

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 одним из наиболее перспективных и прогрессивных методов изготовления изделий сложной формы для авиационной и ракетно-космической промышленности. Однако на сегодняшний день активному развитию и внедрению технологии СЛС в российскую промышленность препятствует ограниченное количество адаптированных под технологию материалов. Как правило, каждый производитель оборудования поставляет 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.

Научная новизна диссертационной работы определяется тем, что в ней впервые показано:

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 Cr_2Nb , Co_2Nb , Cr_2Hf .

Установлено существенное влияние дисперсных выделений карбидов $(\text{Nb}, \text{Ti})\text{C}$ и Cr_{23}C_6 на механизм деформации и разрушения, заключающееся в том, что частицы карбидов создают дополнительное сопротивление движению трещин, способствуя изменению направления их распространения. При этом предел временного сопротивления при растяжении дисперсно-упрочненных сплавов составляет 700 МПа для ЭП741НП и 470 МПа для АЖК.

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) пост-обработки. В работе показано, что комбинированная пост-обработка 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 гранульной 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, выделения мелкодисперсной γ' -фазы кубической формой и карбидных фаз типа MC и M₂₃C₆.

Теоретические и экспериментальные исследования соответствуют поставленной цели и задачам. Достоверность научных положений обеспечивается необходимым и достаточным количеством экспериментальных исследований, корректным теоретическим обобщением их результатов с использованием общепринятых концепций современного порошкового материаловедения. Результаты, полученные автором, являются новыми научными знаниями в области металлургии по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Следует отметить высокий методический уровень выполненной работы. Научная работа прошла достаточную апробацию. В автореферате отражена практическая значимость выполненной автором научной работы, показано внедрение результатов исследований в производство.

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».

Замечания:

Вместе с тем по тексту автореферата диссертации имеются следующие замечания:

1. Из текста автореферата не ясно, проводились ли сравнения с зарубежными жаропрочными никелевыми сплавами, которые используются в отечественной промышленности? Если да, то возможно ли их импортозамещение?


2. В автореферате на некоторых микроструктурах отсутствуют обозначения структурных составляющих, в том числе имеющихся фаз.

3. В работе сказано, что разработку режимов СЛС для сплава ЭП741НП осуществляли на промышленной установке, а для сплава АЖК на лабораторной. Планируется ли перенос режимов СЛС для сплава АЖК на промышленную установку?

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.

Профессор кафедры «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» МАИ

доцент, д.т.н.

 Серов Михаил Михайлович

Подпись Серова М.М. удостоверяю,
заместитель начальника управления
по работе с персоналом

 М.А. Иванов

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Адрес: Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993

Телефон (рабочий): 8-499-141-9588

Адрес электронной почты: serovrmf@yandex.ru