

# ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

## МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически  
организованной структурой и интеллектуальные  
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-199

**ОСОБЕННОСТИ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА ИЗДЕЛИЙ ИЗ СУПЕРСПЛАВА, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Фортуна С.В., Гурьянов Д.А., Никонов С.Ю.

*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН*

Суперсплавы (жаропрочные сплавы на основе никеля) создавались и используются для изготовления методом литья (в том числе литья с направленной кристаллизацией) лопаток и других деталей горячих трактов современных газотурбинных двигателей авиационного и энергетического назначения [1]. При этом наилучшими эксплуатационными характеристиками обладают лопатки турбин с направлено кристаллизованной или монокристаллической микроструктурой [1]. Известные на настоящее время технологии литья с направленной кристаллизацией являются чрезвычайно ресурсоемкими. Как в плане образования большой доли фактически невозвратных, или трудно регенерируемых, отходов очень дорогостоящих материалов, так и по трудоемкости с множеством технологических переходов, сложности оборудования и т.п.

В ближайшей перспективе развитие потенциальных возможностей интенсивно развивающихся аддитивных технологий возможно позволит свести технологию лопаток турбореактивных двигателей с монокристаллической микроструктурой к нескольким операциям. И в этом направлении уже имеются ощутимые достижения. Например, авторы недавней работы [2] добились эпитаксиального послойного роста суперсплава Inconel 718 на подложке из направленно кристаллизованного умеренно легированного суперсплава на основе никеля в процессе аддитивной лазерной технологии из порошкового материала (E-LMD). Развитие результатов этого исследования в производство позволит производить ремонт изношенных или поврежденных лопаток турбореактивных двигателей с монокристаллической микроструктурой.

Анализ результатов исследований, проведенных в коллективе авторов настоящей работы, показал, что в процессе электронно-лучевой аддитивной технологии (3-D печати) из филаментов возможно формирование изделий из суперсплава с направленной столбчатой микроструктурой. При этом направленная кристаллизация реализуется исключительно вдоль направления градиента температур и, как правило, с увеличением высоты аддитивного изделия изменяет направление от нормального к плоскости поверхности охлаждаемой подложки до сонаправленного траектории печати в слоях.

Для управления структурой материала аддитивного изделия необходимо понимание принципов кристаллизации в условиях, разнонаправленных составляющих теплоотвода. В настоящей работе представлены результаты анализа тонкой структуры материала аддитивных изделий из никелевого суперсплава во взаимосвязи с параметрами погонной энергии [3] и условий отвода тепла от ванны расплава в процессе формирования изделий.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2019-0034.*

1. Каблов Е.Н., Толорайя В.Н., Демонис И.М., Орехов Н.Г. Направленная кристаллизация жаропрочных никелевых сплавов // Технология легких сплавов. 2007. № 2. С. 60-70.
2. Lei Zh., Lu N., Yu X. Epitaxy and new stray grain formation mechanism during epitaxial laser melting deposition of Inconel 718 on directionally solidified nickel-based superalloys // Journal of Manufacturing Processes. 2019. V. 42. P. 11–19.
3. ГОСТ Р ИСО 857-1-2009 Сварка и родственные процессы. Словарь. Часть 1 Процессы сварки металлов. Термины и определения.