

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедение

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Особенности формирования микроструктуры и фазового состава аустенитной стали, полученной методом электронно-лучевой аддитивной технологии с ультразвуковым воздействием

УДК 669.15-194.56:004.925.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ9К	Ломакин Алексей Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
г.н.с.	Тарасов С.Ю.	д.т.н., профессор		

Со-руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись
м.н.с.	Воронцов А.В.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Кашук И. В.	к.т.н.,		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Скачкова Л.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Технологии космического материаловедения	Мартюшев Н.В.	к.т.н., доцент		

Томск – 2021 г.

Планируемые результаты обучения по направлению 15.04.01 «Технологии космического материаловедения»

Код	Результат обучения
Универсальные компетенции	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при разработке наукоемких технологий изготовления и обработки новых материалов и изделий из них для аэрокосмической техники
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий РКТТ, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов в аэрокосмической техники
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для изделий РКТ, конкурентоспособных на мировом рынке, с подготовкой и анализом технической документации
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, расчеты на прочность в области современных технологий обработки материалов, производства узлов, деталей и конструкций в РКТ
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное производство, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
Профессиональные компетенции	
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития.
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) 15.04.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Мартюшев Н.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:
 магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ9К	Ломакину Алексею Владимировичу

Тема работы:

Особенности формирования микроструктуры и фазового состава аустенитной стали,
 полученной методом электронно-лучевой аддитивной технологии с ультразвуковым
 воздействием

Утверждена приказом директора (дата, номер)	112-21/с от 22.04.2021
---	------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования магистерской диссертации являются образцы стали 12Х18Н10Т полученные методом проволоочной электронно-лучевой аддитивной технологии (ЭЛАТ), ассистированной ультразвуковым воздействием (УЗ). Для обеспечения гомогенной структуры стального изделия в процессе получения методом ЭЛАТ использовалось УЗ, вследствие чего измельчается зеренная структура, уменьшается объемная доля ферритной фазы.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучить российскую и зарубежную научную литературу по теме технологий аддитивного производства и использования ультразвука при нестационарных металлургических процессах; 2. Исследовать механические характеристики, микроструктуру, фазовый состав аустенитной стали полученной методом проволочной ЭЛАТ, ассистированной УЗ; 3. Систематизировать результаты исследования, сделать выводы по работе.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Демонстрационный материал (презентация в MS PowerPoint)</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук И.В.
Социальная ответственность	Скачкова Л.А.
Разделы, выполненные на иностранном языке	Шайкина О.Л.
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>3.5. Результаты механических тестов и измерений микротвердости; 4. Выводы по результатам исследовательской работы</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>15.12.20</p>
--	-----------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
г.н.с.	Тарасов С.Ю.	д.т.н., профессор		15.12.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ9К	Ломакин Алексей Владимирович		15.12.20

РЕФЕРАТ

Работа включает в себя 113 страниц, 21 таблицу, 27 рисунков, 6 глав, 1 приложение, 72 литературных источника.

Ключевые слова: микроструктура, фазовый состав, аустенитная сталь, аддитивные технологии, электронно-лучевая аддитивная технология, ультразвуковое воздействие.

Цель работы – получение образцов из стали 12X18H10T с усовершенствованной структурой и повышенными механическими характеристиками, полученными методом проволочной электронно-лучевой аддитивной технологии, ассистированной ультразвуковым воздействием.

Объект исследования – образцы из стали 12X18H10T, изготовленные методом проволочной электронно-лучевой аддитивной технологии, ассистированной ультразвуковым воздействием.

Предмет исследования - особенности формирования микроструктуры, фазового состава и механических свойств образцов стали 12X18H10T, полученных методом проволочной электронно-лучевой аддитивной технологии, ассистированной ультразвуковым воздействием.

Научная и практическая значимость результатов заключается в возможности создания аддитивным методом изделий с улучшенными механическими характеристиками и более гомогенной структурой изделий, что позволит снизить необходимость применения дополнительных энергоемких производственных операций, таких как термическая обработка, для обеспечения удовлетворительных прочностных характеристик, зеренной структуры, фазового состава.

В ходе проделанной работы проведено исследование особенностей формирования зеренной структуры и фазового состава во взаимосвязи с механическими характеристиками аддитивных изделий из стали 12X18H10T, изготовленных методом проволочной электронно-лучевой аддитивной технологии, ассистированной ультразвуковым воздействием.

В процессе исследовательской работы проводились измерения методом доплеровской виброметрии, металлографический анализ методом оптической микроскопии, проведен анализ микроструктуры методом растровой электронной микроскопией, проведен рентгеноструктурный и магнитофазный анализ, проведены механические испытания и измерения микротвердости полученных образцов.

Оглавление

Введение.....	8
2. Литературный обзор	11
2.1. Аддитивные технологии.....	11
2.2 Влияние акустического воздействия на металлургические процессы...	15
2. Процедура эксперимента.....	21
3. Результаты.....	26
3.1. Результаты воздействия ультразвука	26
3.2. Макроструктурная характеристика	31
3.3. Исследование микроструктуры с помощью РЭМ и ДОЭ	34
3.4. Рентгеноструктурный анализ и мангнитофазный анализ	38
3.5. Результаты механических тестов и измерений микротвердости.	40
4. Обсуждение результатов исследовательской работы	44
Выводы по результатам исследования.....	49
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	54
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	54
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	55
5.1.3 SWOT-анализ	56
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	62
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	62
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	62
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	63
5.3. Бюджет научного исследования.....	67
5.3.1. Расчет материальных затрат научно-технического исследования .	68
5.3.2. Расчет амортизации специального оборудования.....	69
5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	70
5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	71
5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	72
5.3.6 Накладные расходы	72

5.3.7 Бюджетная стоимость НИР	73
5.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..	74
5.4.1. Интегральный показатель финансовой эффективности	74
5.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности	75
5.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки.....	76
6. Социальная ответственность	79
6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	79
6.2 Возможные опасные и вредные факторы	80
6.3. Анализ вредных факторов рабочей зоны	81
6.3.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении.....	81
6.3.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте	83
6.3.3 Анализ освещенности рабочей зоны	84
6.3.4 Нервно-психические перегрузки.....	87
6.4. Анализ опасных факторов рабочей зоны	88
6.4.1. Электробезопасность.....	88
6.4.2 Пожаро и взрывобезопасность	89
6.4.3 Экологическая безопасность	90
6.5 Чрезвычайные ситуации.....	91
6.5.1. Анализ вероятных ЧС.....	91
6.5.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.	92
Заключение	95
Список литературы	96
Приложение I.....	105

Введение

Процессы аддитивного производства (АТ), такие как селективное лазерное спекание, селективное лазерное плавление (СЛП), электронно-лучевое плавление (ЭЛП) или метод проволочного дугового наплавления (МПДН) [1–6] являются самыми высокотехнологичными, перспективными, развивающимися отраслями производства. АТ находит применение во многих отраслях промышленности, таких как авиакосмическая, медицинская, сферах технического обслуживания и в целом там, где необходимо изготовление единичной продукции. [7,8]. В сравнении с традиционными видами создания деталей, такими как штамповка или литье с последующей обработкой, для АТ требуется только материал для создания изделий различной формы. Материалами для АТ в основном являются порошки и проволоки [9]. АТ делятся на разные виды по источнику тепла: лазерный источник тепла используется в СЛП или прямой подвод энергии и материала (ППЭ), дуговой источник тепла служит для плавления проволоки в проволочной дуговой аддитивной технологии (ПДАТ), плотный поток электронов для АТ используется в ЭЛАТ. В ЭЛАТ и лазерных АТ в качестве материала может использоваться как порошок, так и проволока [10–12]. В каждом виде АТ есть свои преимущества и недостатки. Например, в порошковой АТ часто возникает пористость, большие градиенты температур, горячее растрескивание, но при этом высокая точность получаемых деталей. При проволочном АТ, наоборот, пористость практически исключена, производительность больше, чем у порошковых видов АТ, но возникают сложности при печати изделий сложной формы. Для наиболее продуктивного производства изделий набирает актуальность проволочное электронно-лучевое аддитивное производство (ПЭЛАТ).

Состав используемых материалов может быть также различен для тех или иных задач. В настоящее время актуально производить изделия АТ из

цветных сплавов [13], сталей [14], суперсплавов на никелевой основе [15]. Одним из самых распространенных материалов являются коррозионностойкие стали [16,17]. Благодаря подобранному химическому составу, стали этого класса имеют хорошие коррозионные, прочностные свойства, хорошую пластичность. Применяются нержавеющие стали в разных отраслях промышленности: мостостроение, трубопроводы, облицовка зданий [18]. Также могут использоваться в несущих конструкциях и сохранять свою прочность при температурах выше 500°C [19]. Есть, конечно, и недостатки, например, во многих сталях, таких как SS 321, 316, 304 при термической обработке, АТ в нашем случае, характерен остаточный δ -феррит. Известным фактом [20] является, что δ -феррит является первичным очагом коррозии. В силу этого, ведутся исследования по уменьшению объемной доли δ -феррита в аддитивных изделиях. Для изменения морфологии δ -феррита используют термическую обработку [21]. Проблемы, связанные с прочностью могут быть решены добавлением порошков для увеличения числа центров кристаллизации, тем самым уменьшая размер зерна [22].

Одним из новых подходов для решения подобных проблем является использование акустических волн в процессе АТ. Влияние ультразвука в металлургических процессах известно уже несколько десятилетий по работам Эскина, Абрамова [23,24]. Довольно хорошо изучены процессы ультразвукового воздействия при литье и сварке. Описаны механизмы разрушения кристаллов под действием упругих колебаний, кавитации. Использование ультразвукового воздействия в области аддитивного производства начались уже в 21 веке [25]. И сейчас количество исследовательских работ только начинает расти [25–31]. Так Fuda Ning и Weilong Cong в своей работе [25] пришли к выводу, что при лазерной формовке сетки с ультразвуковым воздействием (UV-A LENS) форма образца получилась более однородной, понизилось число пор, микротрещин. Отмечается улучшение механических характеристик после использования мощного ультразвука во процессе UV-A LENS. Yang Zhang и др. проводили

исследования, направленные на влияние мощности ультразвука на относительную плотность деталей из алюминиевого сплава [29]. Yichong Yang и др. в работе [30] используют ударную ультразвуковую обработку (UIT) после ПДАТ и таким образом улучшают механические свойства, снижают остаточные напряжения. Для контроля затвердевания сплава и измельчения зерен, С. J. Todaro и др. [27] использовали мощное ультразвуковое воздействие при лазерной DED порошков Ti-6Al-4V, Inconel 625, 316 L нержавеющей (аустенитная сталь).

Подводя итог, в предыдущих работах не затрагивается тема распространения ультразвуковых колебаний в объем образцов. Согласно [32], ультразвуковые колебания высокой интенсивности подвержены большому затуханию на расстоянии, а также формированию пилообразной формы волны. Хотя в настоящее время проводятся исследования на образцах малых объемов [27], для изготовления больших деталей в будущем нелинейность распространения ультразвука может стать проблемой. Поэтому в данной работе использовался ультразвук с небольшой амплитудой. К тому же, актуальная проблема δ -феррита остается без внимания. На основании этого, целью этой работы является получение образцов ПЭЛАТ и ПЭЛАТ с ультразвуковым воздействием (ПЭЛАТ-УЗ), исследование фазового состава полученных образцов и корреляция полученных данных со свойствами полученных образцов ПЭЛАТ и ПЭЛАТ-УЗ. Также, подробно будет затронуто распределение ультразвуковых колебаний в объеме образца АТ методом Доплеровской виброметрии с последующим моделированием распространения вибраций.

2. Литературный обзор

2.1. Аддитивные технологии

Аддитивные технологии классифицируются:

- по материалу для создания изделий (Проволочные, металлопорошковые, полимерные, и т.д.)
- по виду теплового источника (лазер, электрическая дуга, электронный луч); по методам подвода энергии для фиксации слоя (тепловое воздействие, облучение ультрафиолетом или видимым светом, посредством связующего состава и т.д.) [68];

Одной из наиболее популярных технологий аддитивного производства является метод наплавления (ММП; Fused deposition modeling, FDM) — объект формируется путём послойной укладки расплавленного филамента из легкоплавкого материала (пластик, металл, воск) [68]. Материал подаётся в экструзионную головку, которая выдавливает на охлаждаемую платформу расплавленный филамент, формируя слой создаваемого изделия. Далее платформа опускается на толщину одного слоя, для нанесения последующего слоя. Это самый распространенный способ 3D-печати в мире, на основе которого работают 3D-принтеры (Рис. 1). FDM-принтеры работают с различными типами пластиков, самым популярным и доступным является ABS пластик. Изделия из пластика подходят для тестирования продукции, прототипирования, а также для изготовления готовых к эксплуатации объектов.

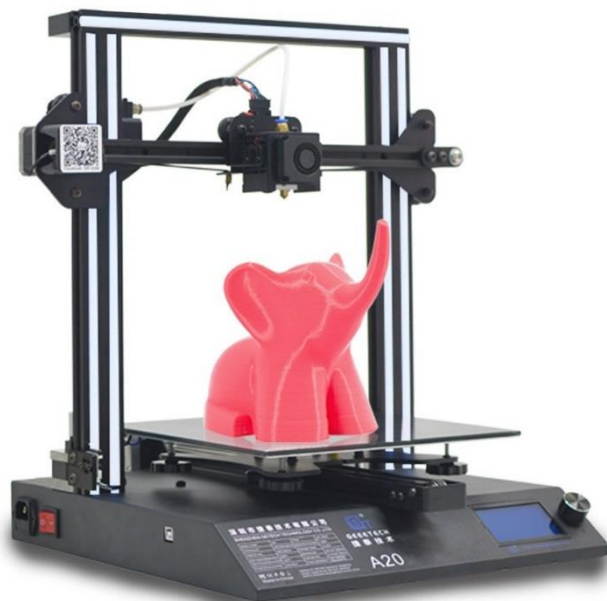


Рисунок 1. FDM принтер GIANTARM Nuova Geeetech A20 Stampante 3D , печать пластиком

Селективное лазерное сплавление/спекание (СЛС; Selective laser melting, SLM) — технология послойного аддитивного производства с использованием лазера [68]. На сегодня метод СЛС является наиболее быстро развивающейся технологией среди методов аддитивного производства. Однако стоит проблема производительности технологии, ограничивающая её дальнейшее широкое распространение для нужд современной индустрии. Преимуществами СЛС технологии являются: шероховатость, точность получаемых размеров элементов изделия, возможность создания самых сложных конструктивных элементов, что гарантировано малым радиусом лазерного пятна (до 20 мкм). СЛС технология не нуждается в поддерживающих структурах, «висящих в воздухе» элементов, разрабатываемого объекта за счёт заполнения пустот порошком. Для уменьшения необходимой для спекания порошка энергии температура камеры

обычно поддерживается на уровне 160-200°C. На рисунке 2 представлена схема селективного лазерного спекания.

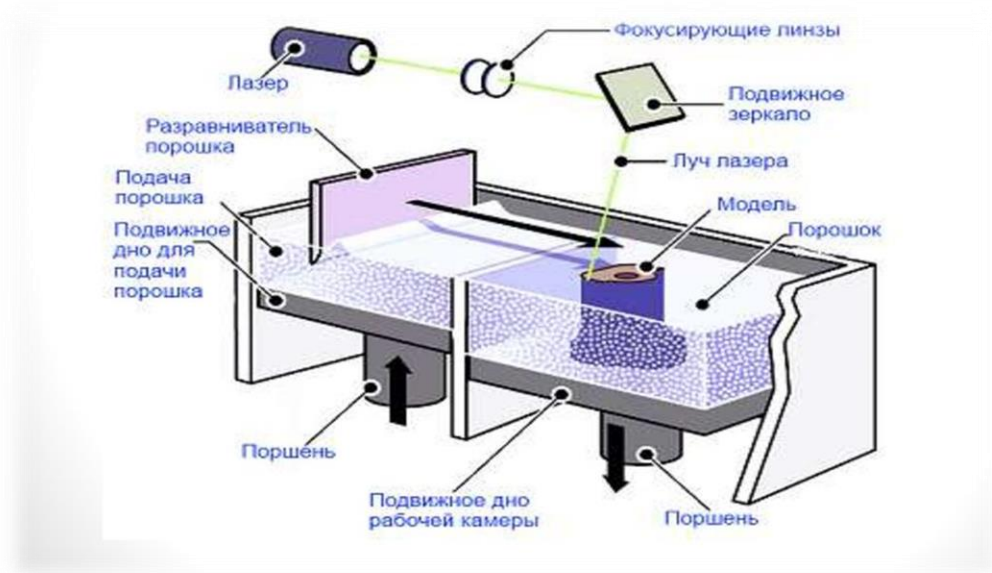


Рисунок 2. Схема печати по технологии СЛС

Лазерная стереолитография (ЛС; Stereolithography, SLA) — объект формируется из специального жидкого фотополимера, затвердевающего под действием лазерного излучения (или излучения ртутных ламп) [68]. При этом лазерное излучение формирует на поверхности текущий слой разрабатываемого объекта, после чего объект погружается в фотополимер на толщину одного слоя, чтобы лазер мог приступить к формированию следующего слоя. Для принтеров с высокой разрешающей способностью, используют следующую схему: источник излучения размещают внизу (под прозрачным резервуаром с фотополимером), который формирует в зазоре между дном резервуара и предыдущим слоем (или если это первый слой — между дном резервуара и платформой) текущий слой разрабатываемого объекта, после чего платформа (Рис. 3) с объектом поднимается на толщину одного слоя.

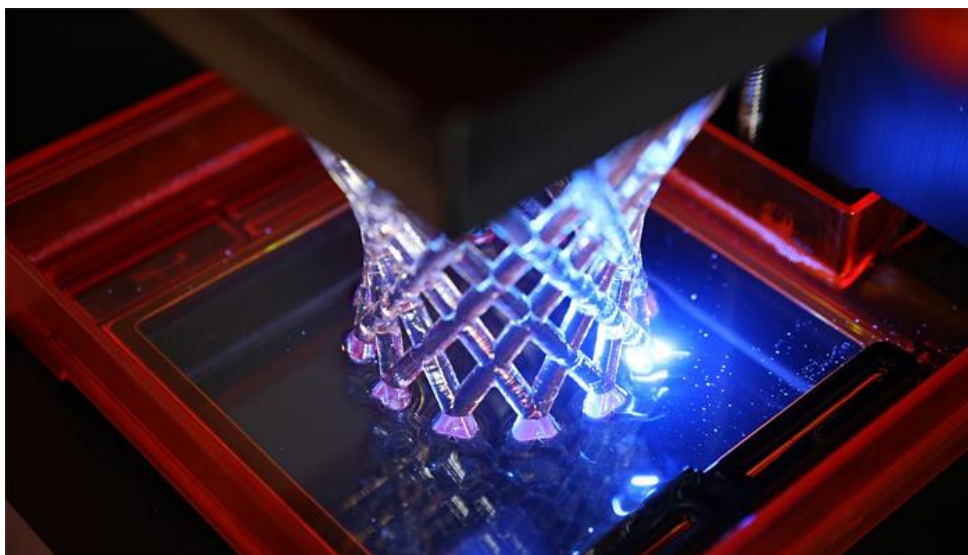


Рисунок 3. Процесс лазерной стереолитографии

Электронно-лучевая плавка (ЭЛП; electron beam melting, EBM) — технология, похожая на SLS, только здесь объект формируется путём плавления электронным лучом в вакууме [68]. Печать с помощью электронно-лучевой плавки ведется как порошком, так и проволокой. Главным преимуществом ЭЛП является производительность (до 9 кг/ч). Схема представлена на рисунке 4.

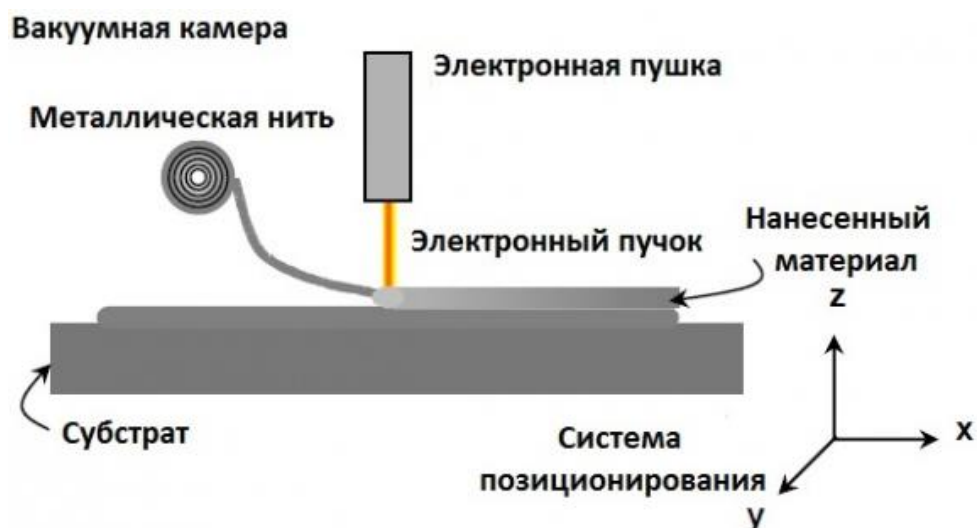


Рисунок 4. Схема печати по технологии ЭЛП

Изготовление объектов с использованием ламинирования (англ. laminated object manufacturing, LOM) — объект формируется послойным склеиванием (нагревом, давлением) тонких плёнок рабочего материала с вырезанием (с помощью лазерного луча или режущего инструмента) соответствующих контуров на каждом слое [68]. За счёт отсутствия пустот данная технология не нуждается в поддерживающих структурах «висящих в воздухе» элементов, однако удаление лишнего материала (обычно его разделяют на мелкие фрагменты) в некоторых ситуациях может вызывать затруднения. Схема представлена на рисунке 5.

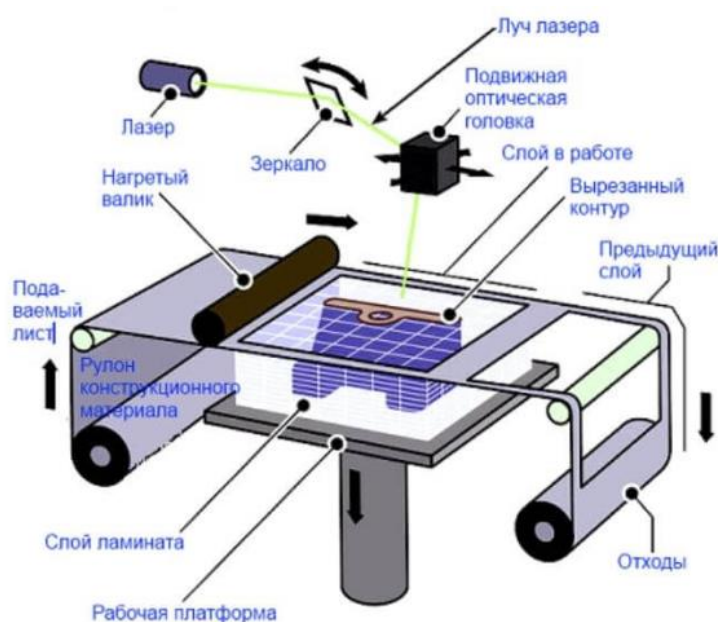


Рисунок 5. Схема изготовления объектов с использованием ламинирования

2.2 Влияние акустического воздействия на металлургические процессы

В процессе плавления и затвердевания металлов протекают различные физико – химические реакции. Металлы в меняющейся пропорции находятся в трех агрегатных состояниях: жидком, твердом и газообразном. На рассматриваемую систему можно воздействовать различными способами [69].

К этим способам относятся механическое воздействие, воздействие электрических, магнитных, тепловых акустических и радиационных полей.

Тепловое воздействие является основным – все металлургические процессы связаны с подводом и отводом тепла в процессе плавления и затвердевания металлов. С помощью химического воздействия из оксидов получают металлы и производят их очистку от примесей за счет протекания окислительно - восстановительных реакций. Механическое воздействие применяется в основном для перемешивания расплавов, интенсификации процесса усреднения химического состава в объеме плавильного пространства. Широко также применяется электрическое, магнитное и совмещенное электромагнитное воздействие, но в большинстве случаев результатом этого воздействия является трансформация электромагнитной энергии в тепловую или механическую (выделения теплоты в дуговых, индукционных и печах сопротивления, электромагнитное перемешивание в различных плавильных агрегатах). Радиационное воздействие в металлургии используется в установках электронно - лучевой плавки и в различных системах контроля уровня металла (в последнем случае воздействие носит характер скорее информационного, чем силового). Применение акустического воздействия в металлургии в основном связано с попытками добиться контролируемого влияния на макро- и микроструктуру отливок из различных металлов и сплавов [70].

Акустическое воздействие представляет собой распространение в обрабатываемой среде упругих или квазиупругих колебаний [2]. Акустические колебания условно делятся на диапазоны с частотой $f < 20$ Гц (инфразвуковой), $20 \text{ Гц} \leq f \leq 20 \cdot 10^3$ Гц (слышимый диапазон), $20 \cdot 10^3 \text{ Гц} < f \leq 20 \cdot 10^8$ Гц (ультразвуковой), $f > 20 \cdot 10^8$ Гц (гиперзвуковой).

Непосредственным результатом воздействия ультразвуковых колебаний на кристаллизующийся металл являются структурные изменения,

происходящие в материале. Результаты воздействия ультразвуковых колебаний можно охарактеризовать следующими изменениями структуры [4]:

- уменьшение размера зеренной структуры;
- устранение столбчатой структуры и образование равноосного зерна;
- изменение характера распределения фаз (по количеству, степени измельчения и взаимному расположению);
- повышение однородности материала, уменьшение степени развития ликвационных процессов;
- более равномерное распределение неметаллических включений по объему материала.

Перечисленные эффекты не отражают всех структурных изменений, которые в действительности может вызвать кристаллизация металлов в ультразвуковом поле. В ряде случаев столбчатая структура не устраняется, но толщина столбчатых кристаллов уменьшается, а иногда при переходе через некоторые пороговые значения мощности ультразвука наблюдается укрупнение кристаллов определенной фазы [69-70].

На рис. 6 показано изменение микроструктуры стали X27 под влиянием ультразвуковой обработки. Ультразвуковая обработка приводит к измельчению зерна. Часто в результате обработки устраняется дендритный характер микроструктуры. На рис. 7 приведена микроструктура хромоникелевой стали X25H20 необработанной, а также обработанной ультразвуком.

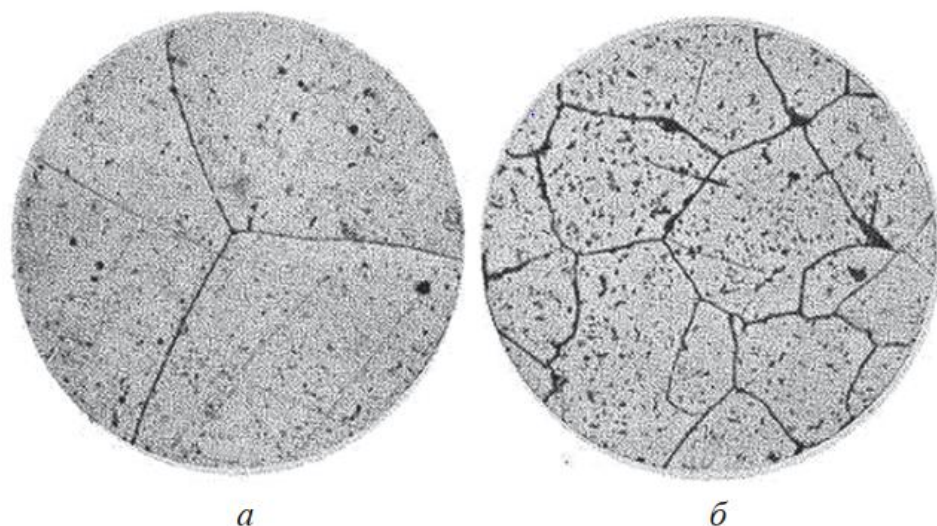


Рис . 6. Микроструктура стали X27: а – необработанной; б – обработанной ультразвуком. $\times 100$

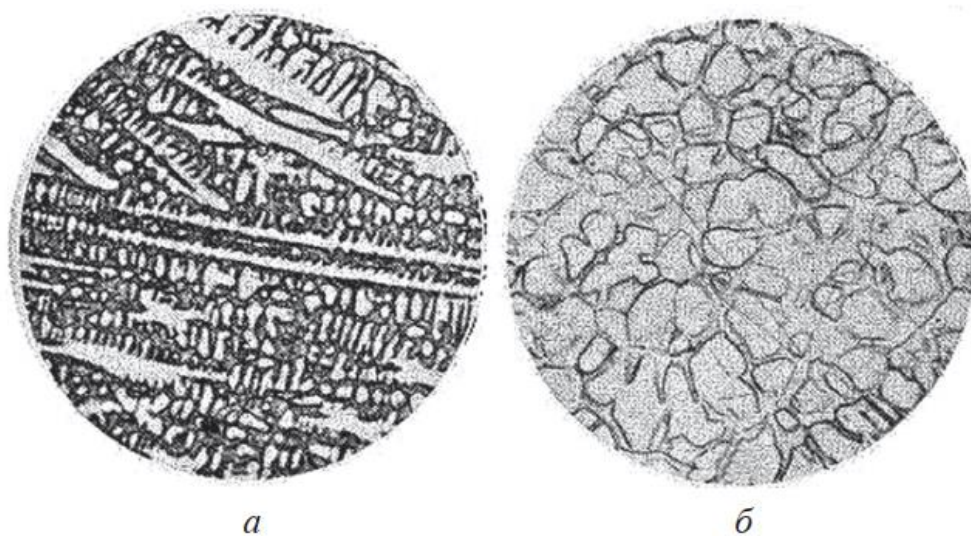


Рис. 7. Микроструктура стали X25H20: а – необработанной; б – обработанной ультразвуком: $\times 100$

В многофазных сплавах изменяется характер распределения фаз; это не может быть следствием уменьшения величины зерна, а говорит о влиянии иных факторов, связанных с особенностями кристаллизации в ультразвуковом поле. На рис. 8 показаны фотографии микрошлифов высокопрочного сплава на никелевой основе ЭИ-661. При обработке ультразвуковыми колебаниями на границах зерен выделяется хрупкая фаза. В слитках,

закристаллизовавшихся без ультразвукового воздействия, эта фаза выделяется в значительно меньшем количестве.

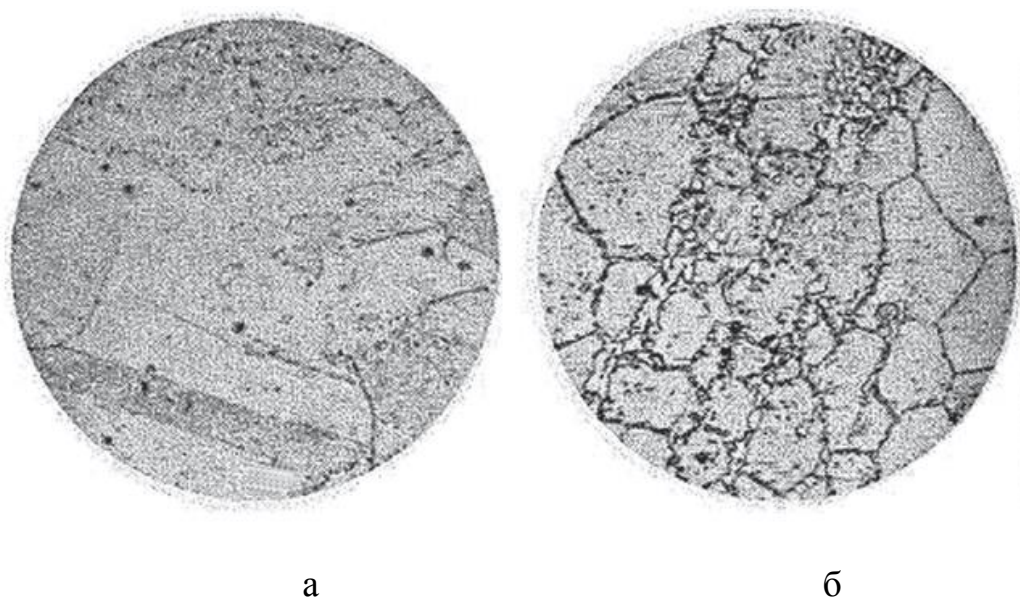


Рис. 8. Микроструктура сплава на никелевой основе ЭИ-661:
а – необработанной; б – обработанной ультразвуком. $\times 600$

Образование мелкой равноосной структуры способствует повышению однородности слитка и препятствует развитию зональной и дендритной ликвации [72]. На рис. 9 показана микроструктура латуни (40% Zn). При кристаллизации контрольного слитка получены крупные мартенситные иглы на фоне твердого раствора [72]. Распределение мартенситной фазы – неравномерное. Кристаллизация в ультразвуковом поле позволила получить тонкую мартенситную структуру, равномерно распределенную по всему объему материала, подвергшегося ультразвуковому воздействию [72].

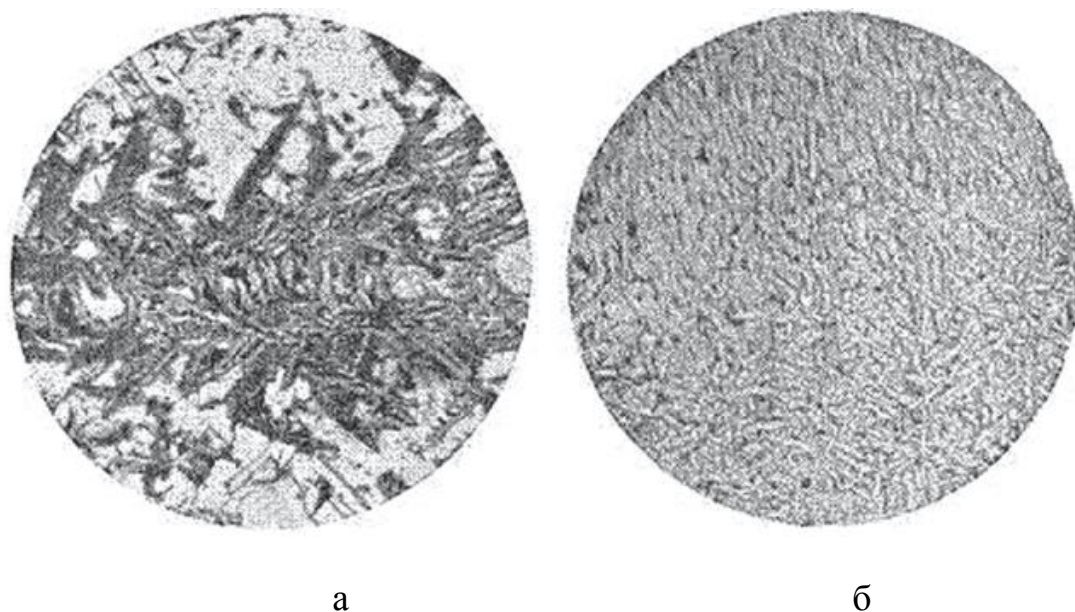


Рис. 9. Микроструктура латуни: а – необработанной; б – обработанной ультразвуком. $\times 100$

В сталях ШХ15, Х27, Х25Н20 и других наблюдается более равномерное распределение неметаллических включений под действием ультразвука [72]. Таким образом, экспериментальные данные свидетельствуют о разнообразных и существенных изменениях в макро- и микроструктуре слитков под действием ультразвука. Причин, по которым сдерживается широкое применение ультразвука в металлургических процессах, несколько. В первую очередь это связано с тем, что кавитационная прочность жидких металлов на порядок выше, чем для жидкостей, используемых в процессах химической и перерабатывающей промышленности, где широко используется ультразвук. Повышенная кавитационная прочность жидких металлов требует соответствующего увеличения мощности источников ультразвука [71-72].

Таким образом, в настоящей работе будет использовано ультразвуковое воздействие в процессе создания образца при помощи ПЭАЛТ. Для работы будет использоваться генератор ультразвуковых

колебаний с частотой 20.6 кГц, с максимальной выходной мощностью выходного сигнала 1000Вт.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ9К	Ломакин Алексей Владимирович

Школа	ИШНПТ	Отделение Школа	Отделение материаловедения
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

Оценка конкурентоспособности ИП
Матрица SWOT
Диаграмма Ганта
Бюджет НИ
Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.21
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н, доцент		08.02.21

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ9К	Ломакин Алексей Владимирович		08.02.21

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Умение рационально и эффективно использовать ресурсы является неотъемлемой частью ресурсоэффективности и ресурсосбережения финансового менеджмента.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, и ресурсосбережение» является модификация структуры алюминиево-кремниевых сплавов методом фрикционной перемешивающей обработки, в том числе с внедрением порошковых частиц титана, отвечающей современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Целью данной исследовательской работы было получение образцов из стали 12Х18Н10Т с усовершенствованной структурой и повышенными механическими характеристиками, полученными методом проволочной электронно–лучевой аддитивной технологии, ассистированной ультразвуковым воздействием.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов данного исследования выступают компании, занимающиеся производством деталей и изделий с

помощью аддитивных технологий. В частности, это компании, занимающиеся автомобилестроением, созданием медицинских протезов, геометрически сложных деталей и прототипов для авиакосмической и военной отраслей. Для них возможность улучшения качества получаемых с использованием аддитивных технологий изделий путем введения в процесс ультразвукового воздействия является перспективной.



Рис. 25 Доли аддитивных технологий по отраслям

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В данной выпускной квалификационной работе изучается воздействие ультразвука на процесс формирования микроструктуры аустенитной стали полученной с помощью проволоочной электронно - лучевой аддитивной технологии. У данной технологии много конкурентов. В данном случае возьмём электронно – лучевую плавку порошка (без использования ультразвука, для более явного выявления преимуществ и недостатков).

Таблица 1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентно-способность	
		Б _ф	Б _к	К _ф	К _к
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда	0,20	5	5	1	0,4
Удобство эксплуатации	0,13	4	5	0,52	0,39
Простота эксплуатации	0,05	3	4	0,15	0,05
Энергоэкономичность	0,03	3	2	0,09	0,06
Надежность	0,07	4	2	0,28	0,14
Уровень шума	0,11	2	2	0,22	0,11
Безопасность	0,15	4	3	0,6	0,45
Экономические критерии оценки					
Конкурентоспособность	0,07	5	4	0,35	0,28
Уровень проникновения на рынок	0,1	4	4	0,4	0,2
Цена	0,05	3	2	0,15	0,1
Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	4	5	0,16	0,08
Итого:	1	45	24	3,92	3,48

Расчет конкурентоспособности, на примере актуальности исследования, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i + B_i = (0,2 \cdot 5) + (0,13 \cdot 4) + (0,05 \cdot 3) + (0,03 \cdot 3) + (0,07 \cdot 4) + (0,11 \cdot 2) + (0,15 \cdot 4) + (0,07 \cdot 5) + (0,1 \cdot 1) + (0,05 \cdot 3) + (0,04 \cdot 4) = 3,92$$

где, K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

5.1.3 SWOT-анализ

Для проведения комплексного анализа проекта воспользуемся SWOT-анализом. Он проводится в несколько этапов. На первом этапе определяются сильные и слабые стороны проекта, а также выявляются возможности и угрозы для реализации проекта. Первый этап проведения SWOT-анализа представлен в таблице 2

SWOT-анализ – это выявление сильных (S – strenght) и слабых (W – weakness) сторон исследуемого объекта, что описывает внутреннюю среду, а также возможностей (O – opportunities) и угроз (T – troubles) внешней среды.

Таблица 2 - Матрица SWOT

Strengths (сильные стороны)	Weaknesses (слабые стороны)
<p>C1. Имеет преимущества, когда необходимо получить деталь минуя стадию разработки техпроцесса</p> <p>C2. Минимальное количество используемого оборудования</p> <p>C3. Может использоваться для улучшения микроструктурных свойств изделий полученных с помощью аддитивных технологий</p> <p>C4. Низкие потери при работе.</p> <p>C5. Экологичность технологии.</p>	<p>Сл1. Очень дорогостоящее оборудование</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.</p> <p>Сл3. Вероятность получения брака;</p>

Opportunities (возможности)	Threats (угрозы)
<p>В1. Появление потенциального спроса на новые разработки.</p> <p>В2. Технология ультразвуковой обработки, которая обеспечивает микроструктурное улучшение получаемых изделий.</p> <p>В3. Быстрое внедрение в производство</p>	<p>У1. Отсутствие прототипа научной разработки;</p> <p>У2. Вероятность структурообразования составов;</p> <p>У3. Вероятность появления более выгодных предложений на рынке, так как в данном направлении ведется большое количество исследований.</p>

После того как сформированы четыре области, переходим ко второму этапу, на котором необходимо выявить соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого в рамках данного этапа строится интерактивная матрица, при этом каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы представлены в таблицах 3-6.

Таблица 3 - Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	В1	+	-	-	-	-
	В2	-	-	-	+	+
	В3	+	+	+	-	-

Таблица 4 - Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	+	-	-
	В2	-	-	+
	В3	-	+	-

Таблица 5 - Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта						
Угрозы		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	+	-	-	-	-
	У2	-	-	-	+	+
	У3	-	+	+	-	-

Таблица 6 - Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	+	-
	У2	+	-	+
	У3	-	+	-

На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 7.

Таблица 7 - Итоговая матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Имеет преимущества, когда необходимо получить деталь минуя стадию разработки техпроцесса</p> <p>С2. Минимальное количество используемого оборудования</p> <p>С3. Может использоваться для улучшения микроструктурных свойств изделий</p> <p>С4. Низкие потери при работе.</p> <p>С5. Экологичность технологии.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Очень дорогостоящее оборудование</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой.</p> <p>Сл3. Вероятность получения брака;</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Появление потенциального спроса на новые разработки.</p> <p>В2. Технология ультразвуковой обработки, которая обеспечивает микроструктурное улучшение получаемых изделий.</p> <p>В3. Быстрое внедрение в производство</p>	<p>В1С1</p> <p>В2С4С5</p> <p>В3С1С2С3</p>	<p>В1Сл1</p> <p>В2Сл3</p> <p>В3Сл2</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие прототипа научной разработки;</p> <p>У2. Вероятность структурообразования составов;</p> <p>У3. Вероятность появления более выгодных предложений на рынке, так как в данном направлении ведется большое количество исследований</p>	<p>У1С1</p> <p>У2С2С4С5</p> <p>У3С2С3</p>	<p>У1Сл2</p> <p>У2Сл1Сл3</p> <p>У3Сл2</p>

В результате SWOT-анализа показано, что преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками.

Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения.

Основные направления повышения конкурентоспособности проекта: проведение дополнительных научных исследований, использование новейшего оборудования и дальнейшее совершенствование отдельных узлов.

Основные преимущества данного проекта – универсальность. Методы ультразвуковой обработки применяются давно, но только к традиционным методам изготовления деталей. Данное исследование обращает внимание на роль ультразвукового воздействия именно в развивающихся и перспективных аддитивных технологиях.

Но не смотря на все преимущества проекта, есть и слабые стороны. На данном этапе не усовершенствована технология подвода ультразвука на всю глубину детали, поэтому возникают некоторые трудности при получении желаемых характеристик.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения НИР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка материалов	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Инженер

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (4)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (5)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (3.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (6)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (7)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 9.

Таблица 9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения НИР	2	3	3	4	2,4	3,4	2,9	5

Продолжение таблицы 9

3. Обзор научной литературы	-	6	-	9	-	7,2	7,2	11
4. Выбор методов исследования	-	1	-	4	-	2,2	2,2	4
5. Планирование эксперимента	1	5	3	6	1,8	5,4	7,2	11
6. Подготовка материалов	-	4	-	7	-	5,2	5,2	8
7. Проведение эксперимента	-	11	-	16	-	13	13	20
8. Обработка полученных данных	-	7	-	10	-	8,2	8,2	13
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	3	4	2,4	3,4	2,9	5
10. Составление пояснительной записки	-	9	-	12	-	10,2	10,2	15
Итого:	7	49	13	68	9,4	58,2	61,8	96

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 10).

Таблица 10 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ оп.	Вид работы	Исполнитель	Т _к , день	Продолжительность выполнения работ			
				Февраль	Март	Апрель	Май
01	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	■			
02	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	5	■ ■			
03	Обзор научной литературы	Исп2	11	■			
04	Выбор методов исследования	Исп2	4		■		
05	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	11		■ ■		
06	Подготовка материалов	Исп2	8		■		
07	Проведение эксперимента	Исп2	20			■	
08	Обработка полученных данных	Исп2	13				■
09	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5				■ ■
10	Составление пояснительной записки	Исп2	15				■

Примечание: ■ - Научный руководитель ■ - Инженер

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы с разбивкой по месяцам и декадам за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

5.3. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице.

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

5.3.1. Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затраты на все материалов

Таблица 11 – Затраты на получение материалов, путем аддитивной технологии

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед.(кг), руб.	Итого затраты, руб.
Полосы 300x60x5 12X18N10T	шт	5	45	225
Полосы 300x60x5 12X18N10T	шт	7	42,8	300
Наушники с шумоподавлением	шт	1	400	400
Очки защитные ударопрочные	шт	1	90	90
Итого:				1 115

5.3.2. Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (8)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (9)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Таблица 12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ультразвуковая установка И-4	1	10	0,12	10	1 500 000	1500
2	Оборудование для проволочной электронно – лучевой аддитивной технологии	1	15	0,12	7	10 000 000	7000
3	ПЭВМ	1	5	4	20	25000	1 667
Итого:							10 167

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (10)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

(таблица 3.13).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{52\,650 \cdot 10,3}{261} = 2\,077,8 \text{ руб.}, \quad (11)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{30\,322,5 \cdot 11,2}{243} = 1\,397,6 \text{ руб.}, \quad (12)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d)k_p = 27\,000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 52\,650 \text{ руб.}, \quad (13)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d)k_p = 15\,550 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 30\,322,5 \text{ руб.} \quad (14)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; k_d – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	52/5	18/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	261	243

Таблица 14 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_b	$K_{пр}$	K_d	K_p	Z_m	$Z_{дн}$	$T_{раб}$	$Z_{осн}$
Руководитель	27 000	1,2	1,1	1,3	52 650	2 077,8	9,4	19 531,3
Инженер	15 550	1,2	1,1	1,3	30 322,5	1 397,6	58,2	81 340,3
Итого:								100 871,6

5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 19\,531,3 = 2\,929,7 \text{ руб.}, \quad (15)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 81\,340,3 = 12\,201,1 \text{ руб.}, \quad (16)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

Таблица 15 - Расчет дополнительной заработной платы

	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{доп}}$
Руководитель	19 531,3	2 929,7
Инженер	81 340,3	12 201,1
Итого		15 130,8

5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (17)$$

где, $K_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.)

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (100\,871,6 + 15\,130,8) = 34\,800,7 \text{ руб}$$

5.3.6 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от

суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей} \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (18)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

$$C_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 163\,085,1 = 26\,093,6 \text{ руб}$$

5.3.7 Бюджетная стоимость НИР

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости проведения исследований.

Все данные сведены в таблицу 16

Таблица 16 - Группировка затрат по статьям

Наименование статей затрат	Сумма,руб	
	Текущий проект	Аналог
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	2 115	1 635
Затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ	10 167	23 450,1
Основная заработная плата	100 871,6	100 871,6
Дополнительная заработная плата	15 130,8	15 130,8
Отчисления на социальные нужды	34 800,7	34 800,7
Накладные расходы	26 093,6	28 142,1
Итоговая плановая себестоимость	189 178,7	204 030,3

5.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

5.4.1. Интегральный показатель финансовой эффективности

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Определим значения показателя для разрабатываемой технологии и аналогов, приведенных в пункте 5.1.1 данной работы.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (19)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 189\,178,7$ руб, $\Phi_{\text{исп.}2} = 204\,030,3$ руб, $\Phi_{\text{max}} = 319\,400,8$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{189\,178,7}{319\,400,8} = 0,59$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{\text{исп.}2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{204\,030,3}{319\,400,8} = 0,64$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по двум вариантам разработки проектируемый вариант считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Рыночная цена данного метода упрочнения на рынке 319 400,8 руб.

Разрабатываемая технология подразумевает уменьшение количества отходов и количества комплектующих.

5.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 17).

Таблица 17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2
1. Безопасность при использовании установки	0,25	4	4
2. Стабильность работы	0,25	5	4
3. Удобство в эксплуатации	0,3	5	3
4. Энергосбережение	0,1	4	5
5. Материалоёмкость	0,1	5	3
ИТОГО	1	4,65	3,7

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,25 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,65$$

$$I_{p2} = 0,25 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 = 3,7$$

5.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}} \quad (20)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,65}{0,59} = 7,9, \quad I_{исп.2} = \frac{3,7}{0,64} = 5,8$$

Интегральный показатель эффективности определяет расчетную сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср1} = \frac{I_i}{I_1} \quad (21)$$

$$\mathcal{E}_{ср.1} = \frac{7,9}{7,9} = 1, \quad \mathcal{E}_{ср.2} = \frac{5,8}{7,9} = 0,7$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 18).

Таблица 18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,59	0,64
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,7
3	Интегральный показатель эффективности	7,9	5,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,7

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ9К	Ломакину Алексею Владимировичу

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Особенности формирования микроструктуры и фазового состава аустенитной стали, полученной методом электронно-лучевой аддитивной технологии в сочетании с ультразвуковым воздействием	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>В качестве объекта исследования выступает офисное помещение исследовательского центра.</p> <p>В данном офисе проводится Исследование особенностей роста зерен, микроструктуры и фазового состава аустенитной нержавеющей стали, изготовленной методом проволоочной электронно-лучевой аддитивной технологии в сочетании с ультразвуковым воздействием. При исследовании в основном используется компьютерная техника, которая неблагоприятно влияет на здоровье и несет за собой ряд опасных факторов.</p> <p>Область применения: машиностроение</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы 	<p>1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021)</p> <p>2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</p>

<p>трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. 4. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания</p>
<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные и опасные факторы: Отклонение показателей микроклимата Превышение уровня шума Отсутствие или недостаток естественного света Недостаточная освещенность рабочей зоны Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Отходы такие как люминесцентные лампы и микросхемы необходимо правильно утилизировать так как они загрязняют окружающую среду.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией для учебного корпуса является пожар. В целях предотвращения возгорания необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе с электрооборудованием.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	22.02.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна			22.02.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ9К	Ломакин Алексей Владимирович		22.02.2021

6. Социальная ответственность

При выполнении выпускной квалификационной работы основным видом деятельности являлось исследование.

Работа научного сотрудника связана с большими нагрузками как умственными, так и психологическими. Длительная работа в плохо-вентилируемом помещении, с высоким уровнем шума, нестабильной температурой и влажностью воздуха, а также недостаточным уровнем освещения неблагоприятно сказывается на самочувствии работника, следствием чего может явиться снижение производительности труда.

Основным рабочим местом при написании ВКР служило офисное помещение. В ходе выполнения ВКР основная часть работы производилась за компьютерной техникой, что влечет за собой ряд вредных и опасных факторов. Данный раздел ВКР посвящается анализу факторов, негативно влияющих на рабочего. На основе действующих нормативных документов будут приведены рекомендации по минимизации данного вредного влияния.

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Одним из факторов комфортности рабочей среды является организация рабочего места. Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [6]. Каждый день в помещениях, в которых располагаются ПК, должна проводиться влажная уборка, а также систематическое проветривание помещения.

Для интерьера помещений рекомендуется использовать материалы пастельных тонов. Окраска ПК и прилегающий к нему техники должны иметь темные цвета с высококонтрастными органами управления и надписями к ним. Технологическое бюро имеет следующую окраску:

- потолок - белый;
- стены - сплошные, персикового цвета;
- пол - бежевый.

Для отделки полов наиболее приемлемыми считаются гладкие, нескользящие материалы, которые имеют антисептические свойства.

При организации рабочих мест необходимо учитывать, что расстояние между боковыми поверхностями мониторов должно составлять не менее 1,2 метров, между экраном монитора и тыльной частью другого – не менее 2 метров. Высота рабочего стола должна составлять 680 – 800 мм.

Режим труда и отдыха работников установлен трудовым кодексом. Согласно трудовому законодательству в течение восьмичасового рабочего дня отводится время для перерывов на отдых и питание. Продолжительность перерывов на отдых и питание варьируется от 30 до 60 минут. Работающим женщинам с детьми в возрасте до 1,5 года предоставляются помимо перерывов на питание и отдых дополнительные перерывы для кормления ребенка не реже чем каждые три часа и не короче 30мин.

6.2 Возможные опасные и вредные факторы

Физическим опасным фактором на рабочем месте оператора ПК является опасность поражения электрическим током и пожароопасность.

К физическим вредным факторам относятся (Таблица 19): отклонение показателей микроклимата в помещении, повышенный уровень шума на рабочем месте, недостаточная освещенность рабочей зоны.

Таблица 19 – Опасные и вредные факторы рабочей зоны.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
				СанПиН 2.2.4-548-96 СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 СП 52.13330.2011 СанПиН 2.2.4.1191-03
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	
2. Превышение уровня шума		+	+	
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

К психофизиологическим вредным факторам относятся: монотонный режим работы, статические физические перегрузки, эмоциональные стрессы, степень нервно-эмоционального напряжения.

6.3. Анализ вредных факторов рабочей зоны

6.3.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении

Во время работы в помещении на человека оказывает влияние климат внутренней среды этого помещения – микроклимат. В помещениях, предназначенных для работы с компьютерной техникой, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. Основными факторами, характеризующими микроклимат производственной среды, являются температура, подвижность и влажность воздуха. Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяются устройства систем приточно-вытяжной вентиляции, кондиционирование воздуха и отопление. При нормировании метеорологических условий в производственных помещениях учитывается время года и количество избыточного тепла в помещении. На рабочих местах пользователей персональных компьютеров должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата в соответствии с СанПин 2.2.4.548-96. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения (20) [57].

Таблица 20 – Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный и переходный	Температура воздуха в помещении	22 – 24 °С
	Относительная влажность воздуха	40 – 60 %
	Скорость движения воздуха	до 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23 – 25 °С
	Относительная влажность воздуха	40 - 60 %
	Скорость движения воздуха	0,1 - 0,2 м/с

Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры, приведены в таблице 21 [63].

Таблица 21 – Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры

Объем помещения, м ³	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
до 20	Не менее 30
20–40	Не менее 20
Более 40	Естественная вентиляция

Согласно паспорту технологического бюро в помещении обеспечиваются следующие параметры: поддержание температуры на уровне 22 - 24°С; относительная влажность в помещении 40-60 %; скорость движения воздуха 0,1 м/с; данные значения поддерживаются автоматической системой кондиционирования.

6.3.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Длительное воздействие шума на организм человека приводит к неблагоприятным последствиям: снижается острота зрения и слуха, повышается кровяное давление, притупляется внимание.

Здание, в котором расположено технологическое бюро, удалено от сильных источников шума, таких как центральные улицы, автомобильные и железных дороги и т.д.

Шум на рабочем месте создается внутренними источниками, такими как устройства кондиционирования воздуха и другим техническим оборудованием. Уровень шума на рабочем месте пользователя персонального компьютера не должен превышать значений, установленных СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 (не должен превышать 50 дБА) [59].

Для снижения уровня шума следует применять рациональное расположение оборудования, а также средства для ослабления шума самих

источников, в частности, необходимо предусмотреть применение в их конструкциях акустических экранов, звукоизолирующих кожухов. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлено оборудование, должны быть облицованы звукопоглощающими материалами. Для стен и потолка коэффициент звукопоглощения таких материалов определяется в области частот 63-8000 Гц.

В технологическом бюро уровень внутренних шумов не превышает предельно допустимого значения, установленного в ГОСТ 12.1.003-2014 [60].

6.3.3 Анализ освещенности рабочей зоны

К освещенности рабочего места инженера проектировщика предъявляются следующие требования:

- освещенность должна соответствовать характеру зрительной работы;
- величина освещенности должна быть постоянна во времени;
- должны отсутствовать пульсации светового потока ИС.

В помещениях, в которых установлены компьютеры, должно быть предусмотрено как искусственное, так и естественное освещение.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 9$ м, ширина $B = 7$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 300 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

$$S = 7 \times 9 = 63 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения покрашенных светло-зеленых стен с окнами, без штор $\rho_c=40\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{IT}=70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,2$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен $\Phi_{ЛД} = 2200$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР –2-40.

Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1200 мм, ширина – 260 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda=1,2$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса, h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{9}{2,4} = 3,75 \approx 4$$

Число светильников в ряду:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{7}{2,4} = 2,92 \approx 3$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 4 \cdot 3 = 12$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,4}{3} = 0,8 \text{ м}$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке 26 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

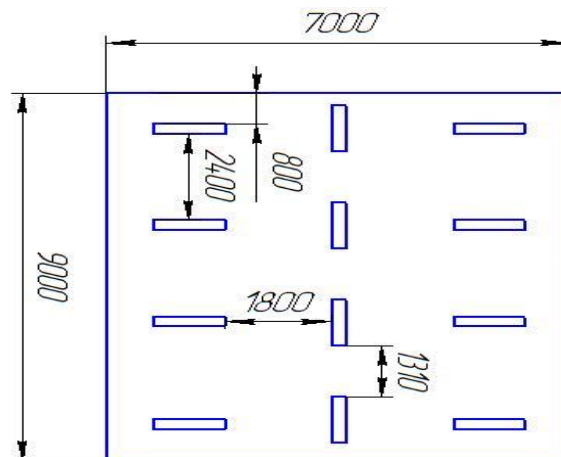


Рисунок 26 - План помещения и размещения светильников

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{9 \cdot 7}{2,0 \cdot (9 + 7)} = 1,97$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\rho_{\Pi} = 70\%$, $\rho_{С} = 40\%$ и индексе помещения $i = 1,97$ равен $\eta = 0,6$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\Pi} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 9 \cdot 7 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{2 \cdot 12 \cdot 0,6} = 1751 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\Pi}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\Pi}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2200 - 1751}{2200} \cdot 100\% = 19\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 19\% \leq 20\%$, необходимый световой поток.

6.3.4 Нервно-психические перегрузки

Данный вид вредных факторов возникает в случае неравномерного распределения времени работы и отдыха. В случае, если на отдых отводится недостаточное количество времени, у работника возникают жалобы на головную боль, перенапряжение зрительного аппарата, раздражительность, неудовлетворенность работой. Недостаточное время на отдых при работе с компьютером приводит к ощущениям беспокойства и депрессивным

состояниям, вследствие чего возникает проблема со сном, боли в мышцах, шее и пояснице. Снижение трудоспособности напрямую зависит от соблюдения режима работы и отдыха.

6.4. Анализ опасных факторов рабочей зоны

6.4.1. Электробезопасность

Опасным фактором в рабочей зоне инженера-технолога можно считать повышенный уровень статического электричества.

Опасность поражения человека электрическим током существует во всех случаях, когда используются электрические установки и оборудование. Для предотвращения поражения электрическим током необходимо по возможности исключить причины поражения, к которым относятся:

- случайные прикосновения к задней панели системного блока, а также переключение разъемов периферийных устройств работающего компьютера;
- появление напряжения на механических частях электрооборудования (корпусах, кожухах и т.д.) в результате повреждения изоляции или других причин;
- возникновения «шагового» напряжения на поверхности земли или опорной поверхности;
- множества сетевых фильтров и удлинителей превышают уровень электромагнитных полей токов частоты 50 Гц.

Согласно требованиям «Правил устройства электроустановок», утвержденных Госэнергонадзором от 12.04.2003, технологическое бюро, где производится проектирование комплекса, должна быть оборудована следующим образом:

- на распределительном щитке имеется рубильник для отключения общей сети электропитания;

- во всех приборах имеются предохранители для защиты от перегрузок в общей сети питания и защиты сети при неисправности прибора.

Эксплуатация приборов должна соответствовать «Правилам технической эксплуатации» электроустановок промышленных предприятий. Согласно этим правилам необходимо исключить возможность прикосновения человека к токоведущим частям приборов. Для этого проводятся следующие мероприятия:

- Наличие изоляции на всех токоведущих проводниках;

- Для подключения приборов должны использоваться только стандартные электрические разъемы;

- При проведении работ с включенными в сеть приборами строго соблюдается инструкция по технике безопасности;

- Запрещено использование в работе неисправных приборов.

Технологическое удовлетворяет приведенным выше требованиям, что позволяет отнести ее к помещениям без повышенной опасности поражения людей электрическим током. Это сухое помещение без повышенного содержания пыли, температура воздуха – нормальная.

6.4.2 Пожаро и взрывобезопасность

Основными причинами пожаров являются нарушение технологического режима работы оборудования, неисправность электрооборудования, плохая подготовка оборудования к ремонту, самовозгорание различных материалов и др.

В соответствии с нормативными документами (ГОСТ 12.1.044-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» [61] и ГОСТ 12.010-76 «Взрывоопасность. Общие требования» [62]) вероятность возникновения пожара в течение года не должна превышать 10^{-6} .

Так как помещение, в котором установлены компьютеры, по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгораемыми веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического и организационного плана.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж работников, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, а также наличие плана эвакуации.

Необходимо предусмотреть ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара. Они включают в себя обеспечение подъездов к зданию; обесточивание электрических кабелей; наличие гидрантов с пожарными рукавами, пожарных щитов и ящиков с песком в коридорах; тепловую сигнализацию и телефонную связь с пожарной охраной. Также необходимым является наличие огнетушителей.

6.4.3 Экологическая безопасность

Образование отходов является неотъемлемой частью производственных процессов. Отходы загрязняют окружающую среду и образуют высокие концентрации токсичных веществ.

В бюро, источником загрязнения окружающей среды являются люминесцентные лампы, с помощью которых реализовано освещение. В трубках люминесцентных ламп содержится от 3 до 5 мг ртути. Среди вредных химических веществ, загрязняющих окружающую среду, ей принадлежит особое место. Во всех странах мира она включена в списки загрязняющих веществ 1-го класса опасности. Основные пути воздействия ртути на человека связаны с воздухом, пищевыми продуктами, питьевой водой, через кожу, при контакте с загрязненными поверхностями и т. д. Также источником загрязнения являются использованные микросхемы. В них содержатся такие опасные вещества как: свинец, литий, кадмий, бериллий. Лампы и микросхемы относятся к первому классу токсичных отходов и являются чрезвычайно опасными, они требуют специальной утилизации. Утилизация ламп и микросхем заключается в демонтаже основных средств, разделении и дроблении элементов, содержащих вредные вещества. Перечисленные вещества в большей степени влияют гидросферу, так как являются не летучими веществами и при попадании в атмосферу, выпадают в осадок.

6.5 Чрезвычайные ситуации

6.5.1. Анализ вероятных ЧС

В процессе проектирования может возникнуть чрезвычайная ситуация техногенного характера. ЧС техногенного характера — это ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах,

пожаров, взрывов на объектах. Аварии и катастрофы на объектах характеризуются внезапным обрушением зданий, сооружений, авариями на энергетических сетях, авариями в коммунальном жизнеобеспечении, авариями на очистных сооружениях, технологических линиях и т.д. [63].

В помещении бюро возможной ЧС может быть возникновение пожара.

6.5.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

В чрезвычайной обстановке особенно важное значение имеют сроки эвакуации людей за пределы зон разрушений. Очень важны действия аварийно-технических формирований, которые немедленно должны отключить еще не поврежденные энергетические и коммунально-технические сети для локализации аварии.

Пожарная безопасность осуществляется системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. В каждом служебном помещении обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре» (Рис. 27), который регламентирует действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывает места расположения пожарной техники.



Рис. 27 План эвакуации из здания

Необходимые меры для обеспечения тушения пожаров:

1. Обеспечение подъездов к зданию
2. Обесточивание электрических кабелей
3. Наличие пожарных щитков, ящиков с песком в коридорах и гидрантов с пожарными рукавами
4. Наличие тепловой сигнализации
5. Наличие телефонной связи с пожарной охраной
6. Наличие огнетушителей

Порядок действий в случае обнаружения пожара или признаков горения:

1. Немедленно сообщить о пожаре в пожарную охрану по телефону 01, 112, 101 (четко назвать адрес, что горит и чему угрожает).
2. Сообщить о пожаре руководству.
3. Оповестить персонал о пожаре и порядке эвакуации.

4. По возможности принять меры к эвакуации людей, материальных ценностей и одновременно приступить к тушению очага пожара первичными средствами пожаротушения.

5. Организовать встречу пожарных подразделений, сообщить руководителю тушения пожара о наличии оставшихся людей в здании.

Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности, СНиП 2.01.02-85 [67]): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре). Кроме того, каждое помещение оборудовано системой противопожарной сигнализации.

Заключение

В ходе проделанной работы было проведено исследование особенностей роста зерен, микроструктуры и фазового состава аустенитной нержавеющей стали, изготовленной методом проволочной электронно-лучевой аддитивной технологии в сочетании с ультразвуковым воздействием.

На подготовительном этапе был проведен обзор литературы по теме исследования. Далее выполнялись подготовка и выполнение ряда манипуляций с образцами: измерения методом доплеровской виброметрии, металлографический анализ при помощи микроскопа, изучение РЭМ и EBSD характеристик микроструктуры, рентгеноструктурный и магнитофазный анализ, проведены механические тесты и измерения твердости.

Были представлены правовые нормы социальной ответственности и решены организационные вопросы. Проведен анализ вредных и опасных факторов на рабочем месте. Выявлены источники экологической опасности на рабочем месте. Приведена наиболее типичная ЧС. Сформулирован план действий при ЧС.

Был проведен анализ конкурентных технических решений. Был разработан график реализации работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Проведена оценка затрат на реализацию проекта, разработан проектный бюджет. Проведена оценка эффективности НИР.

Список литературы

1. X. Shi, S. Ma, C. Liu, Q. Wu, J. Lu, Y. Liu, W. Shi, Selective laser melting-wire arc additive manufacturing hybrid fabrication of Ti-6Al-4V alloy: Microstructure and mechanical properties, *Mater. Sci. Eng. A.* 684 (2017) 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2016.12.065>.
2. V.R. Duarte, T.A. Rodrigues, N. Schell, R.M. Miranda, J.P. Oliveira, T.G. Santos, Hot forging wire and arc additive manufacturing (HF-WAAT), *Addit. Manuf.* 35 (2020) 101193. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101193>.
3. X. Cai, B. Dong, X. Yin, S. Lin, C. Fan, C. Yang, Wire arc additive manufacturing of titanium aluminide alloys using two-wire TOP-TIG welding: Processing, microstructures, and mechanical properties, *Addit. Manuf.* 35 (2020) 101344. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101344>.
4. B. Ahmad, S.O. van der Veen, M.E. Fitzpatrick, H. Guo, Residual stress evaluation in selective-laser-melting additively manufactured titanium (Ti-6Al-4V) and Inconel 718 using the contour method and numerical simulation, *Addit. Manuf.* 22 (2018) 571–582. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.06.002>.
5. N.T. Aboulkhair, M. Simonelli, L. Parry, I. Ashcroft, C. Tuck, R. Hague, 3D printing of Aluminium alloys: Additive Manufacturing of Aluminium alloys using selective laser melting, *Prog. Mater. Sci.* 106 (2019) 100578. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2019.100578>.
6. M. Gong, Y. Meng, S. Zhang, Y. Zhang, X. Zeng, M. Gao, Laser-arc hybrid additive manufacturing of stainless steel with beAT oscillation, *Addit. Manuf.* 33 (2020) 101180. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101180>.
7. Scott DunhAT, Expert Interview: SmarTech Analysis' Scott DunhAT on the Future of Metal 3D Printing, Service Bureau3 and the AT Materials Market [Part Two] - ATFG, (2019). <https://ATfg.ai/2019/05/08/expert-interview-scott-dunhAT-smartech-analysis-part-two/> (accessed October 6, 2020).

8. B. Dutta, S. Babu, B. Jared, Markets, applications, and costs, in: *Sci. Technol. Appl. Met. Addit. Manuf.*, Elsevier, 2019: pp. 309–332. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816634-5.00009-1>.
9. B. Dutta, S. Babu, B. Jared, Additive manufacturing technology, in: *Sci. Technol. Appl. Met. Addit. Manuf.*, Elsevier, 2019: pp. 11–53. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816634-5.00002-9>.
10. V. Lunetto, M. Galati, L. Settineri, L. Iuliano, Unit process energy consumption analysis and models for Electron BeAT Melting (EBM): Effects of process and part designs, *Addit. Manuf.* 33 (2020) 101115. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101115>.
11. K.N. Kalashnikov, V.E. Rubtsov, N.L. Savchenko, T.A. Kalashnikova, K.S. Osipovich, A.A. Eliseev, A.V. Chumaevskii, The effect of wire feed geometry on electron beAT freeform 3D printing of complex-shaped sATples from Ti-6Al-4V alloy, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 105 (2019) 3147–3156. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04589-y>.
12. X.P. Ding, H.M. Li, J.Q. Zhu, G.Y. Wang, H.Z. Cao, Q. Zhang, H.L. Ma, Application of infrared thermography for laser metal-wire additive manufacturing in vacuum, *Infrared Phys. Technol.* 81 (2017) 166–169. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2016.12.017>.
13. V.R. Utyaganova, A. V. Filippov, N.N. ShATarin, A. V. Vorontsov, N.L. Savchenko, S. V. Fortuna, D.A. Gurianov, A. V. Chumaevskii, V.E. Rubtsov, S.Y. Tarasov, Controlling the porosity Y3ing exponential decay heat input regimes during electron beAT wire-feed additive manufacturing of Al-Mg alloy, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 108 (2020) 2823–2838. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05539-9>.
14. P. Nandwana, R. Kannan, D. Siddel, Microstructure evolution during binder jet additive manufacturing of H13 tool steel, *Addit. Manuf.* 36 (2020) 101534. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101534>.
15. B. Vieille, C. Keller, M. Mokhtari, H. Briatta, T. Breteau, J. Nguejio, F. Barbe, M. Ben Azzouna, E. BaY3tert, Investigations on the fracture behavior of

- Inconel 718 superalloys obtained from cast and additive manufacturing processes, *Mater. Sci. Eng. A.* 790 (2020) 139666. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2020.139666>.
16. W. Huang, Y. Zhang, W. Dai, R. Long, Mechanical properties of 304 aY3tenite stainless steel manufactured by laser metal deposition, *Mater. Sci. Eng. A.* 758 (2019) 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2019.04.108>.
 17. V.A. Moskvina, E. V. Melnikov, M.Y. Panchenko, G.G. Maier, K.A. Reunova, S. V. Astafurov, E.A. Kolubaev, E.G. Astafurova, Stabilization of aY3tenitic structure in transition zone of “aY3tenitic stainless steel/NiCr alloy” joint fabricated by wire-feed electron beAT melting, *Mater. Lett.* 277 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.128321>.
 18. L. Gardner, Stability and design of stainless steel structures – Review and outlook, *Thin-Walled Struct.* 141 (2019) 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2019.04.019>.
 19. N.R. Baddoo, Stainless steel in construction: A review of research, applications, challenges and opportunities, *J. Constr. Steel Res.* 64 (2008) 1199–1206. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2008.07.011>.
 20. S.Y. Tarasov, A. V. Filippov, N.N. ShATarin, S. V. Fortuna, G.G. Maier, E.A. Kolubaev, Microstructural evolution and chemical corrosion of electron beAT wire-feed additively manufactured AISI 304 stainless steel, *J. Alloys Compd.* 803 (2019) 364–370. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.06.246>.
 21. E.G. Astafurova, M.Y. Panchenko, V.A. Moskvina, G.G. Maier, S. V. Astafurov, E. V. Melnikov, A.S. Fortuna, K.A. Reunova, V.E. Rubtsov, E.A. Kolubaev, Microstructure and grain growth inhomogeneity in aY3tenitic steel produced by wire-feed electron beAT melting: the effect of post-building solid-solution treatment, *J. Mater. Sci.* 55 (2020) 9211–9224. <https://doi.org/10.1007/s10853-020-04424-w>.
 22. M.J. BerminghAT, D.H. StJohn, J. Krynen, S. Tedman-Jones, M.S. DargY3ch, Promoting the columnar to equiaxed transition and grain refinement of titanium

- alloys during additive manufacturing, *Acta Mater.* 168 (2019) 261–274. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2019.02.020>.
23. O. Abramo, *High-Intensity Ultrasonics Theory and Industrial Applications*, 1st Edition, Taylor & Francis, London, 1999. <https://doi.org/10.1201/9780203751954>.
 24. G.I. Eskin, D.G. Eskin, *Ultrasonic Treatment of Light Alloy Melts*, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, 2014. <https://doi.org/10.1201/b17270>.
 25. F. Ning, W. Cong, Microstructures and mechanical properties of Fe-Cr stainless steel parts fabricated by ultrasonic vibration-assisted laser engineered net shaping process, *Mater. Lett.* 179 (2016) 61–64. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2016.05.055>.
 26. C.J. Todaro, M.A. Easton, D. Qiu, M. Brandt, D.H. StJohn, M. Qian, Fine-grained stainless steel by ultrasound-assisted additive manufacturing, *Addit. Manuf.* (2020) 101632. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101632>.
 27. C.J. Todaro, M.A. Easton, D. Qiu, D. Zhang, M.J. Bermingham, E.W. Lui, M. Brandt, D.H. StJohn, M. Qian, Grain structure control during metal 3D printing by high-intensity ultrasound, *Nat. Commun.* 11 (2020) 142. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13874-z>.
 28. H. Wang, Y. Hu, F. Ning, W. Cong, Ultrasonic vibration-assisted laser engineered net shaping of Inconel 718 parts: Effects of ultrasonic frequency on microstructural and mechanical properties, *J. Mater. Process. Technol.* 276 (2020) 116395. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2019.116395>.
 29. Y. Zhang, Y. Guo, Y. Chen, L. Kang, Y. Cao, H. Qi, S. Yang, Ultrasonic-assisted laser metal deposition of the Al 4047 alloy, *Metals (Basel)*. 9 (2019) 1–15. <https://doi.org/10.3390/met9101111>.
 30. Y. Yang, X. Jin, C. Liu, M. Xiao, J. Lu, H. Fan, S. Ma, Residual stress, mechanical properties, and grain morphology of Ti-6Al-4V alloy produced by ultrasonic impact treatment assisted wire and arc additive manufacturing, *Metals (Basel)*. 8 (2018). <https://doi.org/10.3390/met8110934>.

31. W. Chen, Y. Chen, T. Zhang, T. Wen, Z. Yin, X. Feng, Effect of ultrasonic vibration and interpass temperature on microstructure and mechanical properties of Cu-8Al-2Ni-2Fe-2Mn alloy fabricated by wire arc additive manufacturing, *Metals* (Basel). 10 (2020). <https://doi.org/10.3390/met10020215>.
32. V.A. Shutilov, *Fundamental Physics of Ultrasound*, 1st Edition, Gordon and Breach Science Publishers, London, 1988. <https://doi.org/10.1201/9780429332227>.
33. L. Kumar Patel, A. Kumar Singh, V. Sharma, P. Kala, Analysis of a hybrid ultrasonic horn profile using finite element analysis, *Mater. Today Proc.* (2020). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.465>.
34. D. Lu, Q. Lin, B. Chen, C. Jiang, X. Hu, A single-modal linear ultrasonic motor based on multi vibration modes of PZT ceramics, *Ultrasonics*. 107 (2020) 106158. <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2020.106158>.
35. S.Y. Tarasov, A. V Vorontsov, S. V Fortuna, V.E. Rubtsov, V.A. Krasnovеikin, E.A. Kolubaev, Ultrasonic-assisted laser welding on AISI 321 stainless steel, *Weld. World*. 63 (2019) 875–886. <https://doi.org/10.1007/s40194-019-00716-1>.
36. S. Nafisi, A. Roccisano, R. Ghomashchi, G. Vander Voort, A Comparison between Anodizing and EBSD Techniques for Primary Particle Size Measurement, *Metals* (Basel). 9 (2019). <https://doi.org/10.3390/met9050488>.
37. K. Small, D. Englehart, T. Christman, Guide to etching specialty alloys, *Adv. Mater. Process.* 166 (2008) 32–37.
38. G. Vander Voort, G.M. Lucas, E.P. Manilova, Metallography and microstructures of stainless steels and maraging steels, *ASM Handb.* 9 (2004) 670–700. <https://doi.org/10.1361/asmhba0003767>.
39. M. Buciumeanu, A. Bagheri, N. Shamsaei, S.M. Thompson, F.S. Silva, B. Henriques, Tribocorrosion behavior of additive manufactured Ti-6Al-4V biomedical alloy, *Tribol. Int.* 119 (2018) 381–388. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.11.032>.

40. H. Tan, T. Xu, Z. Liu, T. Tao, G. Xu, Investigation of ultrasonic array defrosting method based on synergism of standing wave intermittent phase-stagger and multi-frequency for finned-tube evaporator, *Energy Build.* 218 (2020) 110054. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110054>.
41. H. Sedghi, H. Rezazadeh, A broadband asymmetric microwave metaMaterial based on LC and standing-wave resonances, *Phys. Lett. Sect. A Gen. At. Solid State Phys.* 384 (2020) 126758. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2020.126758>.
42. K.C. Mills, Fe-304 Stainless Steel, in: K.C. Mills (Ed.), *Recomm. Values Thermophys. Prop. Sel. Commer. Alloy.*, Woodhead Publishing, 2002: pp. 127–134. <https://doi.org/10.1533/9781845690144.127>.
43. K.C. Mills, Fe - 316 Stainless Steel, in: K.C. Mills (Ed.), *Recomm. Values Thermophys. Prop. Sel. Commer. Alloy.*, Woodhead Publishing, 2002: pp. 135–142. <https://doi.org/10.1533/9781845690144.135>.
44. V. Manvatkar, A. De, T. DebRoy, Heat transfer and material flow during laser assisted multi-layer additive manufacturing, *J. Appl. Phys.* 116 (2014) 124905. <https://doi.org/10.1063/1.4896751>.
45. J. Shao, G. Yu, X. He, S. Li, R. Chen, Y. Zhao, Grain size evolution under different cooling rate in laser additive manufacturing of superalloy, *Opt. Laser Technol.* 119 (2019) 105662. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2019.105662>.
46. J. Yang, F. Li, A. Pan, H. Yang, C. Zhao, W. Huang, Z. Wang, X. Zeng, X. Zhang, Microstructure and grain growth direction of SRR99 single-crystal superalloy by selective laser melting, *J. Alloys Compd.* 808 (2019) 151740. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.151740>.
47. T. DebRoy, H.L. Wei, J.S. Zuback, T. Mukherjee, J.W. Elmer, J.O. Milewski, A.M. Beese, A. Wilson-Heid, A. De, W. Zhang, Additive manufacturing of metallic components – Process, structure and properties, *Prog. Mater. Sci.* 92 (2018) 112–224. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2017.10.001>.

48. A. V GY3arov, I. Yadroitsev, P. Bertrand, I. Smurov, Model of Radiation and Heat Transfer in Laser-Powder Interaction Zone at Selective Laser Melting, *J. Heat Transfer*. 131 (2009). <https://doi.org/10.1115/1.3109245>.
49. P. Foteinopoulos, A. PapacharalATpopoulos, P. Stavropoulos, On thermal modeling of Additive Manufacturing processes, *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.* 20 (2018) 66–83. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2017.09.007>.
50. N. Li, S. Huang, G. Zhang, R. Qin, W. Liu, H. Xiong, G. Shi, J. Blackburn, Progress in additive manufacturing on new materials: A review, *J. Mater. Sci. Technol.* 35 (2019) 242–269. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2018.09.002>.
51. E.G. Astafurova, M.Y. Panchenko, V.A. Moskvina, G.G. Maier, S. V. Astafurov, E. V. Melnikov, A.S. Fortuna, K.A. Reunova, V.E. Rubtsov, E.A. Kolubaev, Microstructure and grain growth inhomogeneity in aY3tenitic steel produced by wire-feed electron beAT melting: the effect of post-building solid-solution treatment, *J. Mater. Sci.* 55 (2020) 9211–9224. <https://doi.org/10.1007/s10853-020-04424-w>.
52. N. Suutala, T. Takalo, T. Moisio, The relationship between solidification and microstructure in aY3tenitic and aY3tenitic-ferritic stainless steel welds, *Metall. Trans. A.* 10 (1979) 512–514. <https://doi.org/10.1007/BF02697081>.
53. N. Yazdian, M. MohATmadpour, R. Razavi, R. Kovacevic, Hybrid laser/arc welding of 304L stainless steel tubes, part 2 – Effect of filler wires on microstructure and corrosion behavior, *Int. J. Press. Vessel. Pip.* 163 (2018) 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2018.04.005>.
54. G. Suresh, T. Nandakumar, A. Viswanath, Effect of Low-Temperature Sensitization on the Corrosion Behavior of AISI Type 304L SS Weld Metal in Simulated Groundwater, *J. Mater. Eng. Perform.* 27 (2018) 2484–2491. <https://doi.org/10.1007/s11665-018-3357-z>.
55. R. Saluja, K. Moeed, The emphasis of phase transformations and alloying constituents on hot cracking sY3ceptibility of type 304L and 316L stainless steel welds, *Int. J. Eng. Sci. Technol.* 4 (2012) 2206–2212.

56. C.R. CunninghamAT, J.M. Flynn, A. Shokrani, V. Dhokia, S.T. Newman, Invited review article: Strategies and processes for high quality wire arc additive manufacturing, *Addit. Manuf.* 22 (2018) 672–686. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.06.020>.
57. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021).
58. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
59. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
60. ГОСТ 12.1.005-88. Требования к микроклимату производственных помещений.
61. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
62. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
63. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
64. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
65. ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.
66. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.
67. ГОСТ Р 14.01-2005. Экологический менеджмент. Общие положения и объекты регулирования.
68. Григорьев, С. Н. Перспективы развития инновационного аддитивного производства в России и за рубежом / С. Н. Григорьев, И. Ю. Смуров // *Инновации* : журн. — 2013. — Т. 10, № 180. — С. 76—82. — ISSN 2071–3010

69. Абрамов О.В., Абрамов В.О., Артемьев В.В., Градов О.М., Коломеец Н.П., Приходько В.М., Эльдарханов А.С. Мощный ультразвук в металлургии и машиностроении. - М.: Янус-К, 2006. 687с.
70. Шиляев А.С. Ультразвук в науке, технике и технологии / А.С. Шиляев. - Гомель, 2007
71. Промтов М. А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества: Учеб. пособ. М.: Машиностроение-1, 2004
72. Марукович Е.И., Харьков В.А., Попелушко А.П., Сазоненко И.О. О перспективах применения акустических воздействий в металлургических процессах; ИТМ НАН Беларуси. 5 (2009) 621 .74 .047

Приложение I
(справочное)

Results of mechanical tests and microhardness measurements. Discussion.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ9К	Ломакин Алексей Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Тарасов Сергей Юльевич	д.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Преподаватель	Шайкина Ольга Игоревна			