Акционерное общество
«КОМПОЗИТ»

Пионерская ул., д. 4, г. Королёв, Московская область,
Россия, 141070
Телеграф БЕРЕЗА

тел. (495) 513-20-28, 513-23-29
канцелярия 513-22-56, факс (495) 516-06-17
e-mail: info@kompozit-mv.ru

ОКПО 56897835, ОГРН 1025002045813, ИНН / КПП 5018078448 / 501801001

В диссертационный совет 31.1.002.01
при НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Рыжкова Петра Валерьевича на тему «Усталостная долговечность жаропрочного никелевого сплава ВЖ159, полученного методом селективного лазерного сплавления», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение

Развитие аддитивных технологий расширяет возможности изготовления ответственных деталей из жаропрочных никелевых сплавов, в том числе элементов сложной геометрии для авиационной техники. Вместе с тем применение селективного лазерного сплавления (СЛС) сопровождается формированием технологической шероховатости, приповерхностной пористости и локальных концентраторов напряжений, существенно влияющих на сопротивление усталостному разрушению. В связи с этим тема диссертационной работы П.В. Рыжкова является актуальной и имеет практическое значение.

В работе исследовано влияние режимов СЛС и пространственной ориентации формируемых поверхностей на состояние поверхностного слоя сплава ВЖ159. Установлены особенности формирования нижних и верхних наклонных поверхностей; показано, что при углах наклона менее приблизительно 55° качество нижних поверхностей ухудшается вследствие подплавления окружающего порошка. Применение высокоэнергетического контура позволяет получать поверхности с шероховатостью порядка Ra = 4 – 8 мкм.

Заслуживает внимания комплексный характер исследования, объединяющего механические испытания, изучение микроструктуры и фрактографический анализ. Рассмотрены образцы с различным состоянием поверхности и концентраторами напряжений. Показано, что шероховатость и приповерхностная газовая пористость

способствуют зарождению усталостных трещин; по характеру изломов установлено различие между стадиями их зарождения и устойчивого распространения.

К научно значимым результатам относится разработка двухстадийной методики прогнозирования усталостной долговечности. Для описания циклического деформирования использована упругопластическая модель с комбинированным изотропным и кинематическим упрочнением, параметры которой определены по экспериментальным петлям гистерезиса. Стадия зарождения трещины оценивается с применением энергетического критерия PSWT, а стадия её распространения - на основе J-интеграла и уравнения Пэриса. Сопоставление результатов расчёта с испытаниями гладких образцов и образцов с надрезами различных типов показало расхождение с экспериментальными медианными значениями долговечности не более 24 %.

Практический интерес представляет расчёт ресурса тонкостенных образцов с исходной поверхностью после СЛС. Использование измеренных и моделируемых профилей шероховатости позволяет оценивать локальную усталостную повреждаемость с учётом отдельных впадин поверхности, которые недостаточно характеризуются только средним параметром Ra.

Вместе с тем по представленным материалам имеются следующие замечания:

1. При исследовании наклонных поверхностей показано заметное ухудшение качества нижней поверхности при уменьшении угла наклона ниже 55°. Вместе с тем в итоговых выводах диапазон 35 - 55° охарактеризован как обеспечивающий стабильное формирование поверхности. Представляется целесообразным уточнить эту формулировку с разграничением результатов для верхних и нижних поверхностей.

2. При вероятностной оценке долговечности использованы десять реализаций моделируемого профиля шероховатости, полученные для пяти значений спектрального показателя и двух инициализаций генератора случайных чисел. Желательно обосновать достаточность такого набора для устойчивой оценки нижних квантилей долговечности, в том числе при вероятности разрушения 1 %.

3. При расчёте остаточной долговечности рассмотрены четыре варианта формы эллиптического фронта трещины; при разных уровнях нагружения наилучшее соответствие экспериментальным результатам получено для разных соотношений полуосей. Следовало бы пояснить, по каким параметрам предлагается выбирать форму фронта при прогнозировании ресурса новой детали, когда экспериментальная долговечность ещё неизвестна.

Указанные замечания носят уточняющий характер и не снижают общей положительной оценки диссертации. Работа представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, содержащее новые результаты в области

материаловедения и оценки долговечности изделий аддитивного производства. Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Рыжков Пётр Валерьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 — Материаловедение.

Даю согласие на обработку моих персональных данных, указанных в отзыве.

Старший научный сотрудник, к.т.н. Е.Н. Авдеенко
АО «Композит»
«09» ноября 2026 г.

Подпись Авдеенко Евгения Николаевича удостоверяю

Директор по кадрам АО «Композит» Б.Н. Елаков

г. Королев Московской области Акционерное общество «Композит» ОТДЕЛ КАДРОВ Рег. № 50:45:03959

Акционерное общество «Композит»
Адрес: 141070, Московская обл., г. Королев, ул. Пионерская, д. 4.
Тел.: 8 (495) 513-23-98
E-mail: info@kompozit-mv.ru