

РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

'5

2016



АВИАПРОМ
ДЛЯ АРМИИ
И НЕ ТОЛЬКО
(стр. 40)



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВИАСТРОЕНИЯ

НЕТ ПРЕДЕЛА СОВЕРШЕНСТВУ, ОСОБЕННО, ЕСЛИ РЕЧЬ ИДЕТ ОБ АВИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ. В ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ В ЭТОЙ ОТРАСЛИ ПРОИСХОДЯТ РЕВОЛЮЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ.

Современный этап развития авиационной техники характеризуется ужесточением эксплуатационных параметров конструкции изделий, увеличением мощности, быстрой сменяемостью объектов производства в условиях жесткой конкуренции.

От поколения к поколению усложняются конструкции изделий, отдельных сборочных единиц и деталей, расширяется применение новых конструкционных материалов, возрастает трудоемкость их изготовления.

В современных конструкциях летательной техники расширяется применение трехмерных сложно-контурных поверхностей для изготовления аэродинамических элементов с целью снижения веса используются ажурные, тонкостенные и пустотелые элементы конструкции при условии выполнения функциональных требований по прочности и жесткости, предъявляются специальные требования к параметрам качества поверхностного слоя.

В области технологий авиастроения в последние годы происходят революционные изменения, связанные с созданием и расширяющимся применением новых технологий, способных коренным образом изменить качественные показатели выпускаемых изделий, всю структуру и условия производства в направлении повышения его эффективности. К таким приоритетным технологиям относятся:

— информационные технологии, решающие широкий круг задач на всех этапах жизненного цикла изделия;

— технологии получения изделий из новых материалов (керамик, композиционных материалов с полимерной керамической и металлической матрицами, интерметаллидных сплавов, нанопорошковых материалов, функционально-градиентных материалов, жаропрочных сплавов с монокристаллической структурой и др.);

— технологии обеспечения эксплуатационных свойств поверхностей изделий (отделочно-упрочняющая обработка, физико-химическое модифицирование, нанесение защитных и функциональных покрытий (износостойких, антифрикционных, коррозионностойких, жаростойких, теплозащитных, уплотнительных и т. д.);

— технологии заготовительного производства, такие как литье по выплавляемым и газифицируемым моделям, спрейное литье, горячее изостатическое прессование в газостатах, лазерная, струйно-абразивная и плазменная резка и др.;

— технологии получения неразъемных соединений (диффузионная, электроннолучевая и лазерная сварка, сварка трением, вакуумная пайка и т. д.);

— технологии механической, электрофизической и электрохимической обработки, включая глубинное и высокоскоростное шлифование, вихревое точение, обработку глубоких стверстий и отверстий малого диаметра, получение высококачественных изделий электроэрозивной и электрохимической обработкой;

— технологии механизации и автоматизации сборочных процессов, основанные на применении робототехники;

— аддитивные технологии непосредственного получения трехмерных объектов (деталей и моделей) на основе математической модели изделия;

— технологии контроля (координатно-измерительные машины, машины технического зрения, лазерная интерферометрия, автоматизированные системы неразрушающего контроля (ультразвукового, лазерного ультразвукового, люминисцентного и др.).

С точки зрения решения задач технической подготовки производства и поддержки его эффективного функционирования важнейшими программными средствами и информационными технологиями являются:

• комплексы технических и программных средств автоматизированного проектирования изделий (CAD — Computer Aided Design);

• системы автоматизации технологической подготовки производства (CAM — Computer Aided Manufacturing);

• системы инженерного анализа (CAE — Computer Aided Engineering);

• средства реализации технологии параллельного тотального проектирования в режиме группового использования данных (Concurrent Engineering);

• система управления проектными и инженерными данными (EDM — Enterprise Data Management);

• методики и программные средства анализа процессов проектно-технологической, производственной и управленческой деятельности.

Значительный прогресс достигнут в области применения для конструкций авиационной техники композиционных материалов. Он связан как с совершенствованием самих материалов в направлениях увеличения их жесткости, надежности и технологичности, так и разработкой специализированного оборудования для намотки и выкладки, позволяющее изготавливать самые сложные по конфигурации изделия. Ярким примером является разработка станков Cincinnati viper® Fiber Placement Systems (рис. 1).



Рис. 1. Станок Cincinnati VIPER для выкладки волокон.

Эти станки осуществляют выкладку и намотку волокон благодаря автоматизированной системе управления и специальному ПО, обеспечивая высокую производительность при обработке самых сложных композитных

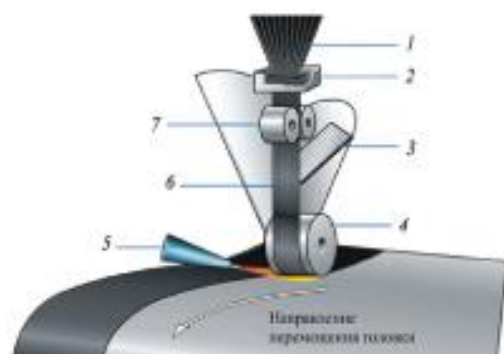


Рис. 2. Схема. 1 — волокно с контролируемым натяжением; 2 — формовщик ленты; 3 — нож с механизмом фиксации ленты; 4 — прессующий ролик; 5 — головка контролируемого нагрева; 6 — лента пропитанная связующим; 7 — ролик подачи и натяжения ленты.



Рис. 3. Гибкая автоматизированная линия МАЗАК.

деталей. Машины совмещают преимущества технологий выкладки и намотки, что и позволяет получать изделия сложной формы. Принцип намотки выкладки показан на рис. 2.

Прижимной ролик обеспечивает максимальную интенсивность выкладки и плотное прижатие при обработке закругленных поверхностей. Натяжные устройства, работающие в двух направлениях и расположенные в кожухе катушек подачи, обеспечивают управление натяжением каждого волокна и позволяют отследить подачу каждого волокна по отдельности. Система роликов перенаправления движения снижает вероятность скручивания волокон. Нож с механизмом фиксации полосы — завершение укладки полосы и переход к началу укладки очередной полосы с регулированием ее ширины путем добавления или обрезки отдельных волокон.

Наличие 7 управляемых координат осей позволяет работать как с плоскими деталями, так и с деталями исключительно сложной формы, такими как обтекатели, воздухозаборники, панели обшивки и цилиндрические отсеки фюзеляжа, шпангоуты, крылья, переходники к отсекам полезной нагрузки, лопасти вентиляторов, лонжероны, рамы и стрингеры.

Станки Cincinnati VIPER позволяют автоматически управлять подачей до 32 волокон или узких лент, создавая полотно с настраиваемой шириной. Каждое волокно может отдельно разматываться, зажиматься, обрезаться и повторно запускаться в процессе выкладки. Зазоры и нахлесты сведены к минимуму, высокой точностью выкладки. Производятся несколько типов станков:

VIPER® 1200 — диаметр изделий: до 2 м, 12 волокон: 3,2; 4,0 или 6,4 мм;

VIPER® 4000 — диаметр изделий: до 6 м, 24 или 32 волокна: 3,2 или 6,4 мм;

VIPER® 6000 — диаметр изделий: до 8 м, 32 волокна: 3,2; 6,4 или 12,7 мм.

Основной тенденцией в области механической обработки является создание гибких многономенклатурных автоматизированных производств (кибер-производств) основанных на принципе «Безлюдной технологии» с использованием обрабатывающих центров и систем сменных паллет с закрепленными деталями (Paletttech System). Такие производства, как показывает опыт, обеспечивают круглосуточную автоматическую работу (720 часов в месяц, в три смены (одна смена без вмешательства операторов)). На линиях фирмы МАЗАК управление такой производственной системой осу-

ществляется пакетом программ **software Cyber-Monitor**, состоящем из 4-х составляющих: управляющие программы MatrixCam, Кибер Сетевой График, Кибер Tool Management и — Кибер Монитор — анализ загрузки станка по времени и мощности на шпинделе (рис. 3), в которых:

- все станки интегрированы в автоматизированные технологические линии, обеспечивающие круглосуточную работу без выходных;

- в зависимости от габаритов, веса, сложности и особенностей обрабатываемых заготовок их установка на паллеты производится роботами или рабочими;

- автоматизированные инструментальные склады и склады заготовок;

- с реализацией комплексных решений на принципах гибкого многономенклатурного производства.

Коэффициент загрузки гибких многономенклатурных производств достигает 90–96%. При вероятном выходе из строя одного станка в линии — производительность

снижается только на производительность одного станка из общей численности, а не в разы, как на обычных автоматических линиях.

Для самих процессов механической обработки характерны:

— Механическая концентрация операций да счет применения оборудования с ЧПУ (пример обработка деталей типа тел вращения с элементами, требующими фрезерования и сверления, на токарных обрабатывающих центрах). Современное оборудование с ЧПУ имеет очень высокую надежность и позволяет обеспечить высокую концентрацию операций.

— Применение высокоскоростного резания с целью повышения производительности и окупаемости станков. Оборудование с ЧПУ должно работать на высоких скоростях резания. Например, стойкость резцов при обработке на токарных станках с ЧПУ рекомендуется назначать ~ 10...20 мин. вместо 60, как принято для станков с ручным управлением.

— Увеличение доли шлифовальных операций для деталей из труднообрабатываемых материалов. В значительной мере этому способствует развитие технологий глубинного и высокоскоростного шлифования. Высокоскоростное шлифование, выполняемое специальными кругами их кубического нитрида бора, обеспечивает производительность по съему материала для деталей из никелевых сплавов в 10...100 раз большую, чем при фрезеровании.

— Появление многозадачных станков, совмещающих различные типы технологических процессов, например, аддитивных технологий и механической обработки, сварки трением перемешиванием и механической обработки, шлифования и лезвийной обработки и др.

Принцип сочетания аддитивной технологии лазерной наплавки и механической обработки реализован на станке INTEGREX i-400 AM (рис. 4, 5), на котором после предварительной механической обработки заготовки производится создание дополнительных элементов лазерной наплавкой. По окончании напыления станок позволяет произвести 5-осевую обработку вновь созданных элементов детали. Выбор обрабатывающего инструмента и головки для напыления, металла производится автоматически по управляющей программе и не требует остановки станка.

Создается гамма оборудования с интеллектуальными функциями, в частности:

— Активный контроль вибраций, который позволяет уменьшить вибрацию для высокоточного позиционирования по всем осям, снижает вибрацию инструмента и позволяет добиться высокого качества при чистовой обработке поверхности и предотвратить чрезмерный износ инструмента.

— Компенсация тепловых деформаций. Благодаря сочетанию системы высокоточной компенсации тепловых деформаций с симметричным расположением узлов станка, излучающих тепло, достигается высокая точность обработки на протяжении длительного времени.

— Система безопасности. При перемещении по осям в ручном режиме для наладки станка или измерения инструмента, для упрощения контроля на экране ЧПУ синхронно отображается трехмерная модель по предотвращению столкновений. Если возникнет опасность столкновения, движение немедленно прекращается. Благодаря этой функции снижается время, необходи-



Рис. 4. Станок INTEGREX i-400 AM.



Рис. 5. Деталь, полученная на INTEGREX i-400 AM.

мое для наладки станка.

— Система голосового оповещения выдает голосовые сообщения о том, какие переключатели задействованы, а также предостережения во время работы в ручном режиме. Данная функция позволяет значительно уменьшить

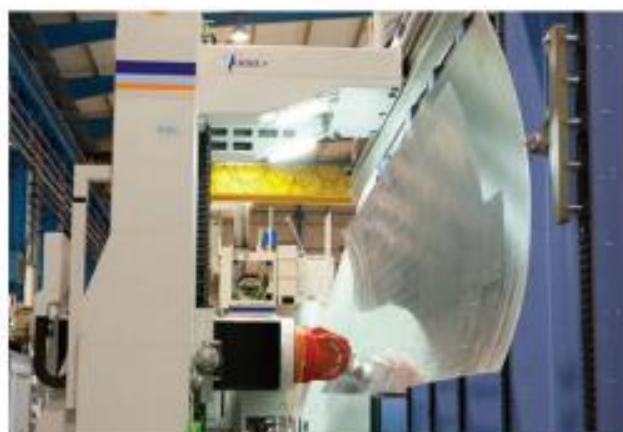
количество проблем, связанных с ошибками оператора. Например, если оператор выбирает ось В, звучит сообщение: «Выбрана ось В. Необходимо следить за отсутствием столкновений», если нужно добавить смазку, звучит сообщение: «Следует добавить смазку», а когда истекает ресурс инструмента, выдается сообщение: «Истек ресурс инструмента».

— Интеллектуальный шпиндель. С помощью функции «Интеллектуальный шпиндель» оператор осуществляет текущий контроль таких показателей, как температура, вибрация и тепловые деформации шпинделя. Благодаря этой системе можно предотвратить множество проблем, связанных со шпинделем. Также эта система позволяет предотвратить выход станка из строя и снизить производственные потери, связанные с простоем станка.

— Система технического обслуживания. Данная система позволяет следить за состоянием быстроизнашиваемых деталей, таких как грязесъемники для защитного ограждения, а также получать отчет о состоянии рабочих органов станка. Эти данные необходимы для своевременного проведения предупредительного технического обслуживания. О необходимости замены быстроизнашиваемых деталей оператору напоминает диалоговое окно системы ЧПУ.

— Система анализа баланса. Если приспособления или заготовки, установленные на столе станка, не сбалансированы, это может отрицательно сказаться на безопасности и точности обработки. Данная система анализирует дисбаланс на столе и показывает на экране количество, вес и расположение противовесов, которые нужно установить, чтобы избежать дисбаланса. Также система автоматически остановит вращение стола в случае обнаружения чрезмерной вибрации.

Для обработки тонкостенных конструкций взамен традиционно используемых процессов химического фрезерования используют технологию поверхностного фрезерования (surface milling) обеспечивающую снижение веса элементов фюзеляжа и крыла. Она включает



а)



б)

Рис. 6. а) 5-координатный станок поверхностного фрезерования TORRESMILL специально разработанный для обработки тонкостенных конструкций взамен традиционно используемых процессов химического фрезерования. б) Портальный станок поверхностного фрезерования.

гибкую инструментальную систему и специальную оснастку, расположенную на обратной стороне заготовки и обеспечивающую жесткость технологической системы (рис. 6).

Важнейшим направлением является автоматизация сборочных работ и множества основных и вспомогательных операций с применением робототехнических систем.

На сборочных операциях широко используются роботизированные платформы, способные выполнять множество функций, таких как обработка отверстий под заклепки, установка заклепок, клепка, сборка разъемных соединений болтами, сварка и др.

При сборке крупногабаритных фюзеляжных конструкций используют мобильные роботы, позволяющие избежать использования громоздкого оборудования и уменьшить стоимость работ.

Другими применениями робототехнических систем являются полирование, обслуживание прессов, процессов нанесения покрытий, ультразвуковой контроль, лазерная абляция, применяемая для очистки поверхностей от загрязнений и старых лакокрасочных покрытий.

Для неразрушающего контроля крупногабаритных изделий из композиционных материалов разработана технология лазерного ультразвукового контроля, работающая по принципу, приведенному на рис. 8.

В системе используется лазер, генерирующий ультразвуковые колебания, и лазер, анализирующий их.



Рис. 7. Мобильные роботы для сверления отверстий и установки заклепок.

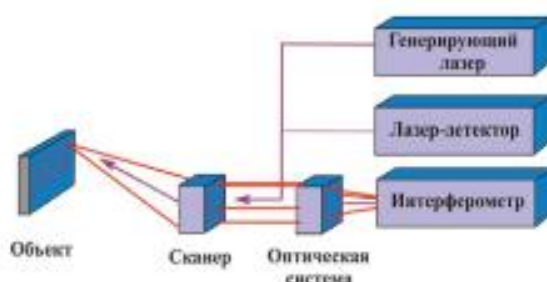


Рис. 8. Схема системы лазерного ультразвукового контроля.

Генерация ультразвуковых колебаний производится по механизму термо-эластичного расширения, возникающего при воздействии лазерного излучения и создающего волны упругих напряжений. Анализ прохождения волн обеспечивается лазерной интерференцией.

В заключении следует отметить, что в целях достижения максимально возможного уровня технического совершенства, снижения сроков и стоимости разработки и производства авиационной техники мировые производители постоянно ведут отработку новых технологий и технических решений.

**Алексей Георгиевич Бойцов
Валерий Борисович Дудаков
ВНИИАЛМАЗ**



Рис. 9. Прибор лазерного ультразвукового контроля.