

doi:10.32620/oikit.2018.81.07

УДК 629.7:621.9-408

К. В. Гуторова, А. М. Григорович,
А. С. Селезнева, И. В. Бычков

Обеспечение качества изделий авиакосмической отрасли

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»

Рассмотрено влияние технологических загрязнений поверхностей деталей на ресурс и надежность изделий машиностроения. Описаны особенности производства авиационной техники и их влияние на создание технологических систем, обеспечивающих промышленную чистоту изделий. Исследованы вопросы обеспечения качества изделий современной техники.

Ключевые слова: промышленная чистота, ресурс, технологические системы.

1. Качество и конкурентоспособность машиностроительной продукции Украины

Одним из эффективных средств экономии национальных ресурсов является создание и производство надежных изделий машиностроения с достаточно длительным сроком эксплуатации. Эта тенденция в современном машиностроении оправдана еще и тем, что позволяет снизить вредное воздействие на окружающую среду благодаря гарантированному сохранению характеристик машин в процессе эксплуатации и соответственно уменьшению вредных выбросов. Проблема повышения ресурса и надежности машин и механизмов носит комплексный характер и закладывается в процессе обоснования схемных, конструктивных и технологических решений, обеспечивается в производстве комплексом технологических процессов при обработке, сборке, техническом контроле и испытаниях, реализуется и поддерживается в эксплуатации [1].

В условиях рыночной экономики многостадийная доводка технологических процессов по результатам изготовления, испытаний, эксплуатации изделий недопустима, так как выпуск новой продукции затягивается на неопределённое время. А поскольку негативные влияния технологической наследственности проявляются в эксплуатации по истечении некоторого времени и вне производственного процесса, сложно установить причинно-следственные связи этих влияний и обеспечить стабильное качество выпускаемых изделий.

Развитые в области машиностроения страны более четверти века назад вступили в этап перехода от разработки разрозненных прогрессивных технологий и техники для их реализации к целостным технологическим системам новых поколений. Формирование технологических систем (ТС), охватывающих жизненный цикл изделий (ЖЦИ), выполняют исходя из поставленной цели и решаемых задач на базе установленных закономерностей взаимного влияния элементов ТС, обеспечивая требуемое качество. С этой целью интенсивно ведутся работы в области формирования износостойчивых микрорельефов поверхностей деталей, процессов резания и образования первичных (твердых) технологических загрязнений при механической обработке, а также удаления этих загрязнений. Необходимость удаления твердых технологических загрязнений

(ликвидов) объясняют функциональными причинами – предотвращение отказов гидравлических систем, связанных с заклиниванием распределительных и регулирующих устройств, а также повышенного износа ответственных деталей, происходящего при попадании в зазоры трущихся пар твердых металлических частиц [1,2], затруднение при сборке и позиционировании, снижение усталостной прочности и т.п. Частицы заусенцев или материала инструментов, попадая в гидравлическую либо пневматическую систему, переносятся рабочей средой по всей системе, нарушают работу наиболее чувствительных элементов: манжетных уплотнений, золотниковых, плунжерных пар, подшипников, зубчатых передач, деталей замков, клапанов и др. Заусенцы вызывают завихрения в потоке газа или жидкости, нарушая равномерность потока. Удаление ликвидов – это неотъемлемая часть мероприятий по обеспечению промышленной чистоты в производстве изделий машиностроения.

Разнообразие существующих методов удаления ликвидов (более 120), отделки поверхностей и кромок деталей вызвано тем, что проблема очистки трудно решается из-за сочетания множества факторов – начиная от физических свойств конструкционных материалов, конфигураций внешних и внутренних поверхностей деталей, точности, наличия резьб и тонкостенных элементов и т.п. до серийности и номенклатуры материалов и деталей. Особенностью этой группы технологий является то, что необходимо очищать 100% деталей, входящих в автономную гидравлическую систему. Методы условно можно разделить на пять групп: механические, химико-механические, химические, электрохимические, физические, при которых обработка осуществляется физическим воздействием на материал (ультразвуковых волн, электрических разрядов, электрогидравлических ударов и др.) [2,3].

По данным наших исследований загрязнения поверхностей деталей твердыми частицами происходит в процессе механической обработки, включая финишные виды. В производстве авиационных агрегатов преимущественно обрабатывают сложнопрофильные детали с применением обрабатывающих центров, оснащенных разными инструментальными системами. Выбор метода удаления ликвидов осложняется тем, что точение, фрезерование, сверление и другие виды механической обработки образуют заусенцы, микрозаусенцы и микрочастицы, отличающиеся по величине и свойствам, а удалить эти ликвиды необходимо с высокой степенью чистоты и без негативного воздействия на детали. Как правило, такие детали имеют труднодоступные поверхности. Чтобы комплексно решить проблему удаления ликвидов после механической обработки, необходимо учесть множество нюансов, например, качество режущих кромок используемых инструментов, требований к радиусам округления кромок деталей, структуру материалов и т.п. (всего около 20 факторов).

Пути снижения негативных влияний технологических загрязнений на качество продукции широко применяют в машиностроении. Это всем известный процесс доводки или обкатки, который предусматривает работу машин на минимальных режимах с последующей разборкой, промывкой и контролем деталей, заменой рабочих жидкостей. Этот путь проверен более чем вековой практикой, для него характерен интенсивный износ трущихся пар, который может достигать 50% допустимого. Ликвидация или уменьшение износа на этой стадии обеспечивает значительный рост ресурса изделий (в два – три раза [4,5]). Применяют также завышение класса шероховатости поверхностей, чтобы

получить меньшую величину микронеровностей (на два – три порядка меньше зазора в сопряжении) и, следовательно, меньшие по размерам ликвиды, что приводит к гиперболическому увеличению стоимости механической обработки при ухудшении условий смазки со всеми вытекающими последствиями.

Прогрессивное направление решения проблемы – создание технологических систем, позволяющих формировать функционально необходимый микрорельеф поверхностей деталей. При этом группу отделочно-зачистных технологий рассматривают как неотделимую часть целостных технологических систем и на одном уровне с токарной, фрезерной и другими механическими видами обработки. Режимы механической обработки должны назначаться исходя из условий последующей очистки кромок и поверхностей от ликвидов [6,7].

Существуют два подхода к решению проблемы обеспечения чистоты поверхностей и кромок после механических видов формообразования:

- подбор режимов для удаления произвольно образованных ликвидов;
- целенаправленное формирование ликвидов под освоенные на

предприятии отделочно-зачистные технологии.

Примером второго направления может служить фирма EMAG, которая предлагает в комплексе технологии механической обработки, образующие заусенцы заданных размеров и нужной ориентации, чтобы использовать в последующем электрохимический метод для их группового удаления, обеспечивая при этом высокую производительность, минимальные затраты и высокое качество изделий [8].

2. Краткая характеристика материалов, применяемых в авиации

Условия эксплуатации авиационной и космической техники предопределяют крайне жесткие требования к материалам, от качества которых существенно зависят надежность и конкурентоспособность летательных аппаратов.

Основным конструкционным материалом в авиационной промышленности остаются алюминиевые сплавы, их доля составляет 50% [9]. Алюминиевые сплавы применяют на самолетах, летающих на дозвуковых и умеренных сверхзвуковых скоростях, где температура нагрева не должна превышать 150...200°C. Стали разных марок используют в конструкциях всех самолетов и вертолетов (5...10%). Основное назначение сталей – использование их в конструкциях, требующих высоких значений жесткости, удельной прочности, усталостной долговечности, коррозионной стойкости и ряда других параметров. Применение титана и его сплавов в конструкции самолета составляет 4...10% [10,11].

Основные сплавы, используемые в авиации, приведены в таблице.

Марка материала	Основное применение
Стали	
30ХГСА, 30ХГСНА, 30ХГСН2А	Ответственные узлы, кронштейны, фитинги. Элементы каркаса, пояса лонжеронов, бимсы, ответственные сварные конструкции, детали шасси
30ХГСНМА-ВД	Высоконагруженные детали сложной формы.
35ХГСЛ	Детали шасси, подкосы и др.

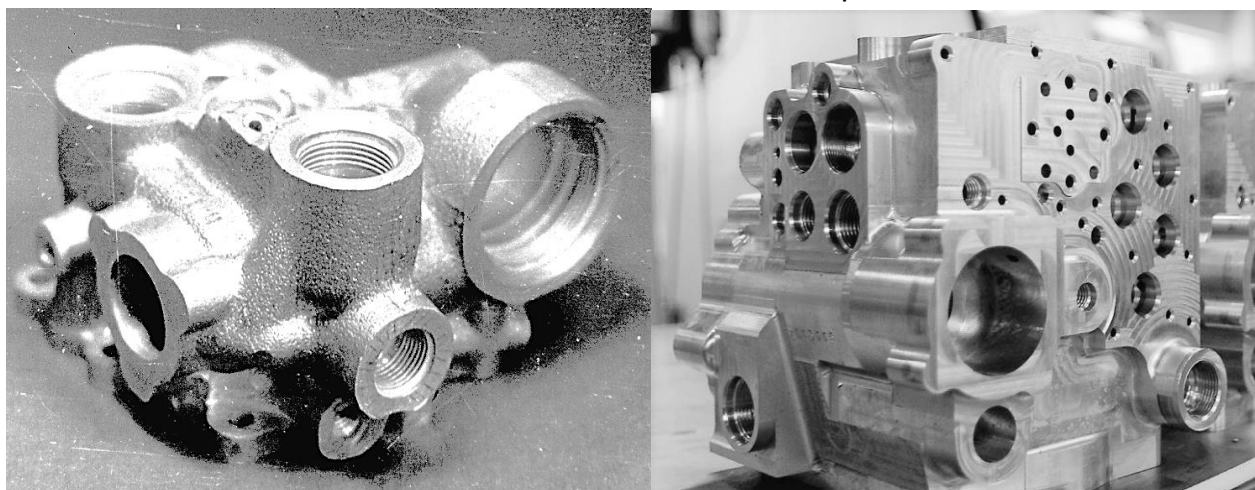
Продолжение таблицы

Алюминиевые сплавы	
АМцП	Малонагруженные детали одинарной кривизны
АМг6БН	Сварные детали обшивки, баки
Д16АМ, Д16АМО	Обшивки
Д16АТВ	Силовые обшивки
Д16Т, В95, В95Т1	Механически обрабатываемые детали, элементы каркаса и др.
АК6, АК8	Кронштейны, высоконагруженные фитинги, рамы
Титан и его сплавы	
BT1, BT6	Детали каркаса, детали, работающие при температурах 400...450°C
OT4-1V	Обшивки

3. Особенности авиационных деталей (изделий)

Из-за таких конструктивных особенностей прецизионных деталей ЛА, как глубокие отверстия малых диаметров (0,4 ... 1,5 мм), пересекающиеся каналы с расточками и карманами, стенки с переменной толщиной, резьбовые отверстия, трудно в полной мере выполнить отделочно-зачистные операции. Пример подобной детали показан на рисунке.

При образовании заусенцев на поверхностях пересекающихся каналов таких деталей возникает необходимость их удаления. В настоящее время существует достаточное количество методов, позволяющих убирать ликвиды с труднодоступных поверхностей, но не известно, какой ликвид получился и уберет ли выбранный нами метод очистки образованный заусенец полностью или частично. Для этого необходимо прогнозирование образования заусенца, которое можно выполнить с помощью математического моделирования.



Типичный корпус авиационного агрегата

4. Моделирование образования заусенцев

Большое значение в технологическом процессе изготовления деталей и узлов машин при повышении требований к их качеству имеют финишные операции. Для достижения заданных параметров точности размера и шероховатости в качестве финишной обработки могут быть использованы операции поверхностного пластического деформирования (ППД).

5. Пути перспективного обеспечения качества изделий

Качество изделий современной техники, особенно авиационной и ракетно-космической, оценивается при контроле в процессе изготовления отдельных элементов, в период испытания узлов, систем и собранного изделия. Особую часть жизненного цикла объекта составляют испытания у заказчика, в частности, для двигателей летательных аппаратов. Эти мероприятия выявляют недостатки, возникающие на предшествующих стадиях жизненного цикла, в том числе связанные с процессом изготовления изделия. Устранение таких неисправностей может вызвать задержку с плановыми пусками и полетами, так как их не всегда удастся исключить на месте эксплуатации. Поэтому требуется целенаправленная техническая политика по созданию и совершенствованию технологических процессов у поставщика, разработка мобильных технических средств для потребителя по восстановлению эксплуатационных характеристик и повышению качества отдельных узлов технологическими (иногда совместно с конструкторами) методами. Результаты испытаний позволяют обосновать место использования освоенных и вновь разрабатываемых технологических процессов для повышения качества и надежности узлов, определяющих уровень совершенства всего изделия, особенно, если оно относится к авиационно-космической отрасли. Накопленный в отрасли опыт показывает, что технологическими методами можно существенно снизить локальные опасные концентрации напряжений наиболее ответственных деталей изделий, определяющих общий ресурс транспортных средств. Например, для двигателей летательных аппаратов такими элементами оказались переходные участки (места сопряжения, резьбовые соединения), где существующие технологические методы не обеспечивают желаемого уровня качества (плавность переходов, требуемые остаточные напряжения и др.), особенно в случае необходимости устранения дефектов на деталях непосредственно в изделии, поскольку при этом материал уже имеет низкую обрабатываемость механическими методами, а проведение даже несложной операции без разборки изделия из-за ограниченного доступа инструмента к месту обработки.

Проблема повышения качества, надежности и ресурса топливной аппаратуры должна решаться комплексно на стадиях проектирования, производства и эксплуатации. Обеспечение на стадиях производства заявляемых при их проектировании высоких значений выходных параметров во многом зависит от качества поверхностей.

При оценке качества технологического процесса следует учитывать два принципа: технический и экономический. Технический принцип предусматривает обеспечение выполнения всех требований рабочих чертежей деталей, сборочных чертежей изделия и его составных частей. По экономическому принципу

стремятся к минимизации затрат труда и издержек производства, при наименьшей себестоимости производства изделий.

Характеристики взаимодействия на всех этапах жизненного цикла продукции:

- управление качеством продукции на всех стадиях ее жизненного цикла;
- управление качеством внешних поставок;
- управление качеством инновационной деятельности предприятия (организация интеллектуального труда, поиск новых технических решений, изобретательская и рационализаторская работа);
- система обоснования разработки новых объектов производства;
- система обоснования выбора оптимального технологического варианта изготовления продукции;
- автоматизированная система проектирования наукоемких изделий (САПР);
- автоматизированная система управления предприятием (АСУ ТП);
- автоматизированная система защиты информации по качеству.

Выводы

Установлены качественные и количественные показатели, объединяющие условия эксплуатации деталей и агрегатов топливной аппаратуры авиационной техники, разработаны требуемые для поддержания, восстановления и повышения показателей качества изделий.

На существующем уровне создания и изготовления изделий машиностроения, в том числе топливной аппаратуры для авиационно-космической техники, требуется применение и развитие новых технологических методов. Наиболее перспективными являются отделочно-зачистные технологии (импульсный метод). Они расширяют технологические возможности по повышению качества и надежности изделий вследствие удаления заусенцев и ликвидов на элементах агрегатов, в том числе в труднодоступных для инструмента участках без нарушения прочности.

Система оптимизации технологических решений обеспечивает интенсивную технологическую подготовку производства, что создает реальную возможность ускоренно выйти на мировые рынки сбыта продукции, увеличив за счет этого прибыль, и создать финансовые возможности для реконструкции производства под современные требования.

Предложенные решения обеспечивают достижение стабильного качества внешних поставок, что положительно влияет на качество и надежность выпускаемой продукции на всех этапах жизненного цикла изделий.

Раскрыты перспективы повышения качества изделий технологическими методами, что расширяет возможности проектирования новых изделий с эксплуатационными показателями, обеспечивающими конкурентоспособность продукции на мировом рынке.

Список литературы

1. Сломинская, Е.Н. Технологическая система для обеспечения промышленной чистоты прецизионных изделий [Текст] / Е.Н. Сломинская, А.В. Посев, А.В. Фадеев // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. Изд. ФГБОУВПО. «Государственный университет учебно-научно-производственный комплекс», – Орел, 2014. – №1. – С.80 – 88.
2. Посев, А.В. Технологическая система для удаления ликвидов с поверхностей деталей/ А.В. Посев, А.А. Коростелева, О.А. Посева// Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е.Жуковского «ХАИ». – Вып. 4 (68) – Х., 2011. – С. 126 - 132.
3. Состояние проблемы промышленной чистоты машин и механизмов/ А.В. Посев, И. В. Бычков, А.М. Григорович, Н.И. Бычков// Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2017. – Вып. 76. – С. 57 – 67.
4. Белянин, П.Н. Промышленная чистота машин [Текст] / П.Н.Белянин, В.М. Данилов. – М.: Машиностроение, 1982. – 222 с.
5. Посев, А. В. Отделочно-зачистные технологии в производстве летательных аппаратов и в машиностроении [Текст] / А.В. Посев, В.А. Фадеев // Авиационно-космическая техника и технология. – Х.: НАКУ. – 2007. – №4. – С. 6-12.
6. Посев, А. В. Необходимость использования отделочно-зачистных технологий в машиностроении [Текст] / А.В. Посев, О. А. Посева, Ю. С. Дмитриевская // Металлообработка. – Спб., 2009. – Вып.1(49). – С. 2 – 9.
7. Gillespie, L. Deburring and edge finishing handbook [Текст] / L. Gillespie. – SME, New York City: Industrial Press, 1999. – 404 p.
8. Посев, А. В. Сравнительный анализ существующих методов и выбор очистки поверхностей деталей авиационных агрегатов. [Текст] / А.В. Посев, А.А. Жданов, Е.Н. Сломинская // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: ХАІ. – 2003. – № 1. – С. 108-116.
9. Каблов, Е. Н. Материалы для авиакосмической техники ВИАМ 2006 - 204724. [Электронный ресурс], - режим доступа: <https://www.viam.ru/public/files/2006/2006-204724.pdf>
10. Проектирование конструкций самолетов \ Е.С Войт, А.И. Ендогур, З.А. Мелик-Саркисян, И.М. Алявдин — М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.
11. Александров, В. Г. Справочник по авиационным материалам и технологии их применения \ В. Г. Александров, Б.И. Базанов – М.: Транспорт, 1979. – 263 с.
12. Александров, В. Г. – Авиационный технический справочник \ В.Г. Александров, А.В. Майоров, Н.П. Потюков – М.: Транспорт, 1975. – 434 с.
13. ГОСТ ИСО/ТО 10949-2007. Чистота промышленная. Руководство по обеспечению и контролю чистоты компонентов гидропривода от изготовления до установки; введ. 1.12.2008. – М.: Изд-во стандартов, 2007. – 21 с.
14. Gillespie L. Deburring and edge finishing handbook / L. Gillespie – New York City: Industrial Press, 1999. – 404 p.

Поступила в редакцию 21.09.2018

Забезпечення якості виробів авіакосмічної галузі

Розглянуто вплив технологічних забруднень поверхонь деталей на ресурс і надійність виробів машинобудування. Описано особливості виробництва авіаційної техніки та їх вплив на створення технологічних систем, які забезпечують промислову чистоту виробів. Проведено дослідження питання забезпечення якості виробів сучасної техніки.

Ключові слова: промислова чистота, ресурс, технологічні системи.

Ensuring the quality of aerospace products

The article discusses the impact of technological pollution of the surfaces of parts on the resource and reliability of engineering products. The features of the production of aviation technology and their impact on the creation of technological systems providing industrial purity products are given. A review on the quality of products of modern technology.

Keywords: industrial cleanliness, resource, technological systems.

Сведения об авторах:

Кристина Владимировна Гуторова – аспирант кафедры технологии производства летательных аппаратов (№ 104), Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт».

Антон Михайлович Григорович - аспирант кафедры технологии производства летательных аппаратов (№ 104), Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт».

Анна Сергеевна Селезнева – старший преподаватель кафедры технологии производства летательных аппаратов (№ 104), Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт».

Игорь Валериевич Бычков – д.т.н, профессор кафедры технологии производства летательных аппаратов (№ 104), Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт».