

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Соколова Павла Юрьевича на тему: «Разработка и исследование процесса пластической деформации крупногабаритных титановых колец, полученных методом прямого лазерного выращивания», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

### 2.6.4 – Обработка металлов давлением

Развитие аддитивных технологий в современном материаловедении и машиностроении обусловлено глобальным трендом на цифровизацию производства и необходимостью повышения выхода годного, который при традиционных методах обработки высокопрочных сплавов зачастую не превышает 10-15%. В условиях усложнения геометрических форм ответственных деталей газотурбинной техники классические подходы, основанные на ковке многотоннажных слитков с последующей деформационной и механической обработкой, достигают предела своей экономической эффективности и технологической гибкости. Автором проведены оригинальные исследования влияния различных видов постобработки на структуру и свойства изделий из наиболее распространенного конструкционного титанового сплава ВТ6, полученных методом прямого лазерного выращивания (ПЛВ).

Научная новизна исследования состоит в совмещении двух технологий и заключается в установлении физических закономерностей формирования структуры титанового сплава ВТ6 в процессе ПЛВ и последующей горячей деформации. Отдельного внимания заслуживает предложенная методика оптимизации сечения кольцевой заготовки посредством введения внутренних отверстий, которая позволяет обеспечить равномерное распределение пластической деформации тонкостенного профиля.

Практическая значимость работы определяется созданием замкнутого производственного цикла изготовления ответственных изделий, путем разработки режима прямого лазерного выращивания титанового сплава ВТ6, выбора операции постобработки и моделированием процесса раскатки крупногабаритного кольца в программном комплексе QForm. Воспроизводимость результатов подтверждена публикациями в международных журналах первого квартиля и успешным физическим моделированием прокатки выращенного сектора кольца.

К работе имеются следующие замечания:

1. В исследовании акцент сделан на определение прочностных характеристик при монотонном нагружении (предел текучести, временное сопротивление разрыву).

Однако, для авиационной техники большое значение имеет циклическая долговечность. Было бы целесообразно оценить влияние разработанной схемы деформации на малоцикловую усталость и скорость роста трещин в структуре выращенного и деформированного сплава ВТ6.

2. В автореферате не указано, на основании чего была выбрана температура горячей деформации исследуемого материала 940 °С как для моделирования, так и при практической реализации. Для изучения эволюции структуры сплава, полученного методом ПЛВ, целесообразно было исследовать деформацию при различных температурах, соответствующих различным фазовым областям.

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы. Автореферат адекватно отражает содержание рукописи, а предложенные технологические режимы можно рекомендовать для промышленного опробования. Диссертационная работа Павла Юрьевича Соколова соответствует паспорту специальности 2.6.4, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Ведущий научный сотрудник лаборатории  
«Деформация и обработка материалов давлением»,  
кандидат технических наук



Скугорев  
Александр Викторович

15.09.2026

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Адрес: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17. Телефон: (499) 261-86-77.  
E-mail: admin@viam.ru

Подпись Скугорева Александра Викторовича удостоверяю.

Ученый секретарь  
к.т.н., доцент



Свириденко Данила Сергеевич