

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию
Ефимовой Марии Владимировны
на тему «Технологическое обеспечение качества поверхности сопрягаемых изделий из
алюминиевых сплавов для летательных аппаратов на основе магнитно-абразивной обработки»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.5.6. Технология машиностроения

Ефимова Мария Владимировна в 2020 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по специальности 15.03.02 Технологические машины и оборудование (профиль «Оборудование нефтегазопереработки») с присвоением квалификации бакалавр, в 2022 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по специальности 15.04.02 Технологические машины и оборудование (профиль «Технологические процессы в машиностроении») с присвоением квалификации магистр.

В 2022 году поступила в очную аспирантуру на кафедру машиностроения по научной специальности 2.5.6. Технология машиностроения.

За период обучения в аспирантуре Ефимова Мария Владимировна своевременно сдала кандидатские экзамены на оценку «отлично» и проявила себя квалифицированным специалистом, способным самостоятельно планировать и проводить экспериментальные исследования. Принимала активное участие в Международных и всероссийских научно-практических конференциях: XI форум вузов инженерно-технологического профиля союзного государства (2023 г., г. Минск), XV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Россия молодая» (2023 г., г. Кемерово), IV Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Отечественный и зарубежный опыт обеспечения качества в машиностроении» (2023 г., г. Тула), VII международная научно-практическая конференция «Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация» (2024 г., г. Санкт-Петербург), конкурс грантов для студентов вузов, расположенных на территории Санкт-Петербурга, аспирантов вузов, отраслевых и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга (2024 г., 2025 г., г. Санкт-Петербург), VII Международная научно-практическая конференция «Механика и машиностроение: наука и практика» (2025 г., г. Санкт-Петербург).

Диссертация подготовлена как результат научных исследований, проведенных в рамках выполнения индивидуального учебного плана аспиранта (индивидуального плана соискателя).

При подготовке диссертации было использовано:

- количество публикаций в цитируемых изданиях 56 ед.;
- количество иных дополнительных публикаций 22 ед.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях на базе Санкт-Петербургского горного университета на кафедрах машиностроения, метрологии и материаловедения.

В диссертации Ефимовой М.В. рассматривается вопрос технологического обеспечения качества поверхности сопрягаемых изделий из алюминиевых сплавов для летательных аппаратов на основе магнитно-абразивной обработки.

В процессе обучения в аспирантуре Ефимовой М.В. в установленный срок были выполнены теоретические и экспериментальные исследования по теме диссертационной работы в достаточном объеме, что позволило способ магнитно-абразивной обработки поверхностей (Патент на изобретение RU2800274C1), предусматривающий научное обоснование выбора рациональных схем обработки, траекторий рабочих движений и режимных факторов, обеспечивающих качество обработанных поверхностей на основе одновременной черновой и чистовой обработки. Применение разработанного способа позволяет достичь шероховатости обработанной поверхности по Ra от 0,2 до 0,3 мкм.

Основные научные результаты, выносимыми на защиту:

1. Разработанный и реализованный на практике способ магнитно-абразивной обработки торцевых поверхностей и кромок сопрягаемых изделий из алюминиевых сплавов, включающий двухконтурную черновую обработку с зазором 4...5 мм и чистовую с зазором – 2...3 мм, расположенных в последовательности технологического процесса на расстоянии друг от друга в пределах 70...75 мм, обеспечивает равномерное упрочнение поверхностного слоя до 32...35 HRB и шероховатость обрабатываемых поверхностей в диапазоне Ra от 0,2 до 0,3 мкм.

2. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что применение разработанного способа магнитно-абразивной обработки позволяет обеспечить необходимую плотность контакта в заклепочных соединениях листов из алюминиевых сплавов, расположенных внахлестку по каркасу летательного аппарата с поверхностью опорной головки заклепочного соединения за счет формирования рациональной микрогеометрии (Ra , Rsm , Rmr), увеличивающей относительную опорную длины профиля Rmr с 70 до 89 %.

Основное содержание диссертации полностью соответствует защищаемым положениям. Все этапы исследований выполнены в соответствии с утвержденным планом.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 9 печатных работах, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, в 2 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент.

Диссертация посвящена актуальной проблеме повышения долговечности неразъемных соединений летательных аппаратов, выполняемых из алюминиевых сплавов. Данные материалы широко применяются в авиастроении благодаря оптимальному соотношению веса и прочности, однако они склонны к образованию концентраторов напряжений и быстрому развитию трещин от краёв отверстий под заклёпочные соединения. Кроме того, высокая отражательная способность

алюминиевых сплавов приводит при лазерной резке листового материала к значительным неровностям поверхности кромок, что требует финишной обработки для обеспечения качества неразъёмных соединений. В конструкциях летательных аппаратов заклёпочные соединения являются критически важными элементами, от которых непосредственно зависит прочность изделия. Воздействие циклических нагрузок, вибрации, агрессивных сред и температурных перепадов вызывает возникновение усталостных трещин, снижающих прочность конструкции. Особую опасность представляют трещины в высоконагруженных элементах планера (крыльях и фюзеляже), поскольку их развитие способно привести к катастрофическим последствиям. Долговечность фюзеляжа определяется прежде всего усталостными разрушениями, причём 85% из них приходится на заклёпочные соединения. Таким образом, развитие трещин в заклёпочных соединениях алюминиевых сплавов представляет собой существенную проблему авиационной безопасности. Современные методы обработки должны предотвращать катастрофические разрушения, что требует внедрения новых или совершенствования существующих технологий обработки материалов для повышения долговечности соединений сопрягаемых изделий летательных аппаратов.

Все результаты теоретических и экспериментальных исследований были получены Ефимовой М.В. лично, их достоверность подтверждается использованием математических методов обработки статистических данных, применением лицензионного программного обеспечения для проведения расчетов и данными экспериментальных исследований.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в установлении математических зависимостей, описывающих влияние значений магнитной индукции, частоты вращения обрабатываемого образца и времени обработки при проведении магнитно-абразивной обработки поверхностей сопрягаемых изделий из алюминиевых сплавов для летательных аппаратов, оценивающих степень воздействия режимных факторов на показатели шероховатости поверхности; в разработке на основании экспериментальных исследований способа магнитно-абразивной обработки (патент на изобретение RU2800274C1), включающего одновременную двухконтурную обработку поверхностей, при которой благодаря первому контуру из трёхполюсных наконечников осуществляется черновая обработка при рабочем зазоре 2–3 мм, а второй контур при рабочем зазоре 4–5 мм позволяет произвести чистовую обработку и достичь значений шероховатости в диапазоне Ra от 0,2 до 0,3 мкм; в определении рациональных режимных параметров магнитно-абразивной обработки поверхностей зоны заклёпочного соединения сопрягаемых изделий из алюминиевых сплавов, позволяющих обеспечить увеличение относительной опорной длины профиля R_{mg} с 70 до 89 %; а также в апробации результатов диссертационной работы на предприятии АО «Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт воздушного транспорта «Ленаэропроект», что подтверждено актом от 26.11.2025 г.

Диссертация «Технологическое обеспечение качества поверхности сопрягаемых изделий из алюминиевых сплавов для летательных аппаратов на основе магнитно-абразивной обработки», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

