

УДК 629.7.027

Установка формирования пресспакетов тормозных дисков авиационных колес: от идеи до реализации

Донюков И.А.*, Маслов Ю.В., Мищенко В.Ю.***, Триадский Н.Н.******

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия

*e-mail: donykov@mail.ru

**e-mail: mas104mai@mail.ru

***e-mail: vic103@mai.ru

****e-mail: triadskiy@gmail.com

Аннотация

Рассматриваются вопросы разработки и создания опытно-промышленной установки формирования пресспакетов тормозных дисков авиационных колес из углерод-углеродных композиционных материалов. Приведены основные особенности разработанной установки и ее составные части. Также рассматривается технологический процесс создания смеси материалов необходимого качества.

Ключевые слова: композиционные материалы, тормозные диски, угольное волокно, каменноугольный пек.

Общей тенденцией развития и совершенствования современных транспортных средств является повышение мощности и увеличение скорости движения. А значит, актуальнее становится проблема торможения. Все возрастающие требования по энергонагруженности тормозных устройств постоянно

стимулируют исследования по созданию новых типов фрикционных материалов с более высокими эксплуатационными характеристиками. Среди современных фрикционных материалов последнего поколения, которые потенциально могут быть использованы в высоконагруженных системах торможения, особое место занимают композиционные материалы (КМ) с углеродной матрицей и наполнителем (УУКМ).

Можно отметить следующие преимущества систем торможения на основе УУКМ по сравнению с системами на основе традиционных фрикционных материалов:

- относительно малая плотность, позволяющая уменьшить вес систем торможения (примерно на 40-60%);
- высокая стойкость к изнашиванию в различных атмосферных условиях, что позволяет существенно увеличить количество торможений до ремонта;
- способность поглощать при торможении большое количество кинетической энергии путем преобразования ее в тепловую. При этом элементы тормозных устройств работают без повреждения;
- высокая стойкость к термическому удару;
- высокая допустимая температура эксплуатации - более 1273° К.

Крупнейшими мировыми производителями тормозных дисков для авиационной и авиакосмической техники из углерод-углеродных материалов являются Honeywell (США), CarboneLorraine (Франция), KoreaAerospaceIndustry, Ltd (Корея) и ряд других. Из российских компаний, занимавшихся разработкой тормозных дисков из УУКМ, можно выделить ОАО НПО «Комполит» (УУКМ марки «АРГОЛОН») и ФГУП «НИИГрафит» (УУКМ марки ТЕРМАР). Тормозные

устройства с монодисками из углерод-углеродного материала применяются на российских самолетах – Ил-96Т/М, Ту-204, Ту-214, Ту-160, Ан-124, самолетов фирмы «Сухой»; на самолетах производства США - B767, B777, F-15, F-16, F-22, B-32; Евросоюза - A330/340 и ряда других.

В настоящее время одной из основных производственных площадок для производства тормозных дисков является ЗАО «НПО Авиауглерод» (г. Новочеркасск).

Благодаря сквозным системам проектирования и анализа качества от сырья до конструкции готового изделия АК "Рубин" при участии ведущих научно-исследовательских центров была создана оригинальная технология, отличающаяся коротким производственным циклом и низкой себестоимостью, и разработаны новые материалы: Термар-ДФ-П, Термар-СТД-У, Термар-АДФ-ОС, Термар-ФММ-СФ. Эти материалы обладают повышенными плотностью, теплопроводностью, прочностью и износостойкостью, стабильными фрикционными свойствами по сравнению с ранее выпускавшимися материалами, которые по эксплуатационным характеристикам и ресурсу не уступают зарубежным аналогам.

На ЗАО «НПО Авиауглерод» производство дисков осуществляется на установках УАФП-2 и УАФП-3 производства Савеловского машиностроительного завода. Опыт эксплуатации установок выявил целый ряд недостатков, среди которых наиболее серьезными являются следующие:

1. Неоднородность волокнистой структуры пресспакета вследствие неравномерности процесса подачи и осаждения волокна в камере.

2. Недостаточный уровень механизации и автоматизации – наличие ручных трудоемких операций.
3. Недостаточная производительность установки.
4. Длительность и трудоемкость перенастройки установки с одного типоразмера пресспакета на другой.
5. Плохое расщепление УВ
6. Неравномерность подачи пека из-за склонности к «слипанию»
7. Неравномерная и «склоченная» структура создаваемого пакета
8. Несоответствие существующим экологическим стандартам
9. Большая длительность процесса формирования
10. Высокая стоимость
11. Высокий процент брака

Кроме того, к недостаткам установки можно отнести ее значительные габаритные размеры, вес и энергоемкость.

С целью устранения отмеченных недостатков на первом этапе проведен ряд исследований по совершенствованию существующих установок.

Первоначально был проведен аэродинамический расчет существующей установки УАФП-3. В результате расчета были определены возможные пути усовершенствования существующей установки, но для реализации требовалось большое количество различных экспериментов и, кроме того, не устранялись такие проблемы как габариты установки, условия труда рабочих, неравномерность структуры полученного пресспакета, не затрагивались вопросы резки волокна и помола пека перед их подачей в камеру смешения.

В тоже время анализ результатов проведенных расчетов показывает, что аэродинамический метод формирования пресспакетов тормозных дисков в установке УАФП-3 обладает целым рядом недостатков:

- расщепленное волокно подается в блок формирования пресспакетов через воздуховод меньшего диаметра, чем в зоне расщепления. В результате это, попадая в более узкий воздуховод, расщепленное волокно сцепляется между собой, образуя сгустки угольной ваты, и увеличивает свою кинетическую энергию.

- подача пека сверху рассыпанием из дозатора приводит к неравномерности его подачи в камеру формирования пресспакета из-за склонности к «слипанию» и встречи с аэродинамическим потоком, подающим расщепленное углеволокно.

Все это приводит к неравномерности структуры при формировании пресспакета.

С учетом указанных недостатков конструкции был предложен новый способ формирования пресспакетов, что в свою очередь потребовало изменение всего облика установки.

Создаваемая установка должна быть:

- модульной;
- легко перенастраиваемой под различные размеры прессформ;
- ремонтпригодной, причем ремонт должен осуществляться за счет замены модулей, вышедших из строя;
- проста в эксплуатации;
- снабжена пневмоавтоматикой с целью снижения от применения электрооборудования;

- достаточно компакта с относительно небольшим весом и энергоемкостью;
- иметь в своем составе машину резки и устройство размола пека;
- перспективна с точки зрения создания с ее помощью изделий различных пространственных форм.

Способ формирования пресспакетов основан на свойствах эжекции, что позволяет сделать компактным весь механизм подачи и смешивания компонентов.

Для проверки возможности создания пресспакета в условиях действующего предприятия на действующей установке УАФП-2 на НПО «Авиауглерод» (г. Новочеркасск) был проведен ряд экспериментов.

Для этого на установке резки углеволокна был расположен специально спроектированный приемник щелевого типа и забор волокна осуществлялся напрямую эжектором из-под резки с последующей его подачей в зону формирования пресспакета. При проведении эксперимента были определены необходимые зависимости давления и геометрические параметры, как щелевого приемника, так и эжектора, а так же углы установки и взаимное расположение щелевого приемника относительно зоны выброса отрезанного углеродного волокна из под ножей установки резки. Эксперименты проводились на карбонизированном волокне фирмы «Zoltek».

Итогом исследований в условиях действующего предприятия является то, что предложенный и опробованный метод был признан перспективным.

По результатам предварительных исследований установки формования пресспакетов на ЗАО НПО «Авиауглерод» была разработана трехмерная модель модельной установки, в которой были учтены все вопросы, возникающие при

проведенных экспериментах. Модель представлена на Рис. 1. На основании трехмерной модели были изготовлены все детали, входящие в конструкцию установки и осуществлена ее сборка, представленная на Рис. 2.

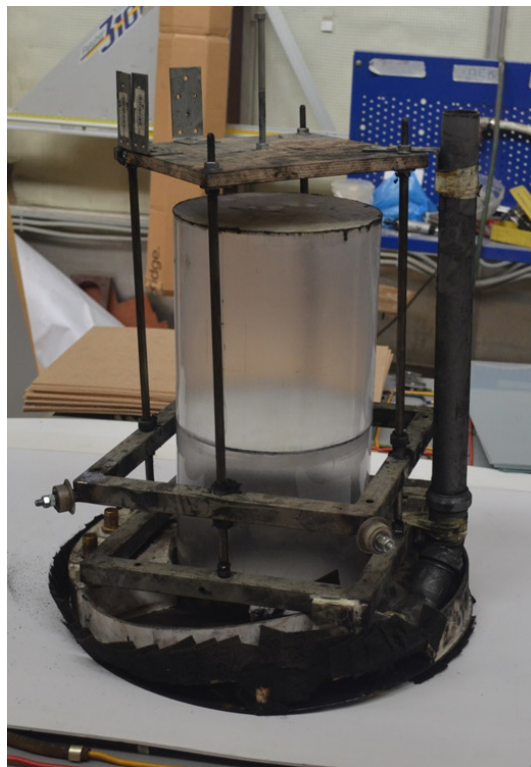
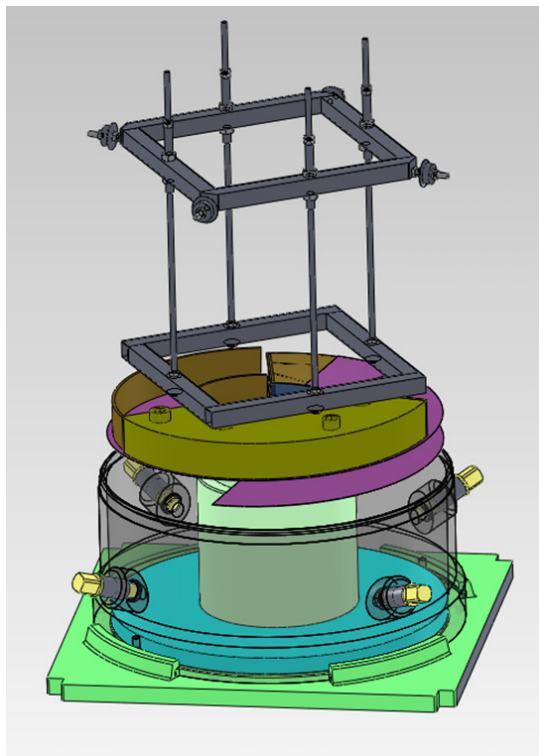


Рис.1. Трехмерная модель Рис. 2. Модельная установка
модельной установки

Одной из серьезных проблем, выявленной при проверке возможности создания пресспакета в условиях действующего предприятия на действующей установке УАФП-2 на НПО «Авиауглерод» (г. Новочеркасск), была установка для резки углеволокна, которая не обеспечивала требуемое качество углеволокна, стабильность работы и стабильность длины отрезаемых волокон. Кроме того не до конца разработана система подачи углеволокна в прессформы.

Мониторинг возможных предложений как у нас в стране, так и за рубежом показали, что задачи, стоящие перед резкой углеволокна на существующем оборудовании не могут быть обеспечены из-за следующих моментов:

- оборудование разработано для резки стекловолокна, а для углеволокна не приемлемо;

- слишком высокая стоимость и сложность оборудования;

- не возможна точная регулировка длины отрезаемых волокон;

- слишком высокая производительность установки и т.п.

Для решения этих проблем была разработана специально под создаваемую установку формирования пресспакетов тормозных дисков авиационных колес из углерод-углеродных композитных материалов система резки углеволокна и установка для ее осуществления, перед которой стояли следующие задачи:

1. Малые габариты.
2. Низкая стоимость и относительная простота обслуживания.
3. Равномерность нарезки углеволокна.
4. Длина нарезанного углеволокна должна составлять 30 мм.
5. Малая энергоемкость.
6. Длительный ресурс.
7. Возможность размещения непосредственно вблизи камеры смешения.
8. Исключение вредных факторов, влияющих на организм человека, при ее

работе.

Достоинствами разработанной конструкции резки являются:

- простота и оригинальность конструкции, ее технологичность при изготовлении;
- легкость осуществления необходимых регулировок под требуемые размеры филаментов и тип волокна;
- невысокая стоимость расходных материалов и комплектующих;
- невысокий вес и габариты конструкции;
- низкая энергоемкость;
- экологичность конструкции;
- простота управления;
- достаточно высокий ресурс (порядка 30-40 пресспакетов между сменой резиновых покрытий валиков и сменных ножей).

По результатам исследований, проведенных на территории АК «Рубин» было проведено моделирование экспериментальной установки (Рис. 3), в котором в едином пространстве были отражены все нововведения, рекомендованные для использования и предварительно отработанные в условиях действующего предприятия на территории ЗАО НПО «Авиауглерод» и ОАО «АК «Рубин».

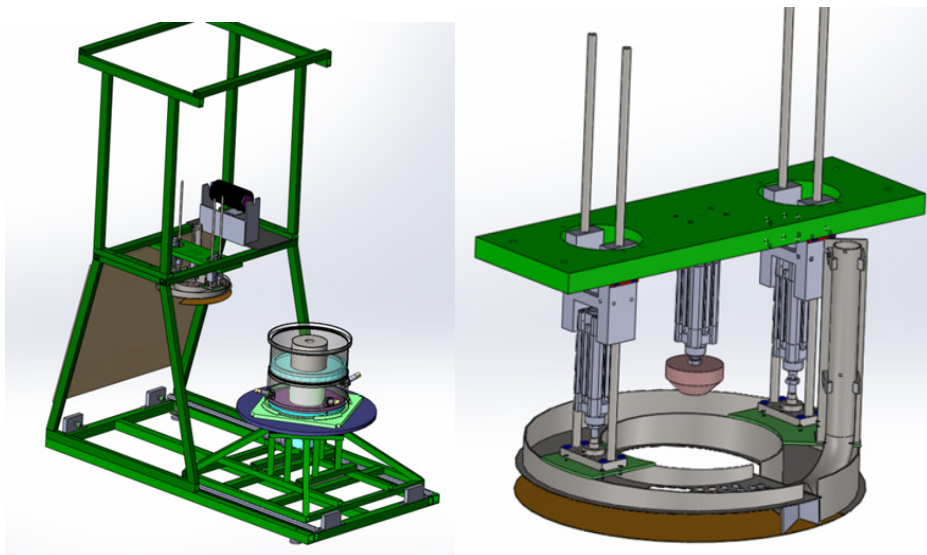


Рис. 3. Модель экспериментальной установки

Экспериментальная установка представлена на Рис. 4. После изготовления всех элементов экспериментальной установки, она была расположена в цеху ОАО «АК «Рубин», на ней была размещена система управления и проведен целый ряд предварительных экспериментов по доводке режимов до требуемых. Кроме того в качестве итогового эксперимента было изготовлено три тормозных диска, прошедших полный цикл обработки.



Рис. 4. Экспериментальная установка

Для обеспечения режимов, позволяющих при формировании пресс-пакетов тормозных дисков решить вопросы создания равномерно-распределенной однородной смеси предварительно разрезанного углеволокна и каменноугольного пека, был проведен ряд экспериментов по определению параметров режимов создания смеси углеволокна и пека.

Для создания однородной смеси необходимо совместное обеспечение с возможностью необходимой регулировки следующих параметров установки:

- скорость поворота стола с размещенной на нем прессформой;
- скорость резки углеволокна;
- давление в эжекторах подачи в укладчик углеволокна и пека;
- скорость подъема укладчика смеси углеволокна и пека в прессформу.

Все элементы установки должны обеспечивать равномерную подачу в пресс-форму 1,8 кг углеволокна и 4 кг пека.

Необходимая скорость поворота стола определялась экспериментальным путем регулятором частоты вращения электродвигателя. При недостаточной скорости вращения стола происходит остановка работы эжекторов из-за высокого давления в зоне формования, а при высокой – малая плотность укладки.

Скорость резки углеволокна определяется аналитически в зависимости от веса углеволокна, необходимого для подачи в укладчик, частоты вращения ножей резки и требуемой длины отрезанного углеволокна.

Давление в эжекторах подачи углеволокна и пека определяется экспериментально и обеспечивается пневморегуляторами давления и дросселями. При недостаточном давлении не обеспечивается отсос углеволокна от резки, а при высоком давлении вакуумные эжектора отсоса лишнего воздуха из зоны формирования смеси не справляются с отбором.

Скорость подъема укладчика из прессформы выбирается с целью необходимости обеспечения поднятия его на строительную высоту (40 мм) за один поворот стола с расположенной на нем прессформой. Это обеспечивается пневмоцилиндрами и пневморегуляторами давления.

Вся система управления агрегатами установки полуавтоматическая и позволяет по заранее определенному алгоритму обеспечить необходимую последовательность включения и выключения агрегатов в работу, а также вносить требуемые изменения в параметры работы при проведении перенастроек на другие типоразмеры пресс-форм для тормозных колес самолетов различных марок.

Вся система управления смонтирована на отдельном пульте и позволяет управлять технологическим процессом на расстоянии от установки, что позволяет обеспечить безопасные условия труда операторам.

По результатам проведенных работ установка получила одобрительный отзыв руководства ОАО «АК «Рубин» и наряду с модернизированной установкой УАФП-3 была представлена на открытии нового цеха на ОАО «АК «Рубин».

На открытии нового цеха именно модельная установка, разработанная в МАИ, вызвала интерес у специалистов ЗАО НПО «Авиауглерод» и получила их одобрение.





В настоящее время проводятся работы по окончательному виду модельной установки и подготовки ее к промышленной эксплуатации на предприятиях отрасли.

Библиографический список

1. Кулик В.И., Нилов А.С. Современные системы торможения на основе фрикционных композитных материалов с углеродной и керамической матрицей. Интернет-приложение «Оборонный заказ» 2007 г. №17 <http://www.ozakaz.ru/>
2. Мелешко А.И., Половников С.П. Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты. — М.: САЙНС-ПРЕСС, 2007 г.
3. Аралов Г. Авиационная корпорация «Рубин» запустила новое производство// Крылья Родины, 2013 г. №9-10.