**Отзыв**

на автореферат диссертации Таминдарова Дамира Рамилевича, выполненной на тему: «Совершенствование технологии производства лопаток компрессора ГТД из титановых сплавов на основе повышения качества их поверхности электролитно-плазменным полированием» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения

Актуальность выбранной темы не вызывает сомнения и обусловлена высокими требованиями современного авиадвигателестроения к ресурсу и надежности наиболее массовых и ответственных деталей газотурбнных двигателей (ГТД) – лопаток компрессора из титановых сплавов. Поверхностный слой титановых сплавов крайне чувствителен к механической обработке, и любые возникающие поверхностные дефекты (царапины, риски от инструмента) напрямую влияют на снижение сопротивлению усталости и надежности эксплуатации всего изделия. Переход к электролитно-плазменному полированию (ЭПП) представляет собой перспективный путь обработки поверхности, исключающий механическое воздействие. До настоящего время применение ЭПП для финишной обработки титановых сплавов сдерживалось недостаточной изученностью физико-химических механизмов процесса, осложнённых высокой химической активностью титана, его склонностью к интенсивному окислению и наводораживанию. В связи с этим, настоящее исследование, направленное на восполнение указанного пробела, обладает высокой актуальностью и практической значимостью.

Наиболее значимым с точки зрения научной новизны является разработанная автором на основе экспериментальных данных феноменологическая модель процесса ЭПП, которая уточняет известные представления о механизмах растворения материала поверхности в условиях воздействия парогазовой оболочки на титановые сплавы. В работе выявлен и экспериментально подтвержден циклический характер процесса ЭПП, при котором интенсивное окисление поверхности химически активными компонентами парогазовой фазы сменяется химическим растворением продуктов реакции плавиковой кислотой, генерируемой в кислой среде (pH < 6), в моменты формирования электролитных мостиков.

Полученные автором закономерности позволили разработать и экспериментально верифицировать новый состав рабочего электролита на основе фторида натрия и гидроксиламина солянокислого. Экспериментально доказано, что предложенный состав электролита обладает выраженными

ВХОД. № 4602-13
«13» 11. 2026г.

буферными свойствами и обеспечивает регулирование концентрации плавиковой кислоты в диапазоне 0,04–0,11 моль/л, что является критическим условием для достижения эффекта полирования без образования оптически-непрозрачных оксидных пленок.

Практическая ценность работы заключается в разработке и промышленной апробации нового технологического процесса полирования лопаток компрессора ГТД из двухфазных титановых сплавов ВТ6 и ВТ8М-1. Для обеспечения равномерности обработки автором предложена и практически реализована схема двухстадийного полирования, обеспечивающая равномерный съема материала и формирование заданных радиусов кромок пера лопаток.

Эффективность предложенного способа обработки подтверждена натурными усталостными испытаниями лопаток из сплава ВТ6, проведенными по методу Локати. Достигнуто повышение предела их выносливости на 21 МПа (на 5,8%) при одновременном снижении шероховатости до Ra 0,2 мкм.

Полученные автором патенты на изобретение РФ (№ 2706263, № 2552203), а также имеющиеся акты о внедрении разработанной технологии на предприятиях отрасли (НПА «Технопарк АТ», ПАО «ОДК-УМПО» и ООО НПП «Уралавиаспецтехнология») подтверждают высокую практическую значимость и достоверность полученных результатов и выводов.

Вместе с этим из текста автореферата не вполне понятны и требуют пояснения следующие замечания:

1. Автор рекомендует проводить корректировку электролита по показаниям pH и фторидселективного электрода. Какова инерционность этих датчиков в условиях агрессивной среды парогазовой оболочки и как часто необходимо проводить замеры в реальной производственной ванне?
2. Модели роста радиуса кромок построены для пластин-имитаторов определенного размера. Можно ли использовать разработанные регрессионные модели для реальных лопаток?
3. В работе исследован сплав ВТ6, а в конце пятой главы упоминается успешная апробация на ВТ8М-1. Есть ли отличие в поведении этих двух сплавов при ЭПП, учитывая разное содержание β-фазы и легирующих элементов (Al, V, Mo, Zr)?

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не ставят под сомнение результаты и выводы, полученные в диссертации.

В целом автореферат позволяет сделать вывод о том, что диссертация Таминдарова Д.Р. на тему «Совершенствование технологии производства лопаток компрессора ГТД из титановых сплавов на основе повышения качества их поверхности электролитно-плазменным полированием» выполнена на

достаточно высоком научном уровне и представляет собой завершенное научно-квалификационное исследование, в котором на высоком методическом уровне решена актуальная задача совершенствования технологии финишной обработки лопаток ГТД из титановых сплавов с позиций обеспечения качества их поверхности и эксплуатационной надежности.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Таминдаров Дамир Рамилевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6 – Технология машиностроения.

Я, Щипачев Андрей Михайлович, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Таминдарова Д.Р. и их дальнейшую обработку.

Профессор кафедры транспорта и хранения нефти и газа федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», профессор, доктор технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение),

Щипачев Андрей Михайлович

(19.10.2026).

Адрес: 199106, г. С-Петербург, В.О., 21-я линия, 2

Тел: +7 (812) 328-82-08

E-mail: Schipachev_AM@pers.spmi.ru

Подпись А.М. Щипачева заверяю:

Начальник управления делопроизводства и контроля документооборота Е.Р. Яковлева

19. 10. 2026