплошность, расслоение и неприклеи к элементу из эрозионно-стойкого углепластика контролируется на установке "Волна".

Опыт отработки и внедрения технологии склейки при производстве СВ РДТТ показывает, что помимо общей культуры производства при проведении клеесборочных работ важное значение имеет обеспечение требуемых величин клеевых зазоров. Определены оптимальные величины клеевых зазоров, качество клеевых соединений было доведено до требуемого уровня.