

Председателю диссертационного совета 24.2.379.10,
созданного на базе Самарского университета
академику РАН, д.т.н. Шахматову Е.В.

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Олейника Максима Андреевича
на тему «Разработка методики прямого лазерного выращивания крупногабаритных
заготовок корпусных деталей ГТД», представленную на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные
двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

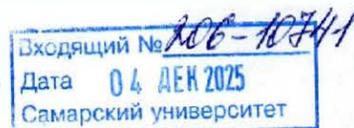
Общая характеристика работы

Диссертационная работа Олейника М.А. посвящена решению проблемы повышения эффективности производства крупногабаритных осесимметричных корпусных деталей авиационных ГТД путем внедрения методики прямого лазерного выращивания (ПЛВ) крупногабаритных корпусных заготовках, получаемых на роботизированных установках. В ходе исследования были успешно решены следующие ключевые задачи: разработана математическая модель формирования траекторий многоосевой наплавки, адаптированная для роботизированных комплексов с двухосевым позиционером; созданы специализированные средства технологической подготовки, позволяющие генерировать управляющие программы; систематизированы технологические ограничения ПЛВ и разработаны модели формирования слоёв и генерации управляющих программ, адаптированные для интеграции в отечественные САМ-системы; предложен оригинальный алгоритм многоуровневого выращивания; разработана комплексная методика прямого лазерного выращивания, апробированная при изготовлении заготовки детали «Кольцо наружное ВНА».

Актуальность диссертации

Корпусные детали газотурбинных двигателей (ГТД) характеризуются комплексом строгих требований, обуславливающих применение тонкостенных конструкций из высоколегированных сталей, жаропрочных и титановых сплавов, изготавливаемых традиционными методами, такими как ковка, штамповка и литье.

Однако традиционные технологии отличаются существенной материалоемкостью и трудоемкостью из-за необходимости создания значительных припусков, технологических напусков и других вспомогательных элементов. Альтернативой выступает технология ПЛВ, позволяющая получать заготовки, геометрически близкие к конечным изделиям.



Несмотря на перспективность, существующие роботизированные установки ПЛВ не обеспечивают требуемой точности. Основная проблема заключается в неадаптированности САМ-систем к специфике многоосевой наплавки и кинематике роботизированных ячеек, состоящих обычно из шестиосевого робота и двухосевого позиционера. С увеличением габаритов заготовки возрастает вылет робота, что приводит к снижению точности позиционирования. Оптимальным решением является расположение рабочей зоны вблизи плоскости, перпендикулярной оси наклона позиционера, что минимизирует погрешности. Однако современные методы обеспечения такого положения основаны на ручной настройке ограничений перемещений в САМ-системах, требующей многократных итераций и ресурсоемких виртуальных симуляций траекторий.

Таким образом, комплексное исследование в области разработки методики прямого лазерного выращивание крупногабаритных заготовок корпусных деталей ГТД представляет собой научно-практическую задачу высокой актуальности, решение которой способствует развитию отечественного высокотехнологичного машиностроения.

Научная новизна

Научная новизна исследования в полной мере отражена во введении диссертации и в автореферате, а именно:

1. Разработана математическая модель формирования траекторий многоосевой наплавки для выращивания крупногабаритных корпусных деталей ГТД на роботизированных установках, оснащенных двухосевым позиционером. Принципиальное отличие модели от известных аналогов состоит в ее способности к получению рациональных траекторий при изготовлении элементов, обладающих квазиосесимметричной геометрией, что обеспечивает оптимизацию кинематики всей технологической системы.

2. Впервые осуществлена систематизация технологических ограничений прямого лазерного выращивания применительно к классу крупногабаритных корпусных заготовок ГТД. Отличие проведенной систематизации заключается не только в классификации ограничений, но и в их операционализации для целей автоматизированного проектирования, реализованной через специализированный интерфейс пользователя САМ-систем, что позволяет осуществлять адаптацию траекторий многоосевой наплавки.

3. Предложена комплексная методика прямого лазерного выращивания, отличительной особенностью которой является применение алгоритма многоуровневого выращивания, направленного на сокращение временных затрат на генерацию управляющих программ. Методика представляет собой целостный подход, интегрирующий в качестве своего фундаментального элемента разработанную математическую модель формирования траекторий.

Оценка обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений

Диссертационная работа основана на исследовании в области разработки методики прямого лазерного выращивания крупногабаритных заготовок корпусных деталей ГТД. Научные положения демонстрируют логическую связность и последовательность, что позволяет проследить ход авторской мысли. Выводы и заключения, сделанные в диссертационной работе, базируются на результатах проведенных экспериментальных исследованиях и их анализе. Выводы соответствуют полученным в работе результатам и не противоречат им, а также раскрывают научную значимость полученных результатов. Достоверность результатов обеспечивается корректностью постановки задач исследования и использованием соответствующего математического аппарата для их решения, сопоставлением полученных результатов с данными других авторов, а также необходимым объемом экспериментальных исследований. Основные положения диссертации иллюстрированы фотографиями, графиками анализа расчётных и экспериментальных данных, что усиливает доказательную базу для подтверждения достоверности исследований.

Оценка содержания работы и ее завершенности

Считаю, что содержание диссертационной работы «Разработка методики прямого лазерного выращивания крупногабаритных заготовок корпусных деталей ГТД», соответствует заявленной теме и цели исследования. Структура работы включает введение, пять основных глав, общие выводы и заключение, список литературы из 95 источников и одного приложения. Текст диссертационной работы Олейника М.А. изложен на 132 страницах.

Замечания по содержанию работы

1. В работе не в полной мере учитываются такие характерные недостатки технологии ПЛВ, как повышенная шероховатость поверхности, присутствие локальных зон несплавления выращиваемых слоев и остаточные напряжения, оказывающие влияние на точность получения заготовки и требующие назначения дополнительных припусков. Желательно было бы количественно оценить вклад этих факторов в общую погрешность формообразования и учесть их при разработке методики назначения припусков.

2. В работе основное внимание уделено изготовлению новых заготовок корпусных деталей ГТД. Однако не проведен анализ перспектив внедрения предложенной методики прямого лазерного выращивания для ремонта и восстановления изношенных или поврежденных крупногабаритных деталей ГТД. Проведение такого анализа с учетом особенностей наплавки на существующую геометрию позволило бы значительно увеличить прикладную ценность работы и расширить область применения разработанной методики.

3. В тексте диссертации упомянуто, что разработанная математическая модель апробирована при моделировании движения по овалу с оценкой кинематической погрешности робота. Однако не показано сравнение расчетных траекторий с экспериментальными данными по наплавке реальных крупногабаритных заготовок корпусных деталей. Желательно было бы представить результаты измерений фактических отклонений геометрии выращенных заготовок от заданной и сопоставить их с расчетными значениями погрешностей, полученными с помощью разработанной модели.

4. Разработанная математическая модель формирования траекторий многоосевой наплавки опробована на работе Fanuc M-20iB/25. Предлагаю рассмотреть возможность расширения и верификации модели на другие типы промышленных роботов (например, KUKA, ABB) с различными кинематическими схемами для повышения универсальности методики и подтверждения ее применимости на различном оборудовании.

5. Несмотря на указание в работе на повышение коэффициента использования материала и наличие актов внедрения на ПАО «ОДК-Кузнецов» и АО «Самарские авиадвигатели», в диссертации не приведены конкретные экономические показатели эффективности использования технологии ПЛВ в серийном производстве. Желательно указать конкретные данные по снижению себестоимости изготовления, сокращению цикла производства, экономии материалов и трудозатрат в сравнении с традиционными технологиями для типовых корпусных деталей ГТД.

6. В работе приведен широкий перечень материалов, доступных для технологии ПЛВ на установке ИЛИСТ-2XL (алюминиевые, титановые сплавы, нержавеющие стали, бронзовые и хромоникелевые сплавы). Однако экспериментальная апробация разработанной методики проведена только на никелевом сплаве ВЖ159. Представляет интерес оценка применимости предложенной методики формирования траекторий для других групп материалов, учитывая различия в их теплофизических свойствах, которые могут влиять на геометрию формируемого валика и, следовательно, на точность получения заготовок.

Заключение

Оценивая работу в целом, считаю, что диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным соискателем самостоятельно и на достаточно высоком научном уровне. Диссертантом решена важная научно-техническая проблема, направленная на повышение производительности труда и снижение трудоёмкости при производстве крупногабаритных деталей авиационных ГТД.

Диссертация Олейника М. А. на тему «Разработка методики прямого лазерного выращивания крупногабаритных заготовок корпусных деталей ГТД» является законченной научно-квалификационной работой, выполнена на высоком

уровне и полностью соответствует требованиям новизны, научно-практической значимости и достоверности, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук в соответствии с действующим «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов. Считаю, что автор диссертации – Олейник Максим Андреевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник
Института машиностроения, материалов и
транспорта ФГАОУ ВО «СПбПУ»



Сотов Антон Владимирович

«21» ноября 2025 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
195251, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, ул. Политехническая, д.29 литера Б
Тел.: +7 (917) 144-05-93
Адрес электронной почты: sotov_av@spbstu.ru

