



УДК 621.9.06-119

Братухин В.А.

ОАО "Нормаль. РФ, Нижний Новгород

**МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА
ВЫСОКОРЕСУРСНЫХ КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ****Анотація**

Представлені можливості виробничої автоматизованої системи конструкторсько-технологічного проектування високоресурсних кріпильних виробів (ВАТ "Нормаль", м. Нижній Новгород).

Abstract

Possibilities of the industrial CAD/CAM/CAE system for the design of high-resource fasteners are considered (JSC "Normal" Nizhny Novgorod).

Высокоресурсные крепежные изделия широко применяются в конструкциях летательных аппаратов (Л.А.) с применением как металлов, так и полимерных композиционных материалов (ПКМ). Так, указанные соединения применяют в конструкциях крыла, фюзеляжа, вертикального и горизонтального оперения, элементов управления и агрегатов механизации крыла дозвуковых и сверхзвуковых самолетов пассажирской, грузовой, военнотранспортной, военной авиации.

Производство Л.А. — 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 Л.А., включающих технологически законченные изделия — элементы, узлы, секции, отсеки, агрегаты.

Трудоемкость сборки, ресурс, масса, современных Л.А. в значительной степени зависят от конструкции, свойств применяемых крепежных элементов; от особенностей технологических процессов подготовки деталей и установки крепежа. Комплексные конструктивно-технологические решения в области создания и использования прогрессивных видов соединений при проектировании новых летательных аппаратов повышают ресурс, уменьшают массу, трудоемкость сборки и в целом повышают надежность Л.А.

В агрегатно-сборочном производстве самолетов военной авиации преимущественно используются

точечные соединения (до 90%), а от этого количества до 80% составляют заклепочные соединения. Один из факторов, влияющих на значительный уровень применения заклепок, обусловлен, в том числе, более высокой (в 4...6 раз) трудоемкостью установки болтовых соединений, особенно для высококачественного крепежа.

Проблема повышения качества, надежности, ресурса авиационной техники, авиационных конструкций всегда была и будет актуальной. Это требует разработки новых и совершенствования существующих типов высокоэффективного заклепочного крепежа, а также прогрессивных методов его постановки.

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 мм из углеродистых, легированных, нержавеющей сталей, алюминиевых и титановых сплавов, а также крепежные изделия для выполнения неразъемных соединений в конструкциях из металлических и полимерных 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-ой до 6-ой 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, которая соответствует моделям систем качества по международным стандартам ISO. Технический уровень крепежной продукции по критериям эксплуатационной надежности соответствуют требованиям международных стандартов и находят применение в конструкциях без ограничения ресурса эксплуатируемой техники.

Во многих странах ведутся исследования по разработке высокопрочных титановых сплавов и созданию высокоэффективных процессов изготовления крепежных изделий для авиационно-

космических комплексов. Основой технологических процессов до недавнего времени оставалась горячая высадка, резание. В объединении "Нормаль" впервые в мировой практике разработан и внедрен в серийное производство принципиально новый способ изготовления высокоресурсных деформационно-упрочненных крепежных деталей массового применения.

Новый способ защищен патентами в США, Франции, Англии.

Проблема широкомасштабного производства титанового крепежа была решена разработкой специального ($\alpha + \beta$) сплава BT-16, сочетающего высокую прочность с возможностью деформации с большими степенями без нагрева.

Новым направлением в развитии предприятия является освоение и серийное изготовление крепежных изделий из коррозионностойких 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; мартенситносталяющая сталь 03X11H10M2T-ИДИЛ (ВНС17-ИД, ИЛ), для деталей, длительно работающих при температурах до 500°C, а также после проведенных исследовательских работ — 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 счете 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 коррозионностойких сталей используется современная вакуумная печь, создающая 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.

ОАО "Нормаль" планирует начать серийную поставку по авиационным отраслевым стандартам диаметром крепежных изделий диаметром от 4 до 10 мм из вышеперечисленных материалов для двигателестроительных и агрегатных заводов авиапромышленности.

ОАО "Нормаль" разработало и освоило производство крепежной системы с тарированной затяжкой (аналог применяемого крепежа типа Hi-Lok). Внедрение указанной крепежной системы в летательных аппаратах обеспечивает создание прочных неразъемных соединений в местах, где затруднена возможность применения болт-заклепок. Эти крепежные изделия отвечают следующим требованиям:

1. Обеспечение высокого качества и эксплуатационной надежности соединения за счет:

1.1. стабильности стяжки пакета деталей, не зависящей от квалификации сборщика;

1.2. высокого качества аэродинамических поверхностей, обеспечиваемого отсутствием шлица на головках болтов;

1.3. снижения веса крепежа, обеспечиваемого применением титанового и алюминиевых сплавов.

2. Снижение трудоемкости выполнения соединений 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 L90° из титанового сплава для соединений с тарированной затяжкой). Конструкция и размеры".

4. ОСТ 1 31026-77 "Болты с потайной головкой L120° 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 (рис. 1), 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 аппаратах для силового крепления деталей обшивки, внутреннего набора и каркаса планера, крыльев и оперения, для декоративного оформления салона.



Рис. 1. Высокоресурсные крепежные изделия
- из титанового сплава;
- из коррозионностойких сталей;
- для соединения композиционных материалов

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 установки практически во всю гамму применяемых конструкционных и функциональных материалов.

С целью повышения качества проектируемых изделий, сокращения сроков разработки конструкторско-технологической документации, снижения затрат в производстве на предприятия внедрена автоматизированная производственная конструкторско-технологическая система, позволяющая прогнозировать оптимальные конструкторские решения, а также с помощью математических

методов, модели 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, условия эксплуатации.

Весь цикл работ по разработке и изготовлению продукции производится в соответствии с требованиями стандартов предприятия по системе менеджмента качества, отраслевых нормативных документов; концепции разработки, внедрения и развития технологий информационной поддержки жизненного цикла изделий вооружения и военной техники.

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 рассылка 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 конструкций, показавших высокий уровень надежности в процессе эксплуатации.

Конструкторско-технологическая обработка спроектированных изделий, их испытания по

утвержденной программе проводится 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 позволяет технологической службе предприятия автоматизированное решение следующих основных задач:

- получение полного комплекта технологической документации — операционных карт холодной высадки, механической обработки, технического контроля, карт технологического процесса термической обработки и нанесения покрытий;
- 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.

Основным направлением совершенствования конструкторско-технологического проектирования высокоресурсных крепежных изделий является формирование единого информационного пространства предприятия на основе электронного описания изделий, руководствуясь требованиями Межгосударственного стандарта ГОСТ 2.052-2006. "Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения" при создании моделей крепежных изделий болтовых и заклепочных соединений авиационно-космических конструкций. Решение данной проблемы обеспечит достижение главной цели — повышение эффективности производства конкурентоспособной продукции на базе применения современных информационных технологий.

Литература

1. *Современные технологии авиастроения*. Под редакцией д.т.н., профессора, Заслуженного деятеля науки РФ Братухина А.Г. и д.т.н. Иванова Ю.Л. — Машиностроение, 1999. — 832 с.
2. *С.М. Егер, А.М. Матвеев, И.А. Шаталов*. Основы авиационной техники. Рекомендовано Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Авиа и ракетостроение". — Москва: Издательство МАИ, 1999. — 573 с.
3. *Братухин В.А.* Неразъемные соединения с применением высокоэффективных крепежных изделий. — "Технологические системы", 2004. — № 2. — С. 70–73.