

Особенности использования отделочно-зачистных технологий в производстве авиационной техники

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского
«Харьковский авиационный институт»*

Приведены особенности производства авиационной техники и их влияние на создание технологических систем обеспечивающих промышленную чистоту изделий. Рассмотрены характеристики отделочно-зачистных технологий и их особенности применительно к производству гидравлических агрегатов летательных аппаратов. Выбрано направление формирования технологических систем удаления ликвидов в производстве авиационной техники. Приведен сравнительный анализ стоимости удаления ликвидов с одной детали различными методами.

Ключевые слова: ликвиды, заусенцы, частицы, стоимость, промышленная чистота, термоимпульсная обработка.

Введение

Надежное и экономичное изготовление деталей с определенными геометрическими и технологическими свойствами – основная цель промышленного производства. В условиях рыночной экономики производство конкурентно способной продукции является необходимостью, а это всегда выбор рационального, стабильного соотношения качества и стоимости изделий.

Качество продукции машиностроения многофакторная проблема, зависящая от комплекса системных организационных и технологических мероприятий. В производстве авиационной техники обеспечение качества связано с безотказностью и гарантированным ресурсом, которые жизненно необходимы в силу специфических условий эксплуатации. Одним из наиболее важных мероприятий по обеспечению безотказности и гарантированного ресурса авиационных изделий является обеспечение промышленной чистоты. Очистка от микрочастиц, макро- и микрозаусенцев поверхностей и кромок деталей после механических видов обработки входит в комплекс этих мероприятий. Наиболее проблематична очистка корпусных деталей со сложной конфигурацией наружных и внутренних поверхностей. Необходимость удаления ликвидов и других технологических загрязнений объясняют такими причинами: функциональными, эргономическими и эстетическими. Если эргономические и эстетические факторы не влияют на технические характеристики изделий, то функциональные причины напрямую связаны с работоспособностью машин и механизмов. Функциональные причины – это предотвращение отказов гидравлических систем, связанные с заклиниванием распределительных и регулирующих устройств, а также повышенного износа ответственных деталей, происходящего при попадании в зазоры трущихся пар твердых металлических частиц, затруднение при сборке и позиционировании, снижение усталостной прочности и т.п. Заусенцы вызывают завихрения в потоке газа или жидкости, нарушая равномерность потока. Очевидно, что взаимовлияющие процессы, происходящие в гидравлических системах машин, при нарушении условий работы приводят к усилению негативных явлений [1].

Особенность применения очистных технологий заключается в том, что необходимо удалять ликвиды со 100% деталей входящих в автономную систему механизмов. Если остается неочищенной хотя бы одна деталь, то рабочая жидкость при контакте с загрязненными поверхностями смывает эти загрязнения и разносит их по всей системе, при этом повреждаются наиболее чувствительные элементы.

1. Краткие характеристики отделочно-зачистных методов

Проблема зачистки, отделки и технологической очистки деталей высокоточных машин и механизмов, имеющих пары трения, актуальна для всего машиностроения. Поэтому интерес к удалению заусенцев и отделочно-очистным технологиям в высокоразвитых в промышленном отношении странах не ослабевает на протяжении последних 20 лет. Только в США за последние 15 лет количество фирм работающих в данной области увеличилось с 400 до 2000 тысяч, а отделочно-очистных методов с 80 до 120 [2] и на порядок больше моделей оборудования для их реализации. Выбор технологий и оборудования для отечественных предприятий, обеспечивающих эффективность их применения, осложняется отсутствием нормативно-технической документации на заусенцы, кромки, микрорельеф поверхностей и др.

Исходя из физико-химического воздействия на материалы при обработке, существующие методы отделки и очистки деталей можно разделить на пять групп. Механические методы, при которых удаление ликвидов осуществляется путем механического воздействия на обрабатываемые детали твердых тел (инструментов). Химико-механические методы, при которых имеет место одновременное механическое воздействие инструмента и химическое воздействие внешней среды (жидкости). Химические методы, при которых удаление заусенцев осуществляется путем воздействия химически активной жидкой или газовой среды. Электрохимические методы, для которых характерно химическое воздействие жидкой среды и электрического тока, проходящего через электролит и материал детали. Физические методы обработки осуществляют путем воздействия на материал ультразвуковых волн, электрических разрядов, электрогидравлических ударов, тепловых импульсов и др.

Рассмотрим сущность и технологические особенности типовых методов отделки и очистки деталей от металлических ликвидов, обеспечивающих их нормальное функционирование в ответственных изделиях.

Широко распространены разновидности галтовочных методов, которые отличаются интенсивностью обработки и относительно небольшими затратами на удаление заусенцев. Снятие заусенцев происходит в барабане, наполненным галтовочной смесью и деталями, при вращении, вызывая абразивное действие между смесью и заготовками. По мере вращения барабана происходят снятие заусенцев, закругление радиусов и полирование благодаря скользящим движениям.

Используемые материалы: окись алюминия или карбид кремния, вкрапленный в керамику, сталь и другие материалы. Частицы среды образуют конусы, цилиндры и треугольники среди других форм. Типичные материалы деталей - все металлы в пластмассы.

Требования к геометрии изделий. Заусенцы должны быть доступны; заусенцы в глухих отверстиях не удаляются. Толщина снимаемых заусенцев до 0,5мм.

Типичное применение - скобка ремней, оправы очков, детали винтонарезных станков, хирургические инструменты, рычаги и др. детали простой формы. Типичное время цикла между одним и 20^ю час. на партию. Размер партии зависит от ёмкости барабана. Галтовочная среда и заготовки обычно загружаются на 60% ёмкости барабана. Этой группе технологий присущи общие недостатки. Это изменение размеров деталей, шаржирование поверхностей абразивными частицами, развальцовка заусенцев (как показано на рисунке 1).

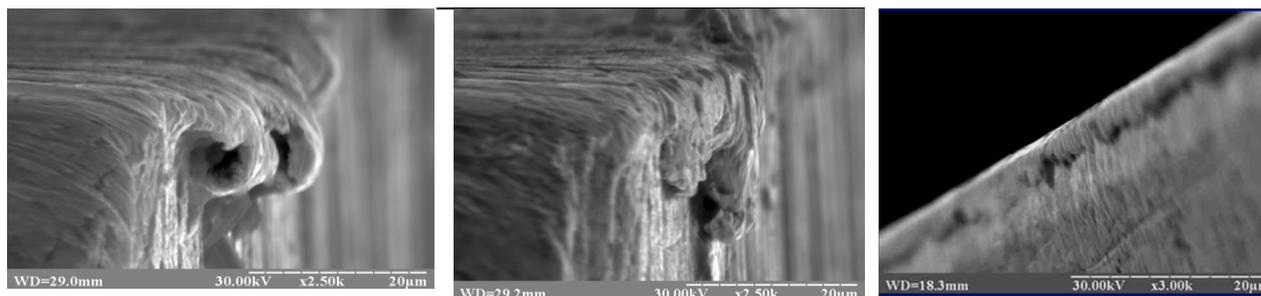


Рис.1. Фрагменты кромок до и после галтовки

Обработку заусенцев с помощью высокоскоростной струи жидкости ведут при давлении 6...210 МПа. Используют воду с примесью растворимого в воде масла (от 1 до 3%). Удаляют заусенцы, доступные воздействию струи, толщиной менее 0,075 мм. Обрабатывают детали из алюминиевых сплавов, цинка, чугуна. Производительность обработки составляет в среднем 200...500 деталей в час. Серьезным фактором, ограничивающим применение этого метода, является низкая надежность механизмов, работающих под высоким давлением, обрабатывают только открытые поверхности.

Основой химических методов удаления заусенцев и частиц является погружение обрабатываемых деталей в резервуар с химикалиями, где за счет химической реакции происходит зачистка. Эти методы используют при обработке деталей из различных металлов. Толщина удаляемых заусенцев – до 0,075мм. Длительность обработки партии деталей – от 15 до 20 минут. При обработке снижается точность, наблюдается неравномерное травление металла с поверхности детали, это – экологически опасные технологии с дорогостоящей утилизацией отходов [2].

Электрохимическое удаление заусенцев происходит в результате их растворения в электролите под действием электрического поля. Электролит находится в зазоре между заусенцами и электродами специальной формы. Наибольшая эффективность обеспечивается при снятии заусенцев толщиной до 0,3 мм. Длительность процесса обработки составляет от 0,5 до 15 минут. Обрабатывают металлы и их сплавы. Метод позволяет удалять как наружные, так и внутренние заусенцы, но требует большого набора электродов, соответствующих контурам обрабатываемых поверхностей. Для удаления заусенцев больших размеров необходима длительная обработка при гораздо большей силе тока. Помимо удаления заусенцев происходит местное снятие материала детали (до 0,25 мм). Кроме того, вопреки рекомендациям, обрабатывать детали группами не всегда удается, так как без установочной базы невозможно выдержать оптимальные зазоры (около 0,2 мм) между электродами и

обрабатываемой поверхностью для нескольких деталей одновременно. Оборудование (насосы, трубопроводы и т.д.) подвергается повышенной коррозии. Необходимо подбирать раствор для каждого обрабатываемого металла. Это экологически опасные технологии с дорогостоящей утилизацией отходов

Снятие заусенцев под воздействием ультразвука объясняется кавитационно-абразивной теорией. Метод применим для мелких деталей с толщиной заусенцев не более 0,08 мм. Время обработки от 10...15 минут до 2^х часов. Время процесса очистки деталей по сравнению с галтовочным методом, по данным американских фирм, сокращается в 20 раз. К недостаткам следует отнести ограниченные размеры снимаемых заусенцев, существование теневых зон.

Из физических методов в настоящее время наиболее интенсивно изучаются за рубежом и в Украине термохимический и термоимпульсный методы зачистки. В основе этих методов лежит нагрев ликвидов и детали различными источниками тепла. Поскольку масса заусенцев незначительна в сравнении с тем же показателем самой детали, то заусенцы прогреваются быстрее либо сгорают в среде окислителя либо оплавляются. В качестве окислителя используют кислород. За рубежом в последние годы получил широкое распространение термохимический метод, в котором в качестве источника тепла используют газовую смесь с избытком кислорода. Этот метод позволяет удалять заусенцы с деталей любой формы, из отверстий малого диаметра, на пересечении каналов, т.е. там, куда есть доступ горючей смеси. В процессе обработки дополнительные заусенцы не образуются. К преимуществам также следует отнести высокую производительность, универсальность, гибкость, возможность автоматизации процесса, стабильность результатов обработки, широкую номенклатуру обрабатываемых материалов за счет изменения соотношения компонентов горючей смеси.

Недостатком метода является ограничение по наименьшей толщине элементов детали, которая должна быть не менее чем в 10 – 20 раз больше толщины максимального удаляемого заусенца, а также осадки конденсированных оксидов на поверхностях деталей, которые удаляются химическим травлением.

Термоимпульсный метод отличается от термохимического тем, что доминирующими являются теплофизические процессы, при этом заусенцы и другие технологические загрязнения удаляются оплавлением с последующим сбросом продуктов сгорания из рабочей камеры, предотвращая конденсацию оксидов.

К достоинствам метода следует отнести гибкость, высокую производительность, совмещение операций очистки и отделки поверхностей и кромок, возможность обрабатывать высокоточные детали, включая детали топливной аппаратуры.

Недостатком является ограничение размеров обрабатываемых деталей размерами рабочей камеры [4].

2. Основные направления формирования технологических систем удаления ликвидов

Общепризнанно, что работу любого изделия определяет, в основном, точность размеров, формы и взаимного расположения сопрягаемых поверхностей деталей, а также состояние их поверхностного слоя, включая технологические

загрязнения. Наименее исследованными остаются проблемы, связанные с оптимизацией микрогеометрии поверхностей и обеспечением простого, надежного и дешевого ее контроля. Актуальность данной проблемы объясняется еще и тем, что в мировой практике возможности повышения качества изделий за счет увеличения точности размеров и формы поверхностей почти исчерпаны и связаны со значительным увеличением затрат. На рисунке 2 показано изменение стоимости изготовления изделия от точности его изготовления [5].

Известно, что образование заусенцев и частиц является результатом сложных взаимодействий различных процессов. В первую очередь, формирование ликвидов зависит от трех факторов: инструментов, материалов заготовки и технологических параметров.

Основная проблема в технологии удаления ликвидов (заусенцев и частиц) сосредоточена на том, как предсказать их размер и форму, чтобы обеспечить равномерное удаление и, если возможно, так проектировать процесс заранее, чтобы свести к минимуму количество используемых методов и оборудования и снизить затраты на очистку деталей.

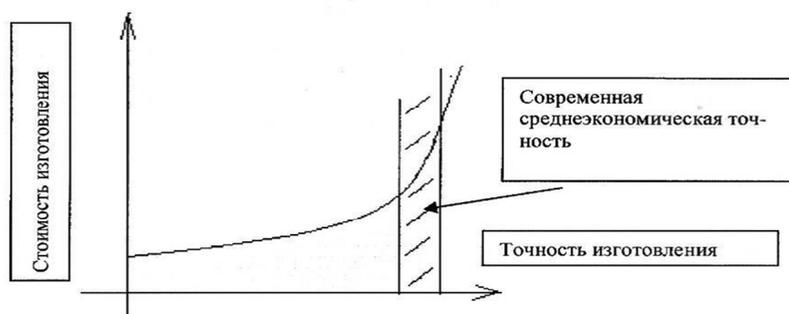


Рис. 2. Зависимость стоимости изготовления изделия от точности его изготовления

Известно, что все виды механической обработки резанием сопровождаются образованием заусенцев на кромках, а также микрозаусенцев и микрочастиц на поверхностях деталей [1]. Размеры металлических частиц и микрозаусенцев на поверхностях соизмеримы с величиной их шероховатости. Многообразие видов ликвидов с различными формами и свойствами, размерами, с разной прочностью сцепления с деталями вызывают различные проблемы по их удалению.

Развитые в области машиностроения страны более тридцати лет назад вступили в этап перехода от разработки разрозненных прогрессивных технологий и техники для их реализации к целостным технологическим системам новых поколений. Такие программы как СОИ, ЭВРИКА, ТЕХНОПОЛИС финансировались из госбюджетов США, Евросоюза, Японии. Формирование технологических систем (ТС), охватывающих жизненный цикл изделий, выполняется исходя из функционального назначения изделия, обеспечивая гарантированное качество.

Для авиационного агрегатостроения присущи такие особенности:

- постоянное обновление выпускаемых изделий;
- многономенклатурность деталей и материалов;
- мелкосерийность производства;
- высокая точность изготовления деталей;
- наличие тонкостенных элементов, мелкой резьбы, каналов малого диаметра, глухих отверстий, каналов длиной более десяти диаметров и т.п.;

- сложная конфигурация внутренних и внешних поверхностей деталей при относительно малой жесткости;
- высокие требования к надежности изделий, которую обеспечивает, в том числе, качество очистки;
- микронные зазоры в подвижных золотниковых и плунжерных парах;
- ограниченное применение абразивной обработки из-за шаржирования обрабатываемых поверхностей.

Решение вопроса надежной очистки деталей в агрегатостроении связано с решением комплекса организационных и технических задач. Есть два подхода к достижению поставленной цели: 1) подбор методов (10-15) и оборудования для удаления произвольно образованных ликвидов со 100% деталей автономных узлов и агрегатов; 2) разработка технологической системы, позволяющей оптимизировать качество выпускаемой продукции при использовании 2...3 методов очистки и минимальных затратах.

Первый вариант нецелесообразно рассматривать из-за проблематичности подбора методов и оборудования для удаления ликвидов и организации работы в условиях многономенклатурного, единичного производства.

На рисунке 3 показаны корпусные детали авиационных агрегатов со сложнопрофильными поверхностями, при обработке которых используются различные виды инструментов: резцы, фрезы, сверла, развертки и др., которые формируют разные по величине ликвиды. При разработке ТС стабильное качество очистки поверхностей и кромок достигается за счет оптимизации режимов механической обработки и использования инструментов с отделанными режущими кромками продуцирующими прогнозируемые ликвиды. Выбор элементов ТС осуществляют на базе известных научно обоснованных закономерностей взаимного влияния этих элементов, чтобы исключить негативную наследственность при обработке.

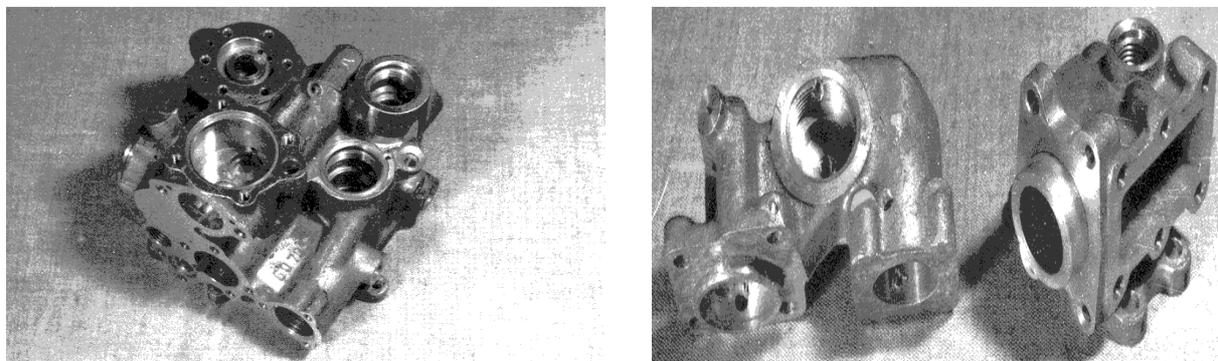


Рис. 3. Типичные корпуса авиационных агрегатов

Примером разработки и реализации технологической системы может служить фирма EMAG, которая предлагает в комплексе технологии: механической обработки деталей сложной конфигурации, образующие заусенцы заданных размеров и нужной ориентации и их электрохимического удаления. За счет организации одновременной обработки до 20 корпусных деталей, зажатых в одном приспособлении, время такта при изготовлении деталей с одной установки уменьшено ниже 10 секунд. Групповая зачистка корпусов топливных насосов обеспечивается за счет стабильных размеров заусенцев после механической обработки, на которые влияют режимы резания и форма режущих кромок инструментов.

Для стабильности и предсказуемости качества изделий необходимо понимание, каким образом влияет технологическая наследственность, как на последующую обработку, так и на эксплуатационные характеристики изделий, т.е. важно знать объективные закономерные взаимосвязи явлений происходящих в элементах ТС. По статистике до 50% всех отказов гидросистем самолетов и 85% съема со стендовых испытаний ГТД происходит по причине технологических загрязнений твердыми частицами[1]. Как показали исследования рекламационных агрегатов причинами задиров поверхностей и отказов золотниковых пар являются микрочастицы. Природа этих частиц – элементы: крошения кромок лезвийных инструментов, фрагменты быстро изнашиваемого микрорельефа поверхностей и кромок деталей агрегатов. На рисунках 4, 5 показаны фрагменты типичных поврежденных поверхностей золотников снятых с изделий после отказов гидравлических агрегатов.

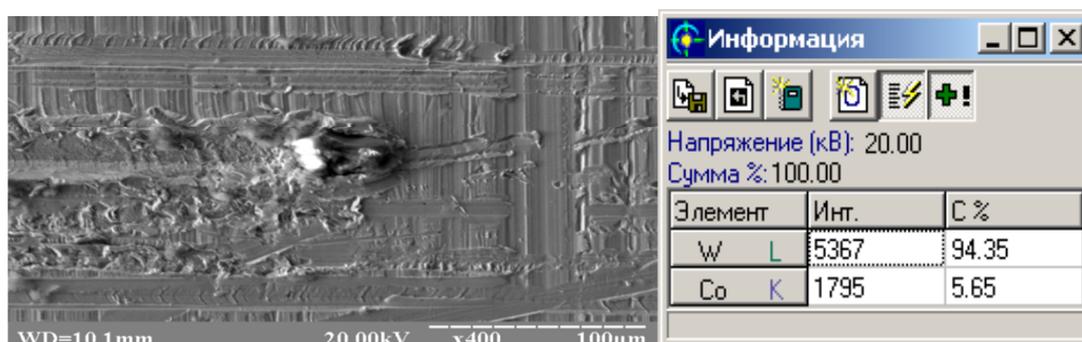


Рис. 4. повреждение поверхности частицей твердосплавного инструмента

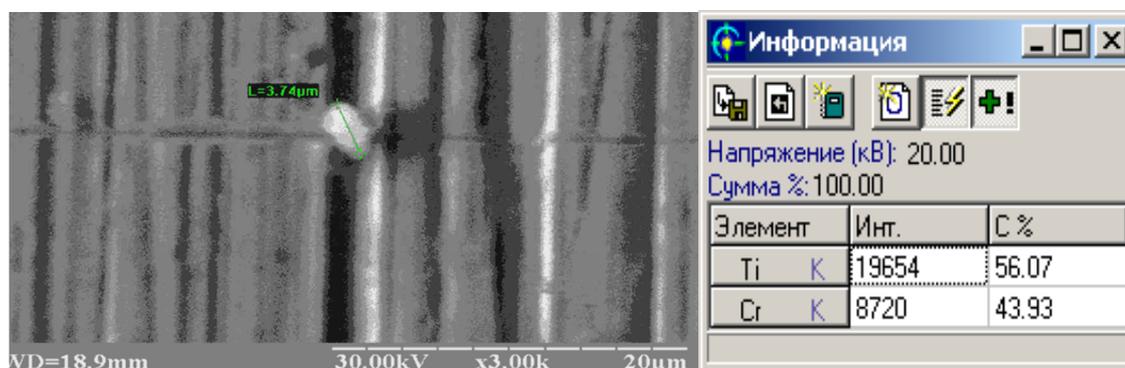


Рис. 5. Частица от покрытия твердосплавного инструмента

Задирь образовались из-за шаржирования поверхностей золотников микрочастицами материалов режущих инструментов и материала детали. Эти дефекты являются следствием использования некачественно подготовленных режущих кромок инструментов. Результаты исследования качества применяемого инструмента на нескольких отечественных предприятиях выявили типичные дефекты заводского изготовления на всех видах инструментов (заусенцы и сколы).

В условиях мелкосерийного, многономенклатурного производства для зачистки необходимо применять универсальные методы и оборудование, позволяющие обрабатывать, при минимальных затратах на подготовку производства, обширную номенклатуру деталей из различных металлов и сплавов, в том числе высокопрочных. При этом должны обрабатываться как внешние, так и внутренние поверхности деталей независимо от сложности

конфигурации поверхностей, размеров отверстий и т.д., должна обеспечиваться быстрая переналадка оборудования в зависимости от марки обрабатываемого материала, величины ликвидов и других факторов. Исследование причин рекламаций и результатов стендовых испытаний агрегатов показали, что удаление заусенцев не решает проблему обеспечения чистоты поверхностей и безотказности в эксплуатации. Микроликвиды [1,3], массово образующиеся после финишных операций, более опасны, чем заусенцы так, как проникают в зазоры трущихся пар, вызывают интенсивный износ, задиры и заклинивание.

Наиболее перспективным из всех рассмотренных способов является термоимпульсный. Расчет режимов обработки позволяет автоматизировать отделку кромок и поверхностей сложнопрофильных деталей в условиях единичного и мелкосерийного многономенклатурного производства. Особенностью термоимпульсной обработки является более качественное удаление ликвидов в пересекающихся каналах, закрытых полостях, карманах, щелях. Удаление оплавленных ликвидов и оксидов из рабочей камеры производится при регулируемом выпуске продуктов сгорания.

3. Сравнительный анализ стоимости удаления заусенцев с одной детали

В рыночных условиях весомым доводом выбора способа удаления ликвидов является условие минимальной стоимости очистки одной детали, не снижая их функциональных возможностей. Однако в реальности необходимо учитывать номенклатуру материалов и деталей с их особенностями, серийность производства, стоимость оборудования и др.

Необходимыми условиями принятия выверенных решений являются: 1) знание источников технологических загрязнений; 2) поузловая классификация деталей, учитывающая конструктивные особенности и физические свойства материалов.

Разработка классификатора деталей позволяет определить минимальный набор оборудования и минимизировать стоимость обработки. Классификация деталей агрегатов позволит разработать групповые технологические процессы для обеспечения промышленной чистоты изделий. В агрегатном производстве по функциональным и конструктивным различиям можно выделить шесть групп деталей:

- корпусные со сложными внешними и внутренними поверхностями;
- золотниковые и плунжерные пары, клапаны;
- шестерни, валы, оси, цилиндры, поршни;
- крепеж, пружины, заглушки и др.;
- кронштейны, крышки, шпонки;
- режущий инструмент для механической обработки

Из литературных источников и рекламных проспектов собрана информация о ценах на оборудование для удаления заусенцев и приведена к удобному для сравнительного анализа виду. В таблице 1 указана относительная стоимость наиболее часто встречающегося оборудования для удаления заусенцев в авиационной промышленности. За единицу взята средняя стоимость инструментов для ручного удаления заусенцев в тысячах долларов.

Формулы для расчета стоимости удаления заусенцев с одной детали:

1. Вибрационное (галтовочное) удаление заусенцев

$$C = [C_d + C_m + WC_p + C_b + C_e + C_c + C_w] / N + [C_i(1 + D_o)(K_1 + K_2)] / N$$

2. Удаление заусенцев ТЕМ

$$C = [C_d + C_m + C_l (1 + D_o) + W C_p t + C_a] / N + C_g / n + C_t / N_p$$

$$C = [C_d + C_m + C_l (1 + D_o) + W C_p t + C_a] / N + C_t / N_{p1} \text{ – удаление «бисера»}$$

3. Ручное удаление заусенцев

$$C = [C_l (1 + D_o) + C_a] / N + C / n + C_t / N_p$$

4. Механическое удаление заусенцев

$$C = [C_d + C_m + C_l (1 + D_o) + W C_p + C_a] / N + C_t / N_p$$

5. Химическое удаление заусенцев

$$C = [C_d + C_m + C_l (1 + D_o) + W C_p + C_a] / N + C_s / N_p$$

6. эдектрополировальное удаление заусенцев

$$C = C_d + C_m + C_l (1 + D_o) + W C_p + C_a] / N + C_t / N_p + C_s / N_{p1} ,$$

где: C_d – амортизационные отчисления в расчете на один час;

C_m – затраты на техническое обслуживание в расчете на один час;

C_l – стоимость работы в час;

C_p – стоимость энергозатрат (доллар/квт *час);

C_a – стоимость промывки после удаления заусенцев;

C_e – стоимость галтовочных способов в расчете на один час;

C_c – стоимость состава (смеси) в расчете на один час;

C_w – стоимость воды в расчете на один час;

C_g – стоимость газа, используемого за один цикл;

C_t – общие затраты на инструмент;

C_s – общие затраты на раствор;

D_o – коэффициент полезного действия;

N – число процессов обработки в час

n – число деталей, обрабатываемых за один цикл;

t – время цикла (час);

W – необходимая энергия;

N_p – общее число деталей;

N_{p1} – число деталей обрабатываемых за цикл при удалении «бисера»;

C – стоимость удаления заусенцев с одной детали.

Таблица 1

Относительная стоимость оборудования для зачистки

Оборудование	Относительная стоимость	Методы
Наборы инструментов для ручного удаления заусенцев	1...2	Ручной (механические)
Установки термоэнергетические	100...420	физический
Установки термоимпульсные	40...200	физический
Установки центробежные	12...750	центробежные
Установки вибрационные, галтовочные, лотковые вибраторы	7...45	галтовочное полирование
Установки ультразвуковые	30...200	физический
Установки шлифовальные	2...15	механические
Установки электрохимические	2...10	электрохимические

В работах [6, 7, 8] приведены расчеты стоимости удаления заусенцев с одной детали различными методами в крупносерийном и серийном производствах. Данные для сравнения со стоимостью обработки термоимпульсным методом, разработанным в лаборатории импульсных источников энергии Национального аэрокосмического университета

им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», выбраны из выше указанных источников и сведены в таблицу 2. Следует отметить, что методика расчета не учитывает потери в эксплуатации от скрытых дефектов (рис.1), которые могут превышать затраты на удаление заусенцев, очистку от микрочастиц поверхностей и кромок деталей на несколько порядков.

Таблица 2

Стоимости удаления заусенцев с одной детали в долларах

Величины стоимости	Вибрационное Галтовочное полирование	ТЕМ	Ручная доводка	Химическое удаление заусенцев	Термо-импульсная обработка
C_d	0.40	5,0	-	0.20	2,0
C_m	0.04	1.00	-	0.02	0.4
C_l	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
C_p	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C_a	0.06	5.80	5.50	5.50	5.0
C_e	0.06	-	-	-	-
C_c	0.30	-	-	-	-
C_w	0.15	-	-	-	-
D_o	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
N	50	1500	12	400	3750
n	100	6	1	100	15
t	2	0.004	0.08	0.25	0.004
C_g	-	0.024	-	-	0.024
W	4	4	0	0	1,0
C_t	-	1000	1000	-	1000
N_p	400.000	400.000	400.000	400.000	400.000
C_s	-	-	-	-	-
C	0.106	0.02	1.210	0.052	0.0085

Технология и оборудование разработанные в ХАИ позволяют одновременно очищать от всех ликвидов 90% номенклатуры деталей авиационных гидротопливных агрегатов.

Оборудование для термоимпульсной обработки в два раза дешевле зарубежных аналогов.

Затраты на удаление заусенцев с одной детали в 2,35 раза меньше, чем у зарубежного аналога.

Список литературы

1. Лосев, А.В. Отделочно-зачистные технологии в производстве летательных аппаратов и в машиностроении [Текст] / А.В. Лосев, В.А. Фадеев // Авиационно-космическая техника и технология. – Х.: – 2007. – №4 – С. 6-12.
2. Лосев А.В. Сравнительный анализ существующих методов и выбор очистки поверхностей деталей авиационных агрегатов. [Текст] / Лосев А.В., Жданов А.А., Сломинская Е.Н. // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: ХАІ. – 2003. – № 1. – С. 108-116.
3. Лосев, А.В. Технологическая система для удаления ликвидов с поверхностей деталей [Текст] / А.В. Лосев, А.А. Коростелева, О.А. Лосева // 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.
4. Лосева О. А. Обработка кромок деталей термоимпульсным методом / О. А. Лосева, А.В. Лосев // Открытые информационные и компьютерные

интегрированные технологии: сб. научных трудов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 42. – Х., 2009. – С. 120 – 126.

5. Муслимов В.М. Динамика фрикционного взаимодействия [Текст]: моногр. / В.М. Муслимов, В.А. Валетов – СПб.: СПб ГУ ИТМО, 2006. – 191с.

6. Божко В.П. Технично-экономический анализ горючих смесей для термоимпульсного удаления заусенцев [Текст] / В.П. Божко, В.М. Бей, И.А. Левитянский, А.В. Лосев. - Судостроительная промышленность. Сер. Технология и организация производства судового машиностроения, 1986, вып. 2, с. 3-7. - ДСП.

7. Такадзава Т. Способы удаления заусенцев [Текст] / Т.Такадзава Пер. с япон. №13077/1. - Кикай-но кэнкю, 1978, т. 30, №8, с. 996-1002.

8. Gillespie, L. Deburring and edge finishing handbook [Текст]/ L. Gillespie – New York City: Industrial Press, 1999. – 404 p.

Поступила в редакцию 21.02.2017

Особливості використання оздоблювальних технологій у виробництві авіаційної техніки

Особливість виробництва гідропаливних агрегатів літальних апаратів та їх вплив на утворення технологічних систем для забезпечення промислової чистоти агрегатів. Розглянути характеристики оздоблювальних технологій та їх особливості використання у виробництві гідравлічних агрегатів літальних апаратів. Вибраний напрям формування технологічних систем видалення задирок у виробництві авіаційної техніки. Виконаний порівняльний аналіз вартості видалення задирок с одній деталі при застосуванні різних методів.

Ключові слова: ліквіди, задирки, вартість, промислова чистота, термоімпульсна обробка.

Features of Use of Finishing and Stripping Technology in the Production of Aviation Equipment

The article presents the features of aircraft production and their impact on the creation of technological systems to ensure of Industrial purity products. Features finishing and stripping technologies considered and presented particular use in the manufacture of hydraulic aircraft components. Presented by choosing the direction of formation of technological systems deburring in the production of aircraft. A comparative analysis of the cost of deburring various methods

Keywords: dirt, burrs, particles, cost, industrial purity, termoimpulsnaya processing.

Сведения об авторах:

Лосев Алексей Васильевич – канд. техн. наук, с.н.с., каф. 302, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.

Бычков Игорь Валерьевич – д-р техн. наук, доцент, зав. каф. 104, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.

Красовский Сергей Александрович – каф. 104, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина.