



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

ИНН 7804040077, ОГРН 1027802505279,
ОКПО 02068574

Политехническая ул., 29, Санкт-Петербург, 195251
тел.: +7(812)297 2095, факс: +7(812)552 6080
office@spbstu.ru

06.10.2022 № 188-ИИ/ИИ/ИИ
на № _____ от _____

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Баскова Федора Алексеевича

**«Разработка технологии селективного лазерного сплавления сложнопрофильных
изделий из жаропрочных никелевых сплавов с интерметаллидным упрочнением»,**

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.6.5 - Порошковая металлургия и композиционные материалы

Селективное лазерное сплавление (СЛС) является одной из наиболее перспективных технологий изготовления изделий сложной формы для авиа- и ракетостроения. В свою очередь активному развитию и внедрению технологии СЛС в российскую промышленность препятствует ограниченное количество адаптированных под технологию материалов. Как правило, каждый производитель оборудования поставяет узкий спектр порошковых материалов, для которых имеются отработанные режимы СЛС. При этом большинство импортных материалов имеют высокую стоимость и поставляются на территорию РФ в ограниченных количествах. Таким образом, адаптация перспективных отечественных сплавов к технологии СЛС является крайне актуальной задачей, решение которой позволит повысить технический уровень отечественных разработок и снизить расходы на изготовление деталей. Наибольший интерес для двигателестроения представляет использование технологии СЛС применительно к никелевым жаропрочным сплавам, обладающих высокими механическими и эксплуатационными характеристиками при повышенных температурах. В рамках работы рассмотрены отечественные порошковые жаропрочные никелевые сплавы ЭП741НП и АЖК, используемые для производства дисков, валов и других высоконагруженных элементов газовых турбин. Сплавы ЭП741НП и АЖК

характеризуются превосходным сочетанием механических свойств при температурах до 750-850 °С.

К наиболее важным результатам данной работы следует отнести, разработанную технологию изготовления изделий авиационной и ракетно-космической техники из жаропрочных никелевых сплавов, включающую СЛС порошков, операции газостатической и термической (ГИП+ТО) постобработки. В работе показано, что комбинированная постобработка повышает термомеханические свойства синтезированного материала сплава ЭП741НП: $\sigma_{\text{в}}^{20}$ до 1455 МПа (на 34,3 %), δ до 21,4 % (в 2 раза); $\sigma_{\text{в}}^{650}$ до 1290 ± 43 МПа (на 12 %), δ до $17,2 \pm 2,4$ % (в 7,5 раз); $\sigma_{\text{в}}^{750}$ до 1201 ± 21 МПа (на 25 %), δ до $32,0 \pm 1,1$ % (в 6 раз); ударная вязкость КСУ до 57 Дж/см² (в 5 раз), что выше паспортных значений для данного сплава, полученного по классической технологии гранильной металлургии. Для сплава АЖК проведение ГИП и ТО также приводит к значительному увеличению свойств синтезированного материала: $\sigma_{\text{в}}^{20} = 1396 \pm 22$ МПа, $\delta = 19,0 \pm 3$ %; $\sigma_{\text{в}}^{650} = 1240 \pm 25$ МПа, $\delta = 15,8 \pm 1,5$ %, $\sigma_{\text{в}}^{750} = 1085 \pm 23$ МПа, $\delta = 9,1 \pm 2,3$ %. Автором установлено, что увеличение свойств для СЛС-образцов из сплавов ЭП741НП и АЖК происходит за счет уменьшения пористости в процессе ГИП, выделению мелкодисперсной γ' -фазы кубической формой и карбидных фаз типа МС и M_{23}C_6 .

По материалам диссертационной работы имеется 16 публикации, в том числе 3 статьи в журналах из перечня ВАК и входящих в базы данных Scopus, Web of Science, 12 тезисов докладов в сборниках трудов международных конференций и 1 «Ноу-хау».

Представленные результаты достоверны, поскольку теоретические исследования выполнялись с использованием базовых положений и фундаментальных основ современного порошкового материаловедения, а экспериментальные – с применением стандартных и оригинальных методик, современной технологической и аналитической аппаратуры.

Замечания:

Вместе с тем по тексту автореферата диссертации имеются следующие замечания:

1. В работе не сказано о проведении исследований по определению химического состава на предмет основных элементов и газовых примесей у порошков и образцов после СЛС. Происходит ли изменение химического состава в процессе воздействия лазера?
2. Какие ограничения существуют у представленной автором технологии СЛС для изготовления сложнопрофильных изделий из жаропрочных никелевых сплавов.
3. Возможно ли применение других методик при разработке режимов СЛС для жаропрочных никелевых сплавов. Например, математическое моделирование?

Указанные замечания не затрагивают основных положений рецензируемой работы и не сказываются на ее общей положительной оценке. Работа отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям и Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а ее автор Басков Федор Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 - Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Директор Института машиностроения,
материалов и транспорта, д.т.н., профессор

А.А. Попович

