

УДК 669

В.А. Братухин¹, В.А. Васильев²**РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ПРОГРЕССИВНЫХ КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ
ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**ОАО «Нормаль»¹,Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева²

Создание новых крепежных систем и совершенствование существующих обусловлено стремлением соответствовать инновационным тенденциям развития конструкций летательных аппаратов. Рассмотрены примеры изготовления новых крепежных систем для авиационной техники. Анализируется информационное обеспечение конструкторско-технологических решений для обеспечения качества высокоресурсных крепежных изделий.

Ключевые слова: высокоресурсный крепеж, авиастроение, информационная поддержка, метод холодной высадки, качество продукции.

Высокоресурсные крепежные изделия широко применяются в конструкциях летательных аппаратов с применением как металлов, так и полимерных композиционных материалов. Указанные изделия применяют в конструкциях крыла, фюзеляжа, вертикального и горизонтального оперения, элементов управления и агрегатов механизации крыла дозвуковых и сверхзвуковых самолетов пассажирской, грузовой, военно-транспортной, военной авиации.

Производство летательных аппаратов – одно из наиболее сложных, дорогостоящих и трудоемких производств. Количество деталей из различных материалов, выполняющихся с использованием различных технологических процессов, которые необходимо соединять различными способами, в конструкциях планера магистральных самолетов составляет сотни тысяч единиц. Так, в конструкции планера широкофюзеляжного самолета ИЛ-68 потребовалось более 1 млн 480 тыс. заклепок различного типа и более 150 тыс. болтов для выполнения соединений, обеспечивающих формирование внутренней структуры и поверхности летательного аппарата, включающих технологически законченные изделия – элементы, узлы, секции, отсеки, агрегаты.

Выполнение высоконагруженных соединений является одним из наиболее ответственных и трудоемких этапов агрегатной сборки планера, трудоемкость которой составляет до 30% общей трудоемкости производства самолета. Поэтому степень конструктивно-технологического совершенства соединений в значительной степени определяет уровень технологичности конструкции планера и соответственно влияет на его себестоимость как интегральный показатель производственной эффективности и на весовые характеристики, формирующие эксплуатационную эффективность самолета.

Проблема повышения качества, надежности, ресурса авиационной техники, авиационных конструкций всегда была и будет актуальной. Это требует разработки новых и совершенствования существующих типов крепежных систем, а также прогрессивных методов его постановки. Кроме этого, создание новых крепежных систем и совершенствование существующих систем обусловлено стремлением соответствовать инновационным тенденциям развития конструкции и технологии производства летательных аппаратов. К таким тенденциям в первую очередь следует отнести:

- увеличение доли полимерных композиционных материалов (ПКМ) и титановых сплавов в массе планера самолета;
- повышение уровня автоматизации агрегато-сборочного производства в целом и операций выполнения соединений, в частности;
- увеличение заявленного ресурса планера самолета и соответственно его конструктивных элементов, в том числе, соединений.

В настоящее время нижегородское ОАО «Нормаль» является единственным в России предприятием по разработке и производству основных видов авиационно-космических крепежных изделий. ОАО «Нормаль» изготавливает крепежные детали диаметром от 4 из углеродистых, легированных, нержавеющей сталей, алюминиевых и титановых сплавов, а также крепежные изделия для выполнения неразъемных соединений в конструкциях из металлических и композиционных материалов безударным методом, в том числе при одностороннем доступе к соединяемым деталям. Технология изготовления обеспечивает получение деталей от 8 до 12 качества по ГОСТ 25346-89 на линейные размеры и размеры диаметров, от 4-й до 6-й степени точности на диаметры резьбы и эффективную защиту от коррозии металлическими покрытиями (цинкование и кадмирование) и неметаллическими покрытиями (анодное оксидирование для алюминиевых и титановых сплавов, химическое пассивирование для нержавеющей сталей).

Качество поставляемой заказчику продукции гарантируется действующей системой управления качеством (СМК), которая разработана и документально оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2001 и базируется на принципах менеджмента качества:

1. Ориентация на потребителя – организации зависят от своих потребителей, поэтому должны понимать их настоящие и будущие потребности, выполнять требования и стремиться превзойти ожидания.

2. Лидерство руководителя – руководители обеспечивают единство цели и направление деятельности предприятия. Они создают и поддерживают внутреннюю среду, в которой работники могут быть полностью вовлечены в решение задач предприятия.

3. Вовлечение работников – работники всех уровней составляют основу предприятия, и их полное вовлечение дает возможность предприятию с выгодой использовать их способности;

4. Процессный подход – желаемый результат достигается эффективнее, когда деятельностью и соответствующими ресурсами управляют как процессом.

5. Системный подход к менеджменту: выявление, понимание и управление взаимосвязанными процессами как системой вносят вклад в результативность и эффективность работы предприятия при достижении ее целей

6. Принятие решений, основанных на фактах – эффективные решения принимаются на основе анализа данных и информации.

7. Взаимовыгодные отношения с поставщиками – предприятие и его поставщики взаимозависимы, отношения взаимной выгоды повышают способность обеих сторон создавать ценности.

Новым направлением в развитии предприятия является освоение и серийное изготовление крепежных изделий из коррозионно-стойких и жаропрочных сталей для двигателестроительных и агрегатных заводов авиационной отрасли. Производство высокоресурсного крепежа методом холодной высадки из таких сталей является весьма актуальной задачей, при решении которой возможно расширить номенклатуру изделий, изготавливаемых высокопроизводительным и малоотходным способом.

Для осуществления пластической деформации при холодной высадке материал должен обладать определенным комплексом пластических и прочностных характеристик. В первую очередь при производстве крепежа материал должен выдерживать при испытаниях на осадку степень деформации не менее 75%, а удельные нагрузки не должны превышать предела текучести на сжатие инструментальных материалов. Этим требованиям в наибольшей степени отвечают аустенитная сталь 10X11H23T3MP (ЭИ696М, ЭП33ВД), из которой изготавливаются крепежные детали, эксплуатирующиеся при температурах до 650°C; сталь мартенситного класса 13X11H2B2MФ-Ш (ЭИ961-Ш), из которой изготавливают крепежные изделия, эксплуатирующиеся при температурах до 500°C; мартенситно-стареющая сталь 03X11H10M2T-ИД,ИЛ (ВНС17-ИД,ИЛ), для деталей, длительно работающих при температурах до 500°C, а также после проведенных на ОАО «Нормаль» исследовательских работ по

оценке штампуемости сталь мартенситно-ферритного класса 14X17H2-Ш (ЭИ268-Ш), из которой изготавливаются крепежные изделия, эксплуатируемые при температурах до 280°C.

Холодная высадка крепежных изделий обеспечивает при высокой производительности процесса максимальное использование исходного металла, а также сохраняет в изделии целостность внутренней структуры металла (отсутствие перерезания волокон), что неизбежно при изготовлении крепежа механической обработкой, что, в конечном итоге, повышает эксплуатационные свойства изделий.

Кроме деформационного упрочнения, в итоге механические свойства крепежа достигаются соответствующей термоупрочняющей обработкой. Благодаря ей, изделия приобретают необходимые прочность и пластичность, в зависимости от марки стали и режимов обработки. Для термоупрочняющей обработки широкой гаммы жаропрочных и коррозионно-стойких сталей ОАО «Нормаль» приобрело современную вакуумную печь, создающую температуры до 1350°C и степень вакуума до 10^{-5} МБар. Технологической особенностью данной печи является закалка в вакууме в потоке аргона, позволяющая получить чистую и светлую поверхность изделий без последующей пескоструйной обработки или травления.

Другим новым направлением в развитии ОАО «Нормаль» является освоение производства крепежных систем с тарированной затяжкой (аналог применяемого крепежа типа Hi-Lock). Внедрением указанной крепежной системы в летательных аппаратах обеспечивают создание прочных неразъемных соединений, где затруднена возможность применения болтов и болт-заклепок. Тарированное усилие сжатия собираемого пакета обеспечивается этими крепежными системами за счет достижения стабильной точности величины крутящего момента при завершении процесса свинчивания болта и гайки. Реализация этого условия является одной из основных предпосылок высокой усталостной прочности конструкции в зоне соединения.

Данные крепежные системы отвечают следующим требованиям:

1. Обеспечению высокого качества и эксплуатационной надежности соединения за счет:
 - стабильности стяжки пакета деталей, не зависящей от квалификации сборщика;
 - высокого качества аэродинамических поверхностей, обеспечиваемого отсутствием шлица на головках болтов;
 - снижения веса крепежа, обеспечиваемого применением титанового и алюминиевых сплавов.
2. Снижению трудоемкости выполнения соединения за счет высокой степени механизации процесса установки крепежа.

На указанный крепеж разработаны и утверждены следующие отраслевые стандарты:

1. ОСТ 1 00750-76 «Болты, гайки и шайбы для соединений с тарированной затяжкой. Технические условия».
2. ОСТ 1 31024-77 «Болты с плоско-скругленной головкой из титанового сплава (для соединений с тарированной затяжкой). Конструкция и размеры».
3. ОСТ 1 31025-77 «Болты с потайной головкой $\angle 90^\circ$ из титанового сплава (для соединений с тарированной затяжкой). Конструкция и размеры».
4. ОСТ 1 31026-77 «Болты с потайной головкой $\angle 120^\circ$ из титанового сплава (для соединений с тарированной затяжкой). Конструкция и размеры».
5. ОСТ 1 37005-77 «Гайки из алюминиевого сплава Д16Т. Конструкция и размеры».

В условиях рыночной экономики разработка и изготовление конкурентоспособных высокоресурсных крепежных изделий, ничем не уступающих лучшим мировым аналогам, приобретает особую важность и актуальность. Специфической особенностью производства ОАО «Нормаль» является крупносерийное и массовое производство крепежных изделий большой номенклатуры, которые используются в конструкциях современных летательных аппаратов для силового крепления деталей обшивки, внутреннего набора и каркаса планера, крыльев и оперения, для декоративного оформления салона.

Основной целью при разработке новых высокоресурсных крепежных изделий является

расширение возможностей отраслевых КБ при проектировании летательных аппаратов нового поколения, отличающихся улучшенными весовыми характеристиками, экономичностью по расходу топлива и летно-техническими характеристиками. Отличительной особенностью разработанных крепежных изделий для односторонней и безударной клепки является простота в обращении, не требующая высокой квалификации рабочих, эффективность и качество образования соединения за счет специального пневмо- или гидроинструмента, возможность его установки практически во всю гамму существующих материалов (металлов, стеклопластиков, углепластиков и композиционных материалов).

С целью повышения качества проектируемых изделий, сокращения сроков разработки конструкторско-технологической документации и снижения затрат в производстве на предприятии внедрена автоматизированная производственная конструкторско-технологическая система, позволяющая прогнозировать оптимальные конструкторские решения, а также с помощью математических методов, моделей и вычислительной техники реализовывать научно обоснованные методы прогнозирования качества материалов и изделий на всех стадиях его изготовления, учитывающие влияние химического состава, состояние материала, конструкцию изделия, технологию его изготовления и условия эксплуатации.

Весь цикл работ по разработке и изготовлению продукции производится в соответствии с требованиями отраслевых нормативных документов и стандартов предприятия по системе менеджмента качества.

Разработка конструкторской документации и конструкторское сопровождение производства предназначены для обеспечения производства документацией, определяющей состав и устройство изделий и содержащей необходимую информацию для их изготовления, контроля и приемки.

Процесс разработки конструкторской документации и конструкторского сопровождения производства изделий включает выполнение следующих работ:

- проектирование и разработку чертежей и отраслевых авиационных стандартов: «Конструкция и размеры» и «Технические условия»;
- метрологическую экспертизу разработанной конструкторской документации;
- представление разработанной конструкторской документации на согласование главным специалистам предприятия;
- - верификацию и валидацию конструкторских разработок после анализа результатов проектирования и испытаний опытных образцов;
- предоставление разработанных отраслевых авиационных стандартов на согласование предприятием, применяющим стандарты в своих разработках и производстве;
- внесение изменений в конструкторскую документацию и отраслевые авиационные стандарты;
- введение в действие конструкторских документов, тиражирование и рассылку подразделениям предприятия и предприятиям-потребителям;
- регистрацию, учет, хранение и актуализацию конструкторской документации.

Разработка конструкторской документации осуществляется в соответствии с требованиями следующих стандартов: ГОСТ 2.101-68; ГОСТ 2.102-68; ГОСТ 2.103-68; ГОСТ 2.104-68; ГОСТ 2.105-68; ГОСТ 2.106-68; ГОСТ 2.109-68; ОСТ1 00001-2003.

Предпочтительным является использование ранее разработанных технических решений и унифицированных решений элементов конструкции, показавших высокий уровень надежности в процессе эксплуатации.

Конструкторско-технологическая обработка спроектированных изделий, их испытания по утвержденной программе проводятся в соответствии с утвержденной нормативной документацией на конкретную разработку. По их результатам проводится верификация и валидация разработки с оформлением соответствующего отчета (протокола) с рекомендациями по корректировке конструкторской документации.

Традиционные методы проектирования технологических процессов подразделяются на проектирование единичных и групповых процессов. Описание технологического процесса по степени детализации может быть маршрутное и маршрутно-операционное. При проектировании технологического процесса должно обеспечиваться требуемое качество деталей, максимальная производительность труда, сокращение трудовых и материальных затрат на реализацию процесса, соблюдение правил по охране труда.

Метрологическая экспертиза технологической документации производится в следующем объеме:

- оценка возможностей контроля заложенных в документации норм точности;
- оценка правильности выбора средств измерения и средств контроля, обеспечивающих получение заданной точности;
- установление правильности метрологических терминов и определений, наименований и обозначений физических величин и их единиц.

Применяемая на ОАО «Нормаль» система проектирования включает в себя взаимосвязанные подсистемы:

- базу данных «Крепежные изделия»;
- пакет прикладных программ статистического анализа «Прогноз»;
- пакет прикладных задач «Расчет элементов конструкции» для конструкторских расчетов и методик оценки характеристик предельных состояний материала в конструкции;
- пакет чертежной графики «Компас»;
- пакет планирования и анализа «Пасек»;
- базу данных оформления конструкторско-технологической документации в виде протоколов, графиков и чертежей «Архив».

Управление системой осуществляется последовательными иерархическими операциями с обозначенными подсистемами и задачами, окнами пояснения, помощи и исполнения. Для организации работы в диалоговом режиме создана интегрированная база данных «Крепежные изделия», в которой хранится информация о материале, технологии обработки материала, конструкции деталей крепления, технологических процессов изготовления изделий, элементов технологического оснащения производства, которая позволяет осуществлять быстрый целенаправленный поиск необходимой информации. База данных имеет программные средства хранения и обновления информации.

Возможности компьютерного проектирования позволяют технологической службе предприятия осуществлять автоматизированное решение следующих основных задач:

- 1) получение полного комплекта технологической документации – операционных карт холодной высадки, механической обработки, технического контроля, карт технологического процесса термической обработки и нанесения покрытий;
- 2) проектирование конструкторской документации на технологическую оснастку и приспособления для конкретных видов оборудования.

Использование данной системы особенно эффективно в условиях массового производства, когда растет сложность изготовления деталей, повышаются требования по качеству, так как используется новый путь обеспечения новизны и конкурентоспособности – путь конструкторско-технологической гибкости, при котором обеспечиваются: высокая оперативность внесения изменений, возможность внедрения самых последних технологических достижений, способность быстро перестраиваться в соответствии с изменениями условий планирования, требований заказчика и конъюнктуры рынка.

Библиографический список

1. Современные технологии авиастроения / под ред. А.Г. Братухина, Ю.Л. Иванова. – М.: Машиностроение, 1999. – 832 с.

2. **Егер, С.М.** Основы авиационной техники / С.М. Егер, А.М. Матвеенок, И.А. Шаталов. – М.: Изд-во МАИ, 1999. – 576 с.
3. **Володин, В.А.** Информационное обеспечение конструкторско-технологических решений высокоресурсных крепежных изделий авиационно-космической техники / В.А. Володин, В.А. Братухин // Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение. – М., 2008. С. 416–418.
4. **Братухин, В.А.** Управление качеством продукции при производстве крепежных изделий авиационно-космической техники / В.А. Братухин, Ю.В. Давыдов // Авиационная промышленность. 2007. №4. С. 49–52.

*Дата поступления
в редакцию 25.01.2010*

V.A. Bratuhin, V.A. Vasilyev

DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF PROGRESSIVE FASTENERS FOR AIRCRAFT INDUSTRY

Innovative tendencies in aircraft design have resulted in the development and modification of existing fasteners systems. The article provides examples of new fasteners for aircraft. The article also analyzes software for quality control in produced high-resource fasteners.

Key words: high-resource fasteners, aircraft industry, information support, method of cold landing, quality of product.