

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 22.06.01 Технологии материалов/ 05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

отделение машиностроения

**Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы**

Тема научно-квалификационной работы
Особенности структурно-фазового состояния изделий из жаропрочного никелевого сплава, сформированных провололочной электронно-лучевой аддитивной технологией

УДК 669.243.018.44:669.245:621.7.048.7

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A8-47	Гурьянов Денис Андреевич		

Руководителя профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Буякова Светлана Петровна	д.т.н., профессор		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И. о. руководителя	Ефременков Егор Алексеевич	к.т.н., доцент		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМШ	Колубаев Евгений Александрович	д.т.н., профессор		

Актуальность работы. Жаропрочные сплавы на основе никеля обладают очень востребованным комплексом механических и физико-химических свойств, таким как, длительный предел прочности, сопротивление высокотемпературной ползучести, коррозионная стойкость и жаропрочность. Что позволяет применять подобные жаропрочные сплавы в газотурбинных агрегатах транспортного и энергетического назначения, в частности для производства лопаток газотурбинных двигателей, в химической и в космической промышленности. Современный металлургический метод получения изделий с направленной структурой, основанный на жидкометаллическом охлаждении (данный подход является модификацией классического метода Бриджмена-Стокбаргера), является многоэтапным и весьма затратным по времени. С целью повышения эффективности производства изделий из дорогостоящих жаропрочных никелевых сплавов в настоящее время активно развиваются альтернативные технологические подходы. Одним из таких подходов является - аддитивное производство.

Методы аддитивного производства позволяют получать трехмерные изделия со сложной геометрией за счет послойного нанесения материала в соответствии с заданной цифровой моделью. Данный подход создает возможность изготовления сложных изделий без необходимости использования дорогостоящей оснастки или форм и сокращает необходимость многих традиционных этапов обработки. Изделия со сложной геометрией, точно соответствующие заданной модели, могут быть изготовлены за один этап без ограничений, накладываемых традиционными методами. Кроме того, можно значительно сократить количество деталей за счет устранения или уменьшения необходимости соединения нескольких компонентов. Также не стандартизированные детали могут производиться без предварительной подготовки элементов производства, что позволяет сократить время на замену критически важных или устаревших компонентов. По этим причинам аддитивное производство сегодня распространяется в качестве новой концепции для организации технологических процессов и производства ресурсоемких деталей

для медицинской, энергетической, аэрокосмической и автомобильной промышленности.

Проволочная электронно-лучевая аддитивная технология (известная также как electron beam freeform fabrication - EBF³) является высокопроизводительным и экономически выгодным (проволочный филамент произвести дешевле, чем порошковый) подходом к получению крупногабаритных изделий. В процессе проволочного электронно-лучевого аддитивного производства металлический филамент (в виде проволоки или прутка) облучается высокоэнергетическим потоком электронов, что приводит к плавлению материала филамента и, частично, ранее нанесенного слоя, с последующей их кристаллизацией. Ключевые особенности данного метода заключаются в том, что весь процесс протекает в вакууме; формируемое изделие не требует наличия дополнительных подпорок (в отличие от порошковых методов); высокочастотная развертка луча позволяет перемешивать расплавленный металл, что обеспечивает массоперенос достаточный для формирования однородной структуры; на последнем этапе необходимо проводить механическую обработку поверхности изделия.

Сплав ЖС6У является относительно дешевым жаропрочным никелевым сплавом первого поколения, исходя из чего, и был выбран как материал отработки технологических параметров аддитивного формирования изделий методом проволочной электронно-лучевой технологии. Полученные данные об особенностях формирования структуры, фазового состава и механических свойств позволят в дальнейшем перейти к применению более дорогих современных никелевых сплавов. Кроме того, получение направленной структуры в изделии из сплава первого поколения покажет перспективность проволочной электронно-лучевой аддитивной технологии как метода направленной кристаллизации.