

## 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».

В аэрокосмической отрасли все более актуальной становится проблема повышения эксплуатационной надежности и срока службы двигателей космических аппаратов. Одним из направлений, позволяющих существенно продлить срок службы деталей для авиации и ракетно-космической отрасли, становится исследование перспектив усовершенствования используемых в настоящее время технологий, применяемых для целей двигателестроения. Кроме того, возникли и требуют решения задачи импортозамещения в отношении наиболее изученных и промышленно апробированных на сегодняшний день зарубежных сплавов Inconel 718 и Inconel 625. Поэтому, проведенное Басковым Ф.А. комплексное исследование процессов селективного лазерного сплавления отечественных марок жаропрочных никелевых сплавов с улучшенными механическими и эксплуатационными характеристиками, является актуальной работой.

В исследовании Баскова Ф.А. представлен ряд результатов, характеризующийся научной новизной, а именно:

1. Автор установил, что структура СЛС-образцов из сплавов ЭП741НП и АЖК состоит из столбчатых макрозерен, ориентированных в направлении преимущественного теплоотвода перпендикулярно плите построения, а на микроуровне – из колоний сонаправленных первичных осей дендритов, в междендритном пространстве которых формируются фазы Лавеса  $\text{Cr}_2\text{Nb}$ ,  $\text{Co}_2\text{Nb}$ ,  $\text{Cr}_2\text{Hf}$ .

2. Автор на практике доказал, что в результате снижения остаточной пористости, «залечивания» микротрещин, равномерного распределения  $\gamma'$ -фазы размером менее 0,3 мкм и выделения карбидов  $(\text{Ti}, \text{W})\text{C}$ ,  $(\text{Nb}, \text{Ti})\text{C}$ ,  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ,  $\text{Cr}_{21}(\text{Mo}, \text{W})_2\text{C}_6$  внутри и на границе зерен  $\gamma$ - фазы, а также применения комплексной постобработки СЛС-образцов сплавов ЭП741НП и АЖК, сочетающей ГИП с ТО (закалка и старение), может быть получено увеличение на 34% (до  $\sigma_{\text{в}} = 1455$  МПа) предела прочности на растяжение, 2-кратный рост пластичности (до 21,4 %) и к 5-кратный - (до 57 Дж/см<sup>2</sup>) ударной вязкости, обеспечен рост прочности на сжатие при  $T = 900$  °С до значений  $\sigma_{\text{в}} = 1127$  МПа,  $\sigma_{0.2} = 763$  МПа,  $\sigma_{\text{м}} = 656$  МПа.

3. Автор доказал путем прямых in-situ наблюдений процесса деформации сплавов ЭП741НП и АЖК, полученных сочетанием технологий СЛС, ГИП, ТО, что дисперсные выделения карбидов (Nb,Ti)C и  $Cr_{23}C_6$  оказывают существенное влияние на механизм деформации и разрушения, путем создания частицами карбидов дополнительного сопротивления движению трещин, способствуя изменению направления их распространения.

В качестве замечаний по работе можно отметить следующее:

1. Приведенный в автореферате третий пункт новизны требует уточнения, поскольку полученные в результате исследования цифровые значения не соотнесены с значениями, характерными для применения технологии до ее модернизации.

2. В автореферате не приведено описания возможностей дальнейшего усовершенствования разработанной технологии.

3. В работе не рассматриваются аспекты автоматизации предложенной технологии, для обеспечения ее готовности к передаче в производство.

Указанные замечания не снижают ценность диссертационной работы Баскова Ф.А. «Разработка технологии селективного лазерного сплавления сложнопрофильных изделий из жаропрочных никелевых сплавов с интерметаллидным упрочнением». Работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а сам диссертант заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Д.т.н., профессор

Президент НП «ЭнергоЭффект»

Мохов Андрей Игоревич

«03» октября 2022г.

e-mail: anmokhov@mail.ru

Телефон 8 (905) 777-02-77

Подпись заверяю:

Вице-президент НП «ЭнергоЭффект»



Некрасова М.А.