

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»
(наименование кафедры)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

направленность (профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Исследование процессов формирования алюминидных покрытий на высоколегированных сталях»

Студент	<u>М.С. Фомин</u> (И.О. Фамилия)	_____
Руководитель	<u>Д.И. Плахотный</u> (И.О. Фамилия)	_____
Консультанты	<u>д.э.н., профессор И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____
	<u>И.В. Дерябин</u> (И.О. Фамилия)	_____
	<u>к.т.н., доцент В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____
	<u>С.А. Гудкова</u> (И.О. Фамилия)	_____

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Ельцов
(учёная степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2017 г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

В современных условиях, при применении все более новых прогрессивных технологий - с целью увеличения прочностных характеристик изготавливаемых деталей и конструкций, продление их срока эксплуатации при неизменном качестве и сохранении своих размеров, потребительских заданных свойств инженерная мысль ищет более новые подходы и методы для решения данных задач. Одним из таких способов является диффузионное проникновение частиц других металлов в структуру основных материалов с целью придания им дополнительных прочностных, термических и износостойких характеристик, добавляя свои положительные качества и свойства в решении данной задачи.

В данной работе будет рассматриваться один из таких методов - алитирование,- один из наиболее прогрессивных, которое позволяет тончайшим нанесением частиц алюминия повысить выше названные задачи в несколько раз, при этом алитирование позволяет даже в трудно доступные места конструкции деталей.

Исходя из этого, целью выпускной квалификационной работы является: расширение области применения высоколегированных интерметаллидных сплавов системы железо-алюминий путём исследования процессов жидкофазного алитирования.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- сформирована методика проведения исследований процессов формирования интерметаллидных соединений путем алитирования покрытий системы железо-алюминий;
- исследованы процессы формирования интерметаллидных соединений системы железо-алюминий;
- исследованы фазовый и химический состав интерметаллидных соединений;
- эксплуатационные свойства полученных покрытий.

Объектом исследования является – железо - алюминиевые интерметаллидные сплавы.

Предметом исследований является – влияние режимов алитирования высоколегированных сталей на химический и фазовый состав и эксплуатационные свойства алюминидных сплавов системы Fe-Al.

Бакалаврская работа содержит в себе введение, 5 глав, заключение и список использованных источников в количестве 25 штук, объем работы составляет 63 лист формата А4, содержит 26 рисунков, 16 таблиц.

ANNOTATION

In modern conditions, with the use of ever newer advanced technologies - with the aim of increasing the strength characteristics of the parts and structures being manufactured, prolonging their service life with unchanged quality and preserving their size, consumer-specified properties, engineering thought seeks newer approaches and methods for solving these problems. One of these methods is the diffusion penetration of particles of other metals into the structure of the basic materials in order to give them additional strength, thermal and wear-resistant characteristics, adding their positive qualities and properties in solving this problem.

In this paper, one of these methods, aluminizing, will be considered, one of the most progressive, which allows the finest application of aluminum particles to raise the above-mentioned tasks several times, while aluminizing allows even difficult-to-reach parts of the component construction.

Proceeding from this, the purpose of the final qualifying work is: expansion of the field of application of high-alloy intermetallic alloys of the iron-aluminum system by studying the processes of liquid-phase aluminizing.

To achieve this goal, the following tasks were accomplished:

- a methodology for conducting studies on the formation of intermetallic compounds by aluminizing the coatings of the iron-aluminum system has been developed;
- processes of formation of intermetallic compounds of the iron-aluminum system;
- the phase and chemical composition of intermetallic compounds were studied;
- operational properties of the coatings obtained.

The object of the study is - iron - aluminum intermetallic alloys.

The subject of research is the influence of aluminizing regimes of high-alloy

steels on the chemical and phase composition and performance properties of aluminide alloys of the Fe-Al system.

Bachelor's work contains an introduction, 5 chapters, conclusion and list of sources used in the amount of 25 pieces, the amount of work is 63 sheets of A4 format, contains 26 figures, 16 tables.

Содержание

Введение.....	10
1 АНАЛИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ ПОКРЫТИЙ.....	11
1.1 Способы алитирования.....	11
1.2 Свойства интерметаллидных соединений системы Al-Fe.....	16
1.3 Жаростойкие покрытия	17
2 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ	20
2.1 Методика исследования микроструктуры.....	20
2.2 Методика исследования силы смачивания.....	21
2.3 Методика исследования коррозионностойкости	26
3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ	27
3.1 Исследование времени выдержки в расплаве	27
3.2 Исследование силы смачивания.....	28
3.3 Исследование влияния температуры расплава на сталь	31
3.4 Исследование жаростойкости алитированной стали	36
3.5 Исследование коррозионностойкости алитированной стали.....	39
4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	42
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	42
4.2 Идентификация производственно-технических и эксплуатационных профессиональных рисков	44
Таблица 8 – Идентификация профессиональных рисков	44
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	45
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	46
4.5 Обеспечение экологической безопасности исследуемого объекта	48
5 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	51
5.1 Расчет трудоемкости проведения НИР.....	51
5.2 Сетевое планирование проведения НИР	55
5.3 Расчет предпроизводственных затрат.....	55

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	61

Введение

Сталь 12Х13 получила широкое применение в промышленности в качестве конструкционного материала, стойкого к коррозии, включая сварные детали и изделия требуемые высокую прочность, пластичность и ударную вязкость и сопротивлению к слабоагрессивным средам. Он используется в качестве жаропрочных материалов для производства крекинг-установок, турбинных лопаток, бандажей, крепежа, котлов, деталей и других изделий для использования при 450-550°С. В качестве жаростойкого материала используется в печах в поддонах, горелках, экранах и других деталях печей при температурах до 700°С.

Для повышения сроков эксплуатации стали было предложено повысить ее свойства путем алитирования. Алюминиевые покрытия применяются для защиты от коррозии деталей в условиях высоких температур. Покрытия защищают детали в чистой мягкой воде, кислых средах, почве.

Исходя из этого, целью выпускной квалификационной работы является: расширение области применения высоколегированных интерметаллидных сплавов системы железо-алюминий путём исследования процессов жидкофазного алитирования.

1 АНАЛИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ ПОКРЫТИЙ

1.1 Способы алитирования

Для создания между железом и алюминием и его сплавами металлической связи используются множество методов алитирования, т.е. покрытие железа слоем алюминия [1]. Во время алитирования происходит поверхностное насыщение материала алюминием, что придает ему сопротивление атмосферной коррозии, окалиностойкость и множество других эксплуатационных свойств.[13]

Низкоуглеродистые стали чаще всего подвергают алитированию, среднеуглеродистые стали и чугун подвергаются алитированию реже. Для поднятия жаростойкости подвергают алитированию жаропрочные и окалиностойкие сплавы и стали, в том числе и разные металлы, такие как ниобий, молибден, титан и др. Алитирование получила широкий спектр применения в промышленности.[2]

Алитирования в порошкообразных смесях. Технологию разработали в 1927-1930 гг. Н.В. Агеев, А.Н. Минкевич, О.И. Вер. Поверхность перед алитированием предстоит отчистить от грязи и окалины, затем изделие нужно упаковать в воздухонепроницаемые барабаны, реторты или цементационные ящики и покрывают алитирующей смесью. Состоит смесь из порошка или пудры алюминия, ферроалюминия и добавок. Для предотвращения спекания в добавки входит молотая глина или окись алюминия, а для защиты алюминия и изделий от окисления в добавки входит хлористый алюминий и хлористый аммоний.

Алитирование проводится при высоких температурах (900-1080°C). Длительность обработки зависит от температуры и состава смеси занимает от 4 до 30 часов, в результате получаем слой от 0,03 до 1,5 мм. Из-за повышенного содержания алюминия (36-65%) слой поверхностного покрытия крайне хрупок, поэтому делается высокотемпературный отжиг

(815-1000°C), после отжига толщина слоя увеличивается, а содержание алюминия уменьшается до 20-30% в поверхностном слое.

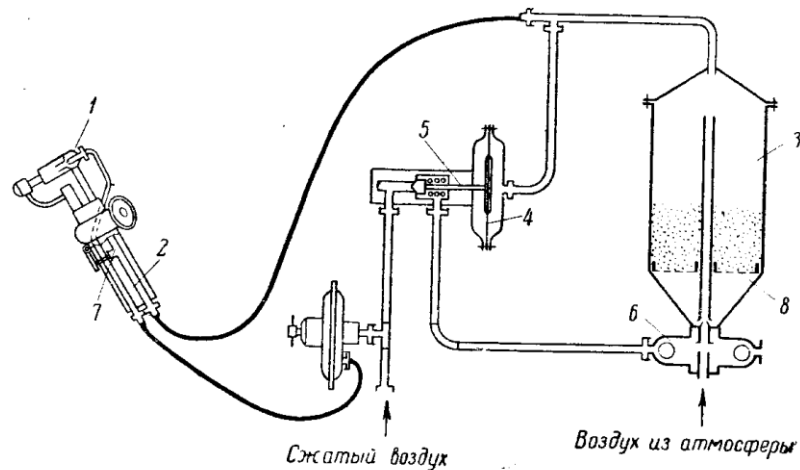


Рисунок 1.1 – алитирование в порошкообразных смесях

Алитирования напылением. Расплавленный алюминий или его сплав наносится на заранее очищенную поверхность распылением струей сжатого воздуха давлением 2-4 атм с помощью электрических, газовых или высокочастотных металлизаторов. В движении от металлизатора до изделия и во время столкновения с холодной поверхностью частички металла быстро теряют тепло и затвердевают. Между сталью и покрытием возможно создание простого механического сцепления (низкая и составляет 0,2-2 кГ\мм²).

Для увеличения силы сцепления нужно повысить степень шероховатости поверхности, требуется делать накатку резьбы, обрабатывать поверхность металлической крошкой и т.п. Напыленный слой получается пористым (до 20 микропор на 1 мм²) из-за отсутствия сцепления между

частицами алюминия и отдельными слоями, вызванное наличием окисных и адсорбированных пленок окислов.

В целях повышения прочности сцепления требуется проводить длительный отжиг при 950-1200°C.

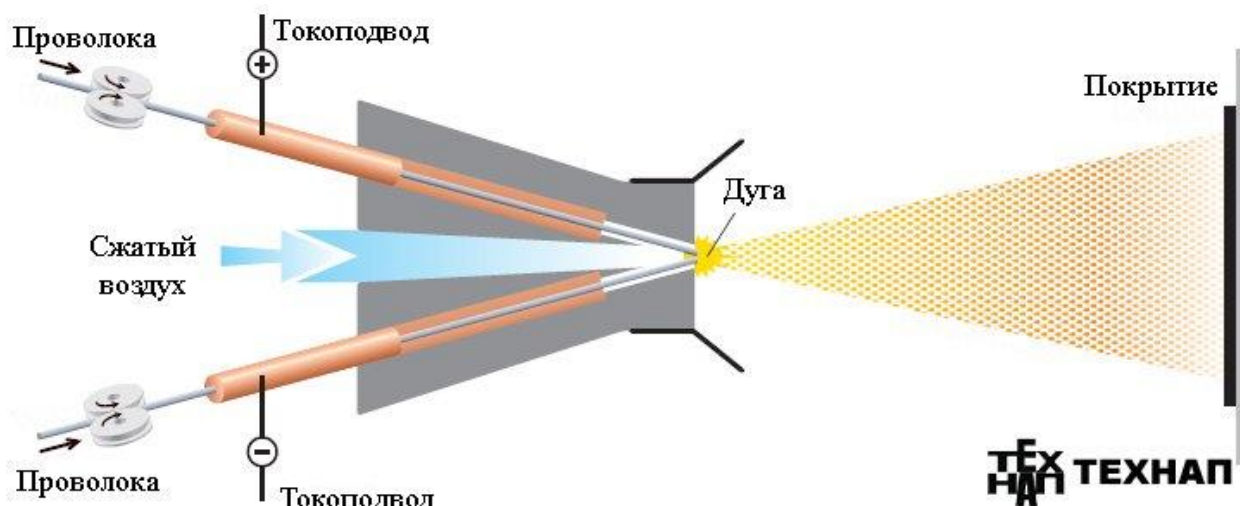


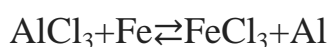
Рисунок 1.2 - алитирования напылением

Алитирование в вакууме. Электродуговая пушка нагревает алюминий до 1400°C в вакуумной камере (с давлением 10^{-3} - 10^{-5} мм рт. ст.) и пары алюминия осаждаются на более холодной поверхности изделия. Толщина получаемого покрытия 0,08-2,5 мкм. Данное покрытие получается равномерное, отсутствует железоалюминиевый промежуточный слой и поры.

Для увеличения сцепления детали необходимо тщательное удаление пленки и предварительный подогрев до 175-370°C.

Газовое алитирование. Алитирование проводится в ретортах, на одном конце расположена смесь в состав которой входит 45% окиси алюминия, 45% алюминия и 10% хлористого аммония. Смесь нагревается до порядка 600°C. На другом конце реторты с температурой до 900-1000°C расположены алитируемые детали.

Реакция насыщения стали алюминием:



Плакирование. Листы алюминия и стали совместно прокатываются, обеспечивается металлическая связь, в следствии чего образуется

биметаллическая полоса или жесть. Последующий отжиг повышает силу сцепления. Данный способ рекомендуется для получения труб, полос и листов.[8]

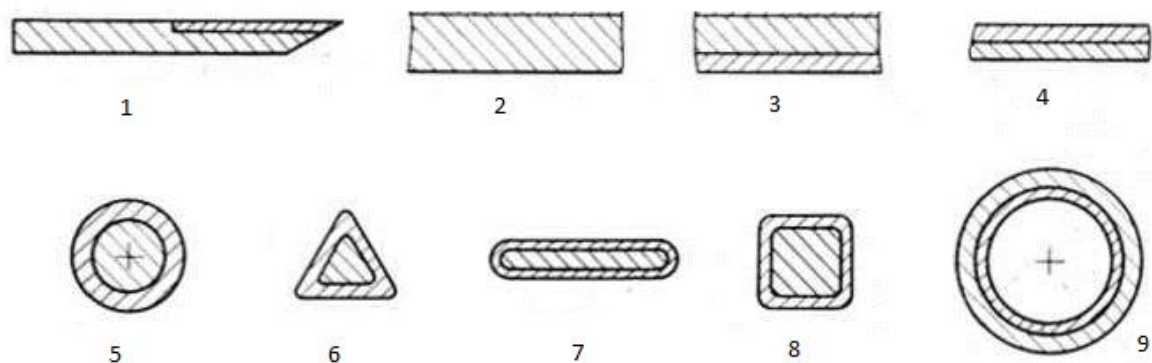


Рисунок 1.3 – Плакированные изделия и полуфабрикаты:

1 – ножевой биметалл; 2, 3 – плакированный лист; 4 – биметалл;
5-8 – плакированная прутковая сталь, проволока; 9 – плакированная труба.

Электролитическое (гальваническое) покрытие. Деталь перед алитированием необходимо очистить, обезжирить и протравить в растворе соляной кислоты. Если электролит взят в молекулярном отношении 4:1 (80% AlCl_3 и 20% NaCl), то процесс проходит при температуре 175°C и плотности тока $1,6 \text{ а/дм}^2$. При соотношении 3:2 (60% AlCl_3 и 40% NaCl) температура процесса $160\text{-}200^\circ\text{C}$ и плотность тока 1 а/дм^2 . При соотношении 1:1 (50% AlCl_3 и 50% NaCl) температура процесса 380°C и плотность тока 1 а/дм^2 . При плотности тока $1,94 \text{ а/дм}^2$ скорость осаждения алюминия $0,3 \text{ г/ач}$, что крайне незначительно и соответствует толщине покрытия $0,01 \text{ мм}$ за 30 мин. Для получения более равномерного слоя рекомендуется проводить отжиг при температуре 800°C . [4] При отжиге алюминий диффундирует в железо образуя хрупкие интерметаллиды. Преимуществом этого способа является отсутствие хрупких фаз в слое. [17]

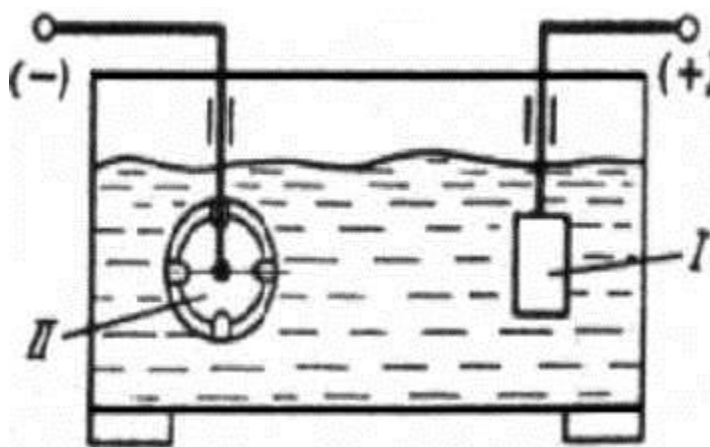


Рисунок 1.4 – Схема нанесения электролитических покрытий:
I – материал покрытия (анод); II – изделие (катод).

Алитирование методом погружения отличается простотой, относительно низкими температурами (600-800°С) и скоростью алитирования (от 1 до 15 минут). Он лишен недостатков предыдущих способов и является наиболее экономичным (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Сравнительные данные различных способов алитирования

Процесс	Толщина покрытия, мм	Относительная стоимость	Отсутствие промежуточного слоя	Непрерывность покрытия
Горячий способ покрытия (погружение)	0,013-0,076	1*	2	2
Плакирование	0,010-0,127	2	3	1
Гальваническое покрытие	0,003-0,051	3	1	3
Металлизация	0,051-0,508	4	1	4
Калоризация**	0,254-1,016	3	I	-
* Оценка единицей означает наилучшие результаты				
**Включает все виды диффузионного покрытия в порошках				

Стальное изделие с чистой металлической поверхностью погружается в жидкий алюминий или его сплав с выдержкой определенного времени. Поверхностный слой изделия растворяется в алюминии, диффундирует, образуя интерметаллическое соединение типа Fe_nAl_m . Реакция и диффузия протекают быстро, и за 1-15 мин образуют слой толщиной 0,02-01 мм.

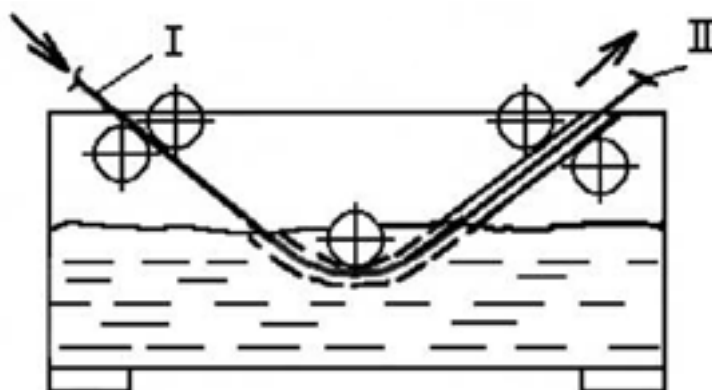


Рисунок 1.5 - алитирование методом погружения

1.2 Свойства интерметаллидных соединений системы Al-Fe

В интерметаллических соединениях значение физических свойств особо важно, благодаря им определяется степень взаимодействия алюминия с железом, исходя из этого, тепло- и электропроводность, прочность, коррозионную стойкость комбинированного соединения. Свойства такого соединения зависят от величины, состава, характера и формы расположения интерметаллических соединений между железом и алюминием.[14]

Интерметаллические соединения имеют множество ценных свойств, таких как значительная прочность, высокая точка плавления, а некоторые отличаются кислотостойкостью. При комнатной температуре TiNi может удлиняться (7-10%) и имеет повышенную ударную вязкость. Недостатком данных материалов является хрупкость при комнатной температуре, следовательно невозможно практическое использование.[24]

К образованию интерметаллических соединений из жидких и твердых растворов склонны сплавы на основе железа, так как незаполненная d-электронная оболочка в электронной структуре хорошо сказывается на появлении соединений с металлическим типом связи. Известно появление соединений типа $Al_m Fe_n$ из двойной системы твердого раствора железо-алюминий.

При высоких температурах интерметаллические соединения становятся пластичными, хотя при низких температурах они хрупкие. [9]

1.3 Жаростойкие покрытия

Порошковое алитирование применяется для повышения сроков эксплуатации вентиляционных труб, чугунных решеток котлов и колосников, печных деталей, ящиков для цементации, деталей газогенераторов автомобилей и тракторов, изложниц и пр. Сложные по составу сплавы довольно часто подвергают алитированию, это позволяет повысить окалиностойкость.

Высоколегированные окалиностойкие сплавы и стали заменяют на алитированные детали из чугуна и стали; они обладают высокой стойкостью при нагреве до 800-900°C, а некоторые до 950-1000°C. Стали 4X14M14B2M, X18H10T, CX8 и др. подвергаются алитированию, для повышения окалиностойкости. Алитирование как правило производится при температурах 700-1000°C. Глубина алитированного слоя получается в пределах от 0,02 до 0,8 мм.

Было исследовано воздействие алитирования на стойкость роторных валов экспериментальной газотурбинной установки. Испытали рабочие и направляющие лопатки при температуре газа 800-850°C. Сталь лопаток имела следующий химический состав: 0,68% Si; 0,010% S; 3,10% W; 12,85% Ni; 2,14% Mo; 0,09% Ti; 0,36% C; 0,74% Mn; 0,035% P; 12,16% Cr; 0,17% V; 1,06% Nb и 9,40% Co. Сталь закаляли от 1220°C, а процесс алитирования совмещали со вторым стабилизирующим отпуском при температуре 800°C и выдержке 24ч. Алитирующая смесь содержит: 79,55% отработанной смеси, 19,85% ферроалюминия 50%-ного, 0,6% NH₄Cl. [24, 25]

Детали тракторных газогенераторных установок, горелки и муфели для отжига, опоки подвергают алитированию методом металлизации с последующим отжигом.

Поверхность детали необходимо очистить дробеструйной или пескоструйной машиной (либо подогреть до 300°C). При помощи газовых

аппаратов (МГИ1-57 и ГИМ-2) или электрических (ЭМ6, ЭМЗА и ЭМС1-57) покрывают слоем алюминия толщиной 0,7-1,2 мм (таблица 1.2)

Таблица 1.2 – Режим металлизации с применением аппаратов типа ЭМ

Режим металлизации с применением аппаратов типа ЭМ

Показатели	ЭМЗА	ЭМ6	ЭМС1-57
Расстояние от поверхности, мм	75—150	100—200	100—250
Напряжение дуги, в	25—30	35—40	35—45
Сила тока, а	60—80	100—120	100—120
Давление воздуха, ат	5—6	5—6	5—6

Для защиты алюминия от окисления во время диффузионного отжига применяют подогретую до 80-100°C обмазку, наносят слоем в 0,8-1,5 мм на металлизированную поверхность. Обмазку требуется просушить сначала на воздухе, затем в печи при температуре 80-100°C.

Для проведения диффузионного отжига используют печь. Детали отправляют в печь при 500-600°C, после повышают температуру до 900-950°C, изделия находятся в печи 2-4 ч и охлаждаются до 600°C вместе с печью. Иногда отжиг проходит при более высоких температурах. Глубина алитированного слоя достигает 0,20-0,40 мм.

Для чехлов термопар и литейных инструментов, применяемых в литье цветных металлов и для изделий с повышенным требованием к жаропрочности, в промышленности используют метод алитирования в ваннах с расплавленным алюминием.

Высокой окалинотойкостью и коррозионностойкостью обладает алитированная сталь, в том числе стойкостью в атмосфере, с большим содержанием серы. В течение длительного промежутка времени данная сталь при температурах до 480°C сохраняет блестящую поверхность при коэффициенте 85% отражения тепла и света. Благодаря ее свойствам с

каждым годом возрастает производства алитируемой полосовой стали. Главными потребителями являются электротехническая, автомобильная, нефтяная и другие отрасли промышленности. Широкое применение данная сталь получила для изготовления деталей теплообменников, печей, трубопроводов для отвода горячих продуктов горения, рефлекторов, глушителей автомобилей, газового оборудования, отделки холодильников, нагревательных приборов и т.п.[11]

Алюминий активно воспринимает другие элементы, особенно кислород, что в свою очередь создает трудности при нанесении покрытия. При взаимодействии алюминия с кислородом образуется устойчивый окисел алюминия, негативно воздействующий на прочность сцепления основного металла с покрытием. Стальную полосу необходимо очистить перед нанесением покрытия. Иногда стальную полосу предварительно нагревают до 450°C , остатки жиров и смазки на поверхности сгорают. Остатки можно удалить и в щелочных ваннах. Раствор соляной и серной кислоты удаляет со стальной полосы окалины.

В ванну с расплавленным алюминием для получения блестящего покрытия добавляют флюс. Во Франции используют флюс, содержащий 35-55% NaCl; 35-55% KCl; примерно 12,5% NaF или AlF_3 ; 0,2-50% K_3CrF_6 ; 5-20% Na_3AlF_6 . В Японии фирма Явата Сэйтэцу вместо флюса использует смесь, содержащую KF, KOH, NaF, NaOH и NaNO_3 . В качестве флюса также можно использовать расплав хлорида бария.[6, 12]

2 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Методика исследования микроструктуры

«Методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) проводился анализ химического состава задуманного на регистрации различных типов сигналов, генерируемых в образце при сканировании его поверхности сфокусированным электронным зондом. Вторичные, отраженные и оже-электроны, рентгеновское излучение и другие типы сигналов несут информацию о структуре, химическом и фазовом составе образца. Большая глубина фокуса, высокая разрешающая способность, в сочетании с четкостью изображения, легкость подготовки объектов исследований, широкие возможности элементного анализа при использовании различных систем регистрации рентгеновского излучения (волнодисперсионные (WDS) или энергодисперсионные (EDS) системы) позволяют успешно использовать метод РЭМ в материаловедческих исследованиях для изучения элементного состава и структуры покрытий, отложений, химического взаимодействия, поверхностей и так далее» [3].

«Проводился рентгеноспектральный анализ в ОАО «АВТОВАЗ» с помощью сканирующего электронного микроскопа LEO 1455 VP (ZEISS, Германия), рентгеновского волнового спектрометра INCAWave-500 и с блоками рентгеновского энергетического спектрометра INCAEnergy-300» [3].

Для анализа химического состава шлифованные поперечные сечения альтируемых жидкофазным способом пластин из высоколегированной стали 12Х13.

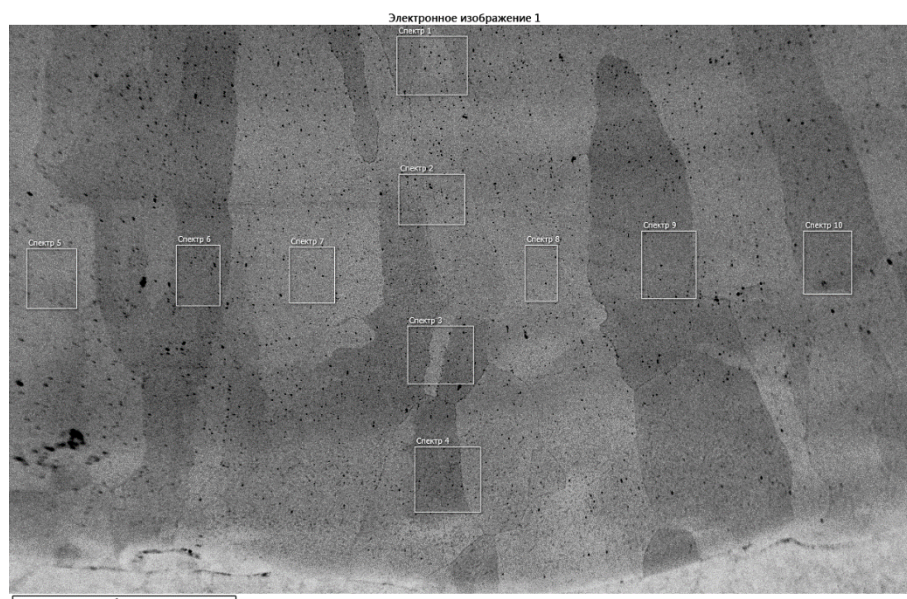
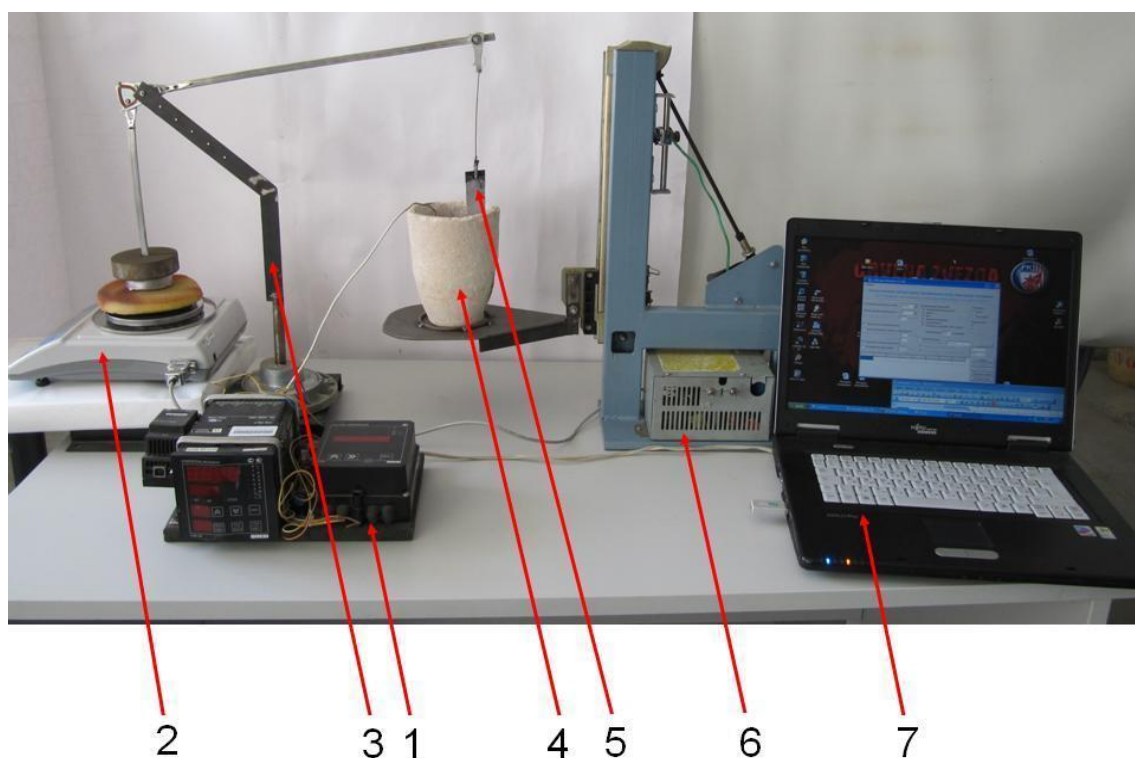


Рисунок 2.1 – Схема выбора точек для исследования методом РЭМ

2.2 Методика исследования силы смачивания

Исследования воздействия флюсов на смачивание проводили на оборудовании для исследования силы смачивания (рис. 2.2).

Образец прочно закрепляется на зажим рычага опоры. На подъемный механизм устанавливается тигель с расплавом алюминия. В расплав погружают термомпару, присоединенную к измерителю температуры. Подъемный механизм поднимает тигель с алюминиевым расплавом на указанную высоту, так чтобы образец погрузился в алюминиевый расплав на 5 мм. С помощью флюса стальная поверхность активируется, происходит начало процесса смачивания и образец увеличивается в весе. От увеличения массы рычаг поднимает груз, установленный на чаше весов. Значения веса стабилизируются при достижении полного смачивания алюминиевым расплавом стальной поверхности. Через заданный промежуток времени подъемный механизм опускает тигель в начальное состояние. Изменение веса фиксируется на персональный компьютер через подключенные цифровые весы.



1- измеритель температуры, 2 – цифровые весы, 3 – опора рычажного подвеса, 4 – тигель с расплавом, 5 – образец, 6 – подъемный механизм с блоком питания, 7 – персональный компьютер

Рисунок 2.2 – Установка исследования силы смачивания

Измерение температуры осуществляется с помощью восьмиканального микропроцессорного измерителя-регулятора ТРМ 138 фирмы «ОВЕН» (рис.2.3), предназначенного для регулирования производственными технологическими процессами и построения автоматических систем контроля. Хромель-копелевые спаи применяются в качестве термопар.



Рисунок 2.3 – Измеритель-регулятор универсальный ТРМ 138

Для получения данных применяются лабораторные весы VM-313 ОКБ «Веста» с цифровым выходом на компьютер в реальном масштабе времени. Весы обеспечивают:

- определение массы нестабильных образцов;
- рецептурное взвешивание;
- взвешивание в процентах;
- разбраковку по массе ("больше - меньше") с выдачей управляющих сигналов (три выхода с оптической развязкой);
- взвешивание в g, ст;
- подсчёт образцов (с автоматической функцией уточнения средней массы одного образца);
- взвешивание под весами;
- компьютерную программу для регистрации и статистической обработки результатов измерений;
- связь с ПК через интерфейс RS232 с оптической развязкой;
- юстировку с помощью внешней гири по действительному значению массы гири .

Опора рычажного подвеса состоит из рычажной системы, стойки и массивного металлического основания. В центре и по краям рычага

установлены подшипники применяемые в жестких дисках компьютерной техники. Соотношение плечей рычага измеряется путем подвешивания груза (образца) на конце рычага и просто на весах. Такой подход позволяет максимально уменьшить погрешность измерения соотношений плеч рычага и учесть потери в подшипнике. На длинном конце рычага подвешивается образец. На коротком плече подвешивается груз обеспечивающий противовес длинному концу рычага и подвешенному грузу.

Высота весов устанавливается так, что бы рычаг находился в горизонтальном положении.

Подъемный механизм с блоком питания изготовлен со вторичным напряжением 12В, обеспечивает безопасную эксплуатацию в особо опасных условиях. Тумблер осуществляет управление положением подъемного механизма. Образец погружается на заданную глубину, в момент касания образца о поверхность алюминиевого расплава срабатывает таймер времени. При визуальном достижении зафиксированного состояния процесса смачивания, переключением тумблера образец извлекается из алюминиевого расплава.

Персональный компьютер осуществляет обмен данными с лабораторными весами, фиксирует и отображает данные. Результаты зависимости изменения веса испытуемых образцов от времени нахождения в расплаве регистрируются в виде графика (рис. 2.4)

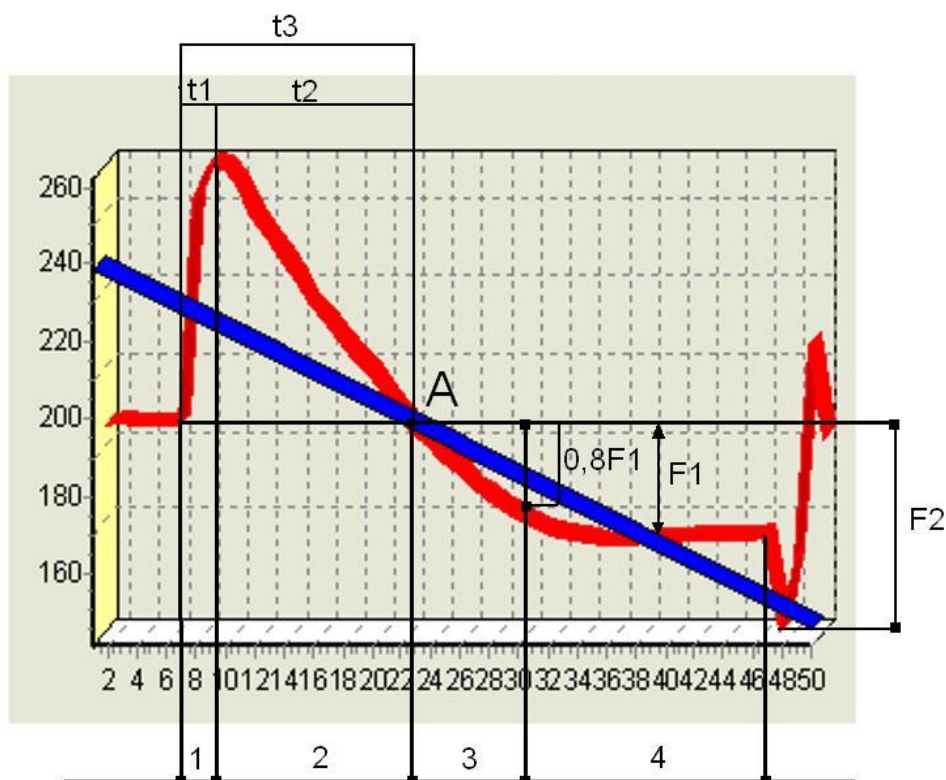


Рисунок 2.4 – Внешний вид графического отображения данных

Из графика определялись следующие параметры процесса:

- сила смачивания F_1 ;
- сила отрыва образца F_2 ;
- время начала смачивания t_1 ;
- чистое время смачивания t_2 ;
- время полного смачивания t_3 .

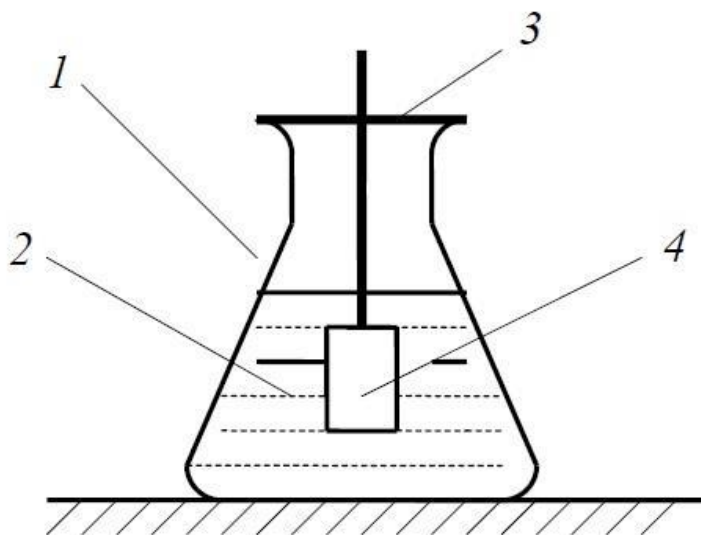
Скорость смачивания стали расплавом определялась тангенсом угла между касательной к кривой в т. А и перпендикуляром к оси ординат. [5]

График зависимости характеризует 4 этапа процесса смачивания никеля расплавом (рис. 9):

- 1) Касание торцом образца зеркала расплава. На образец действует выталкивающая сила;
- 2) Этап начала смачивания;
- 3) Этап равновесного состояния системы. Расплав продолжает смачивать образец;
- 4) Происходит подъем и отрыв образца от припоя

2.3 Методика исследования коррозионностойкости

Коррозионную стойкость сплавов или металлов определяют потерей веса испытываемых образцов.[7] Образцы алитированные и образцы не подверженные алитированию предварительно взвешивали на лабораторных весах ВМ-313 ОКБ «Веста». Исследования проводили в кислой (0,1% HCl), щелочной (0,3% NaOH), водной (100% H₂O) и нейтральной (3% NaCl) средах.



1 – колба для раствора; 2 – раствор для испытаний;
3 – крышка; 4 – образец

Рисунок 2.5 – Химическая ячейка для определения коррозии металлов в щелочных и нейтральных средах

Перед началом работы образцы необходимо обезжирить ацетоном, затем их погружают в колбы с необходимым раствором и выдерживают определенное количество времени. После испытываемые образцы следует промыть дистиллированной водой и поместить в сушильную печь для удаления следов влаги. Далее следует повторное взвешивание образцов для определения потери массы. [10]

3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Исследование времени выдержки в расплаве

Для определения времени выдержки образцов в расплаве было предложено использовать 6 пластин. С помощью микрометра замерыли начальную толщину пластин которая составила 1,48мм. Алюминирование проводили при температуре 950°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) для различных периодов окунания (3 с, 10 с, 20 с, 30 с, 40 с, 50 с). Перед погружением в расплав Al, образец был покрыт водным раствором флюса эвтектической концентрации системы KF-AlF₃. После погружения и прохождения заданного периода времени, образец удаляли и быстро охлаждали на воздухе. После образец повторно замерыли и получили результат представленный в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Изменение толщины от времени выдержки

Начальная толщина, мм	Конечная толщина, мм	Время выдержки, с
1,48	1,53	3
1,48	1,52	10
1,48	1,49	20
1,48	1,49	30
1,48	1,37	40
1,48	1,37	50

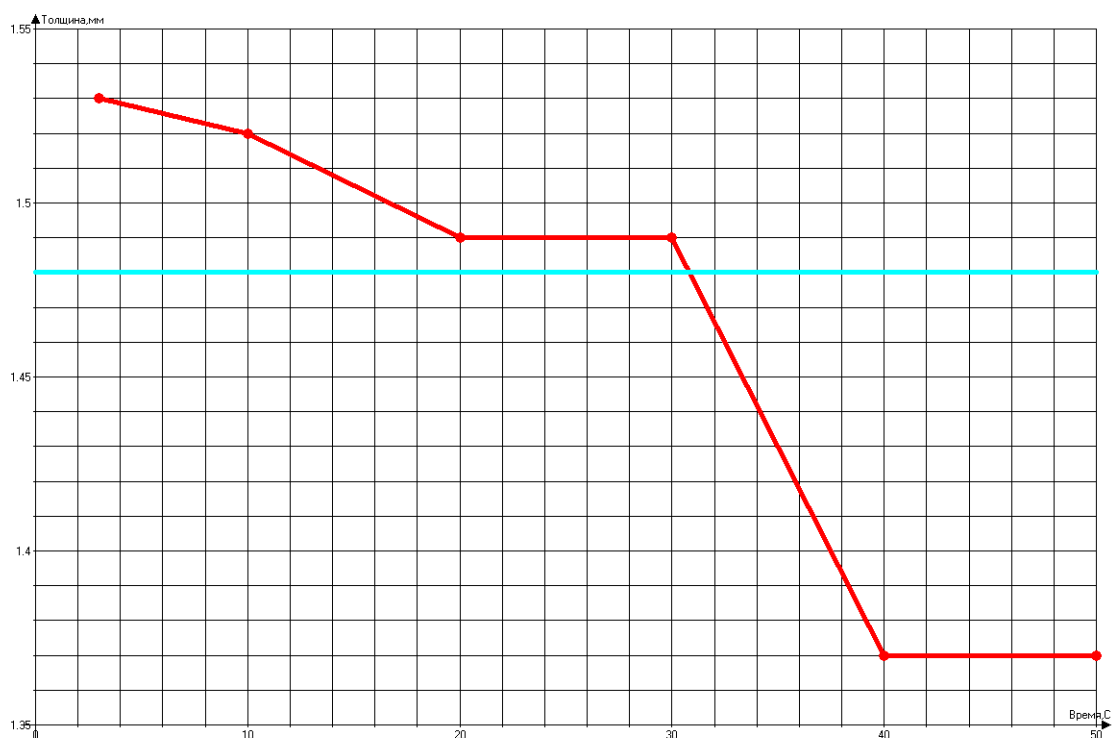


Рисунок 3.1 -Зависимость толщины алюминиевого образца от времени выдержки в расплаве при температуре 950 °С

Увеличение времени выдержки в алюминиевом расплаве при 950°С более 10 с приводит к заметному растворению стального образца и уменьшению его толщины. Толщина алитированного слоя при этом значительно не изменяется.

3.2 Исследование силы смачивания

Высоколегированные пластины размерами 50x20 мм и толщиной 1,48 мм устанавливали в установку для исследования силы смачивания. Образец погружался в расплавленный алюминий температурами 750°С, 850°С и 950°С. Через 3 с пластина поднималась, а компьютер фиксировал данные в виде графического отображения данных.

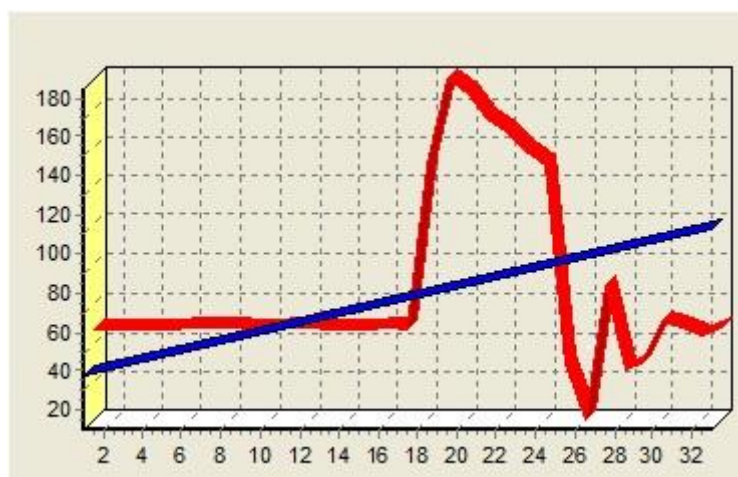


Рисунок 3.2 –график данных при температуре расплава 950°C



Рисунок 3.3 –график данных при температуре расплава 850°C



Рисунок 3.4 –график данных при температуре расплава 750°C

Значение силы смачивания определяется по формуле:

$$F = \frac{\Delta m \cdot g}{k},$$

где:

Δm - изменение массы образца;

g - ускорение свободного падения;

k - коэффициент усиления рычажной системы равный 15.

Скорость смачивания вычислялась нахождением тангенса угла между касательной к кривой в конце участка чистого времени смачивания и перпендикуляром к оси ординат.

Исходя из вычислений получаем силу смачивания в расплаве температурой 950°C равная 16,3, силу отрыва в расплаве температурой 950°C равную 45,7, скорость смачивания в расплаве 950°C равной 15, силу смачивания в расплаве температурой 850°C равная 19,6, силу отрыва в расплаве температурой 850°C равную 39,2, скорость смачивания в расплаве 850°C равной 14, силу смачивания в расплаве температурой 750°C равная 32,7, силу отрыва в расплаве температурой 750°C равную 39,2, скорость смачивания в расплаве 750°C равной 13,2. Исходя из этих данных получаем график зависимости силы смачивания от температуры (рисунок 3.5)



Рисунок 3.5 – график зависимости силы смачивания от температуры

По графику можно сделать вывод, что с повышением температуры сила смачивания снижается.

3.3 Исследование влияния температуры расплава на сталь

Нужно определить наиболее подходящую температуру для окунания образцов, было предложено окунуть пластины при температуре расплава 750-950°C, с 3-х секундной выдержкой времени, после чего провести хим анализ каждого образца.

На рисунке 16 показана типичная микрофотография поперечного сечения высоколегированной стали и интерметаллидного слоя, химический состав которых приведен в таблице 4. Спектр 1,2,3,4 и 7 показывают образование интерметаллидного слоя при температуре 950°C.

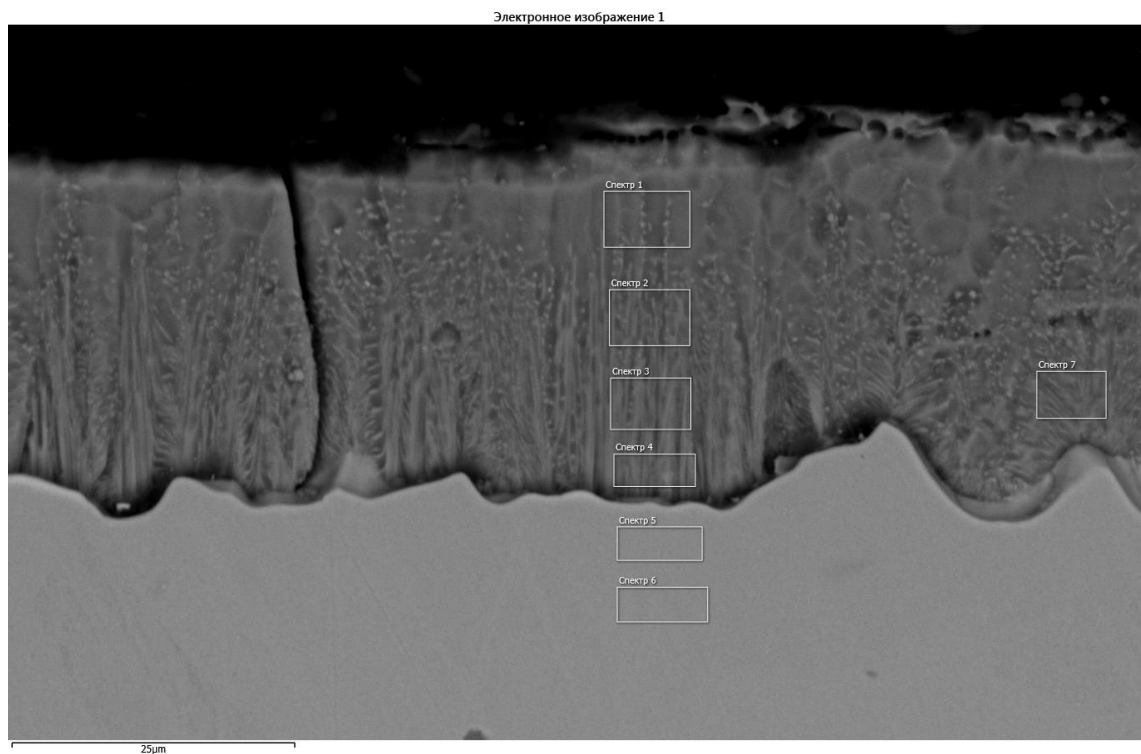


Рисунок 3.6 - Образец алитированный в жидком алюминии при температуре 950°C

Таблица 3.2 -Химический состав стали алитированной в жидком алюминии при температуре 950°С

№ спектра	Al	Si	Cr	Fe	Сумма
1	52.76		5.63	41.61	100.00
2	52.33		6.21	41.46	100.00
3	51.64		6.27	42.09	100.00
4	49.80		6.39	43.81	100.00
5	0.16	0.44	12.06	87.35	100.00
6		0.37	12.29	87.34	100.00
7	50.73		6.67	42.60	100.00

На рисунке 17 показана типичная микрофотография поперечного сечения высоколегированной стали и верхнего слоя алюминия. Кроме верхнего покрытия и основного материала он имеет непрерывный интерметаллидный слой. Химический состав слоев приведен в таблице 5. Спектр 11 и 12 показывают образование интерметаллидного слоя при температуре 850°С.

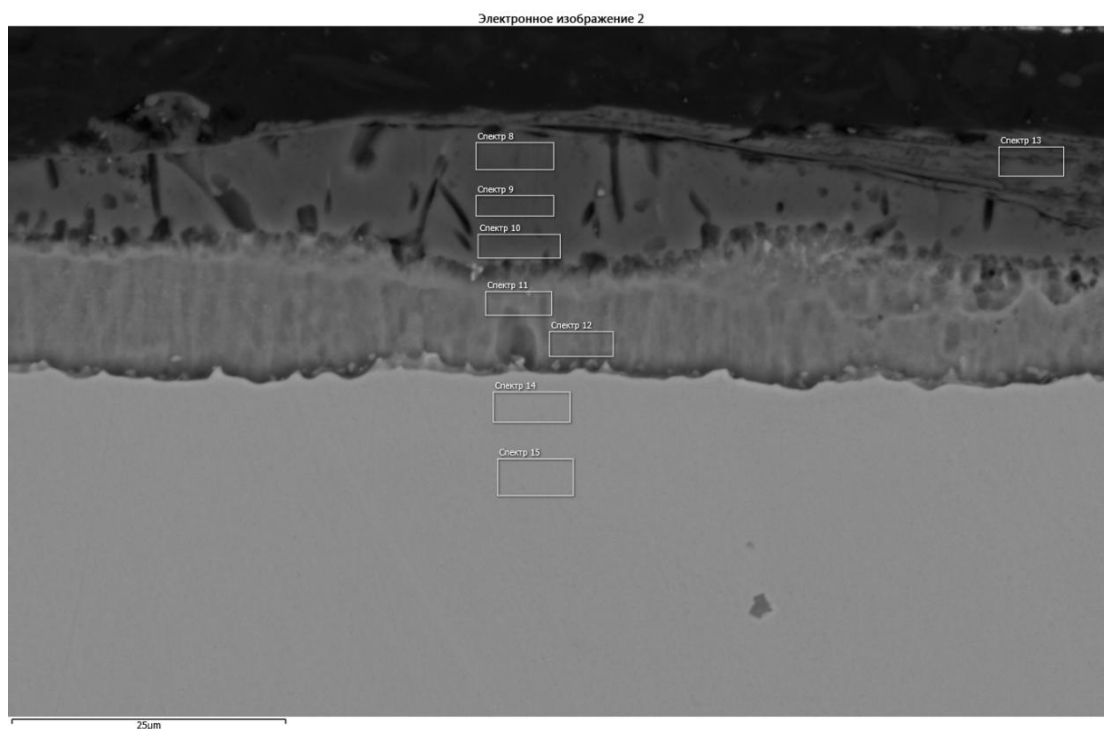


Рисунок 3.7 - Образец алитированный в жидком алюминии при температуре 850°C

Таблица 3.3 -Хим состав стали алитированной в жидком алюминии при температуре 850°C

№ спектра	O	Al	Si	Ti	Cr	Fe	Cu	Сумма
8		99.36			0.27	0.37		100.00
9		98.74			0.42	0.83		100.00
10		95.87			0.73	3.40		100.00
11		57.01		0.10	5.06	37.34	0.49	100.00
12		53.37			6.00	40.63		100.00
13	39.70	56.39	3.31			0.59		100.00
14		0.25	0.46		11.98	87.31		100.00
15		0.20	0.44		12.23	87.14		100.00

На рисунке 18 показана типичная микрофотография поперечного сечения высоколегированной стали и верхнего слоя алюминия. Кроме верхнего покрытия и основного материала он имеет непрерывный интерметаллидный слой.[23] Химический состав слоев приведен в таблице 6.

Спектр 19-22 показывают образование интерметаллидного слоя при температуре 750°C.

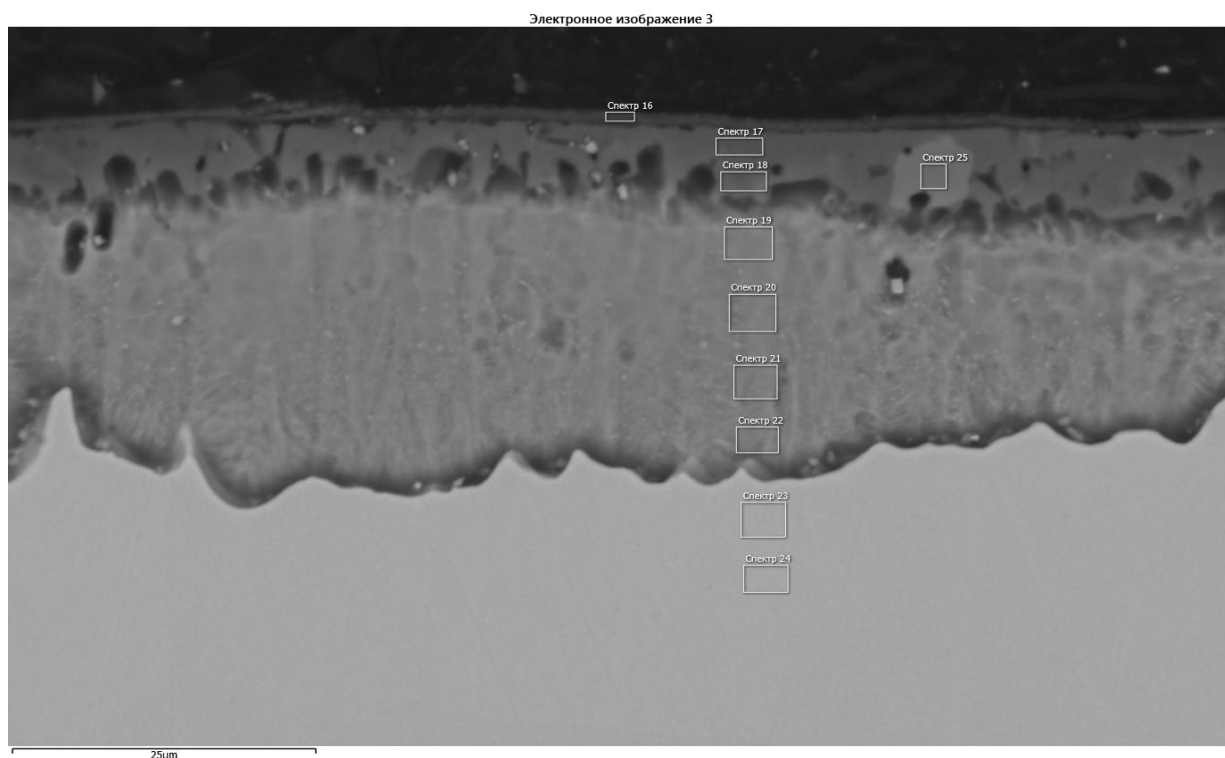


Рисунок 3.8 - Образец алитированный в жидком алюминии при температуре 750°C

Таблица 3.4-Хим состав стали алитированной в жидком алюминии при температуре 750°C

№ спектра	O	Al	Si	Ti	Cr	Fe	Сумма
16	32.00	57.70	8.61	0.38	0.37	0.94	100.00
17		97.99			0.53	1.48	100.00
18		88.91			0.93	10.16	100.00
19		56.02			5.09	38.89	100.00
20		54.92			5.58	39.50	100.00
21		53.06	2.05		5.80	39.10	100.00
22		48.50	3.62		6.07	41.81	100.00
23		0.19	0.58		12.17	87.06	100.00
24		0.16	0.60		12.09	87.15	100.00
25		75.43			16.71	7.86	100.00

Проведенные исследования показали, что при температурах

алитирования наблюдалось удовлетворительное смачивание алюминием образцов из высокохромистых сталей. На поверхности образцов при температурах 750 - 900°C формировалось покрытие, состоящее из слоя алюминия и переходного интерметаллидного слоя. Толщина слоев при одинаковом времени выдержки определяется температурой алюминиевого расплава. Увеличение температуры алитирования увеличивает толщину переходного интерметаллидного слоя в связи с увеличением скорости диффузии алюминия в сталь. Толщина алюминиевого слоя с увеличением температуры расплава уменьшается, что связано со снижением вязкости алюминиевого покрытия.

Переходный интерметаллидный слой в образцах полученных при температурах расплава 750 - 900°C состоит из двух подслоев. Со стороны алюминия вследствие диффузии железа формируется подслой на основе интерметаллидной фазы $FeAl_3$, имеющей, к тому же, наиболее высокую термодинамическую вероятность образования по сравнению с другими фазами системы железо-алюминий. Со стороны железа формируется подслой на основе интерметаллидной фазы Fe_2Al_5 с содержанием алюминия в пределах 49 - 57%.

1 - интерметаллидного слоя; 2 - слоя алюминия

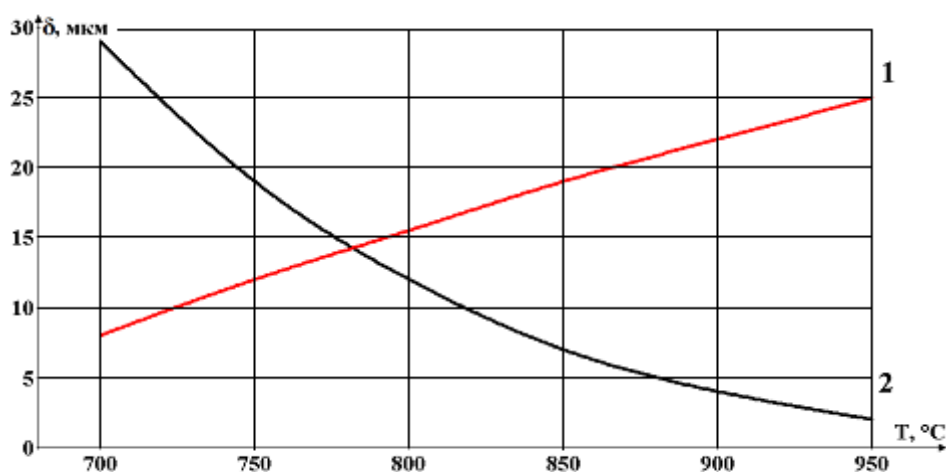


Рисунок 3.9 - Зависимость толщины слоев покрытия от температуры расплава

С помощью хим анализа удалось измерить толщину слоя алюминия и интерметаллидного слоя, и построить график зависимости по которому видно, что чем выше температура расплава, тем толще интерметаллидный слой и тоньше слой алюминия.

3.4 Исследование жаростойкости алитированной стали

В ходе исследования жаростойкости образцы высоколегированной стали 12Х13 алитируемые при температуре расплава 850°С, образцы высоколегированной стали 12Х13 алитируемые при температуре расплава 950°С и образцы высоколегированной стали 12Х13 не подверженные алитированию взвесили для получения точки отсчета.



Рисунок 3.10 - Образцы перед погружением в печь

Далее их поместили в печь сопротивления температурой 950°С. Образцы остывали в печи до комнатной температуры спустя 100 ч, 250 ч и 500 ч, для повторного взвешивания. После 500 ч в печи сопротивления образец высоколегированной стали 12Х13 не подверженный алитированию разрушился на 100%.

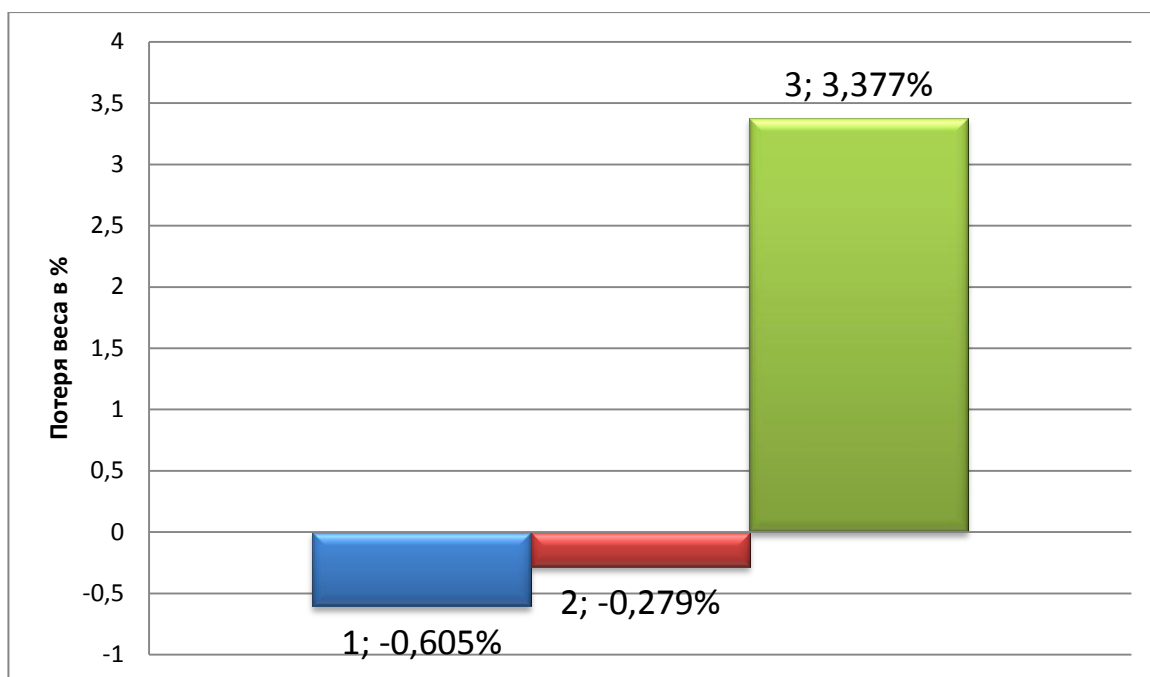


Рисунок 3.11 – Потеря массы после 100 ч в печи сопротивления

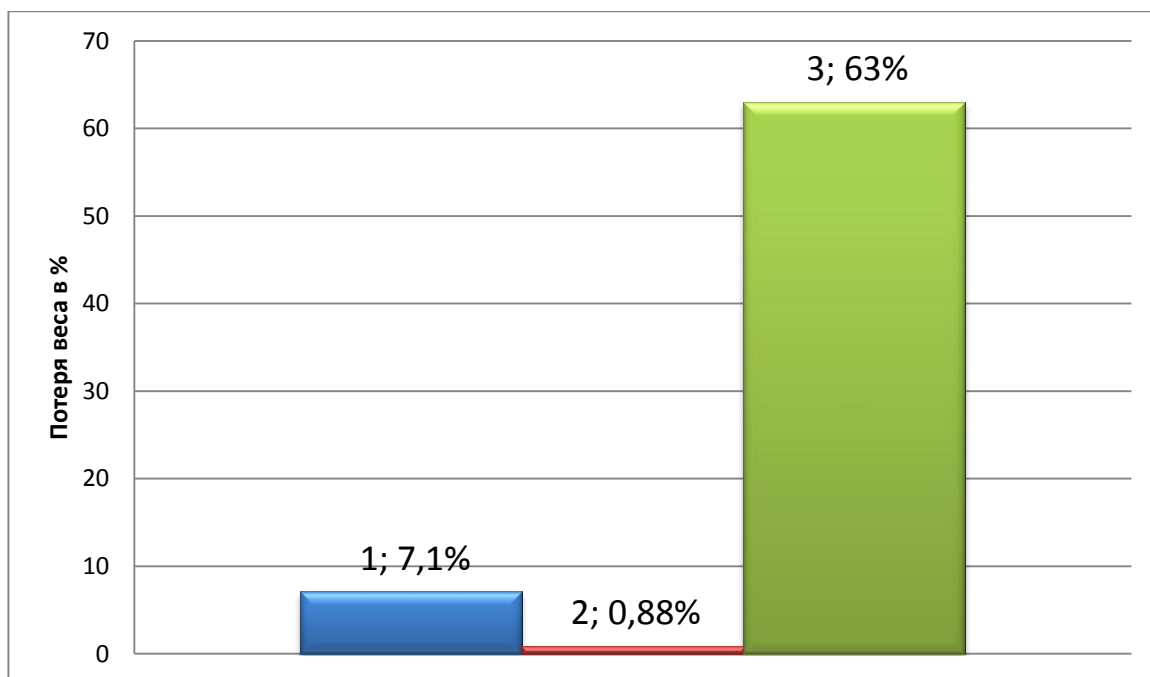


Рисунок 3.12 – Потеря массы после 250 ч в печи сопротивления

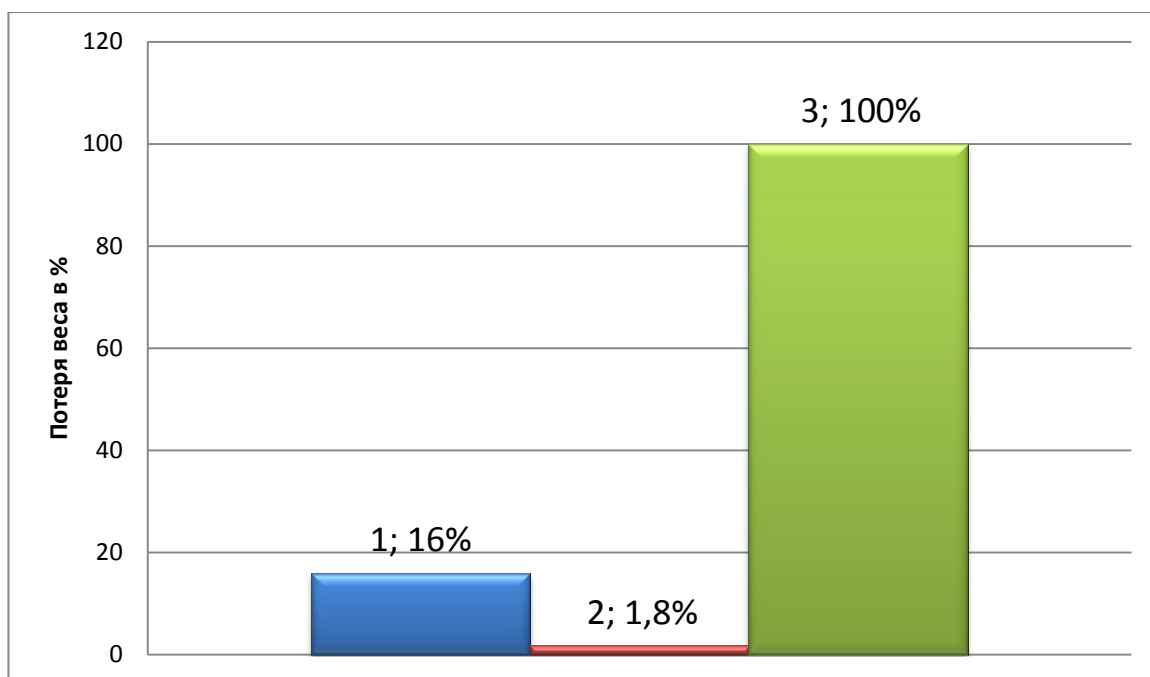


Рисунок 3.13 – Потеря массы после 500 ч в печи сопротивления

Где 1- образец алитируемый при температуре 950°С; 2 - образец алитируемый при температуре 850°С; 3 – неалитируемый образец

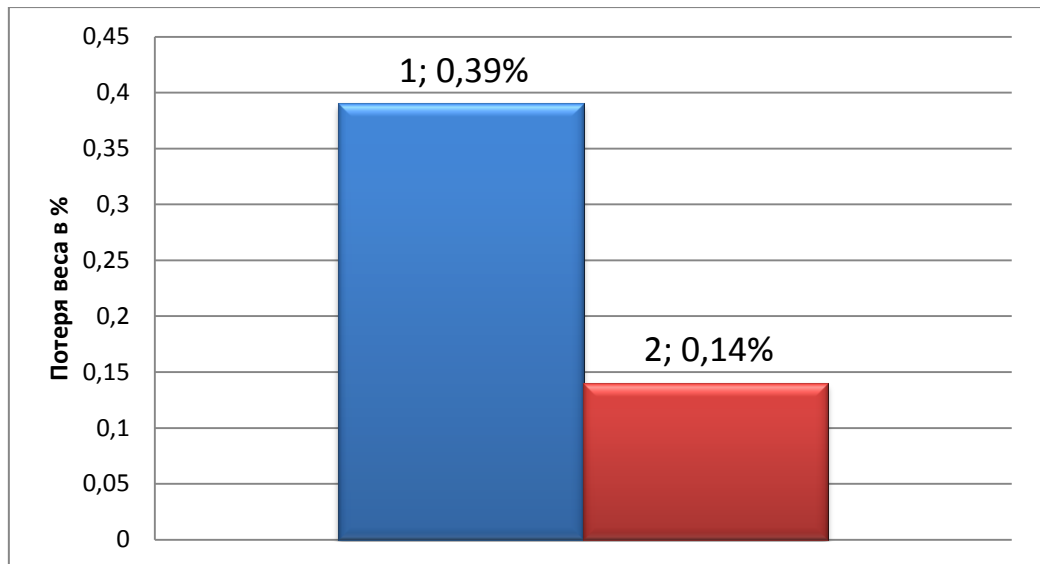
По результатам исследования можем заметить, что после 500ч в печи сопротивления потеря веса образца высоколегированной стали 12Х13 не подверженной алитированию составила 100%, образец был полностью разрушен (рисунок). Наиболее высокой жаростойкостью обладают образцы высоколегированной стали 12Х13 алитируемые при температуре расплава 950°С, средняя потеря веса составила 1,8%.



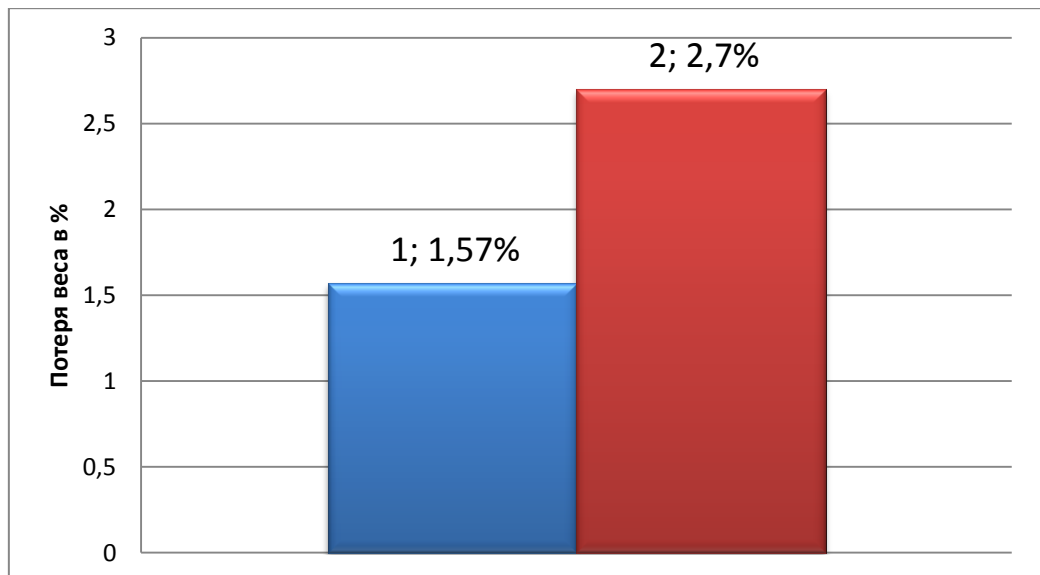
Рисунок 3.14 - Сталь без алитирования после 500ч в печи сопротивления

3.5 Исследование коррозионной стойкости алитированной стали.

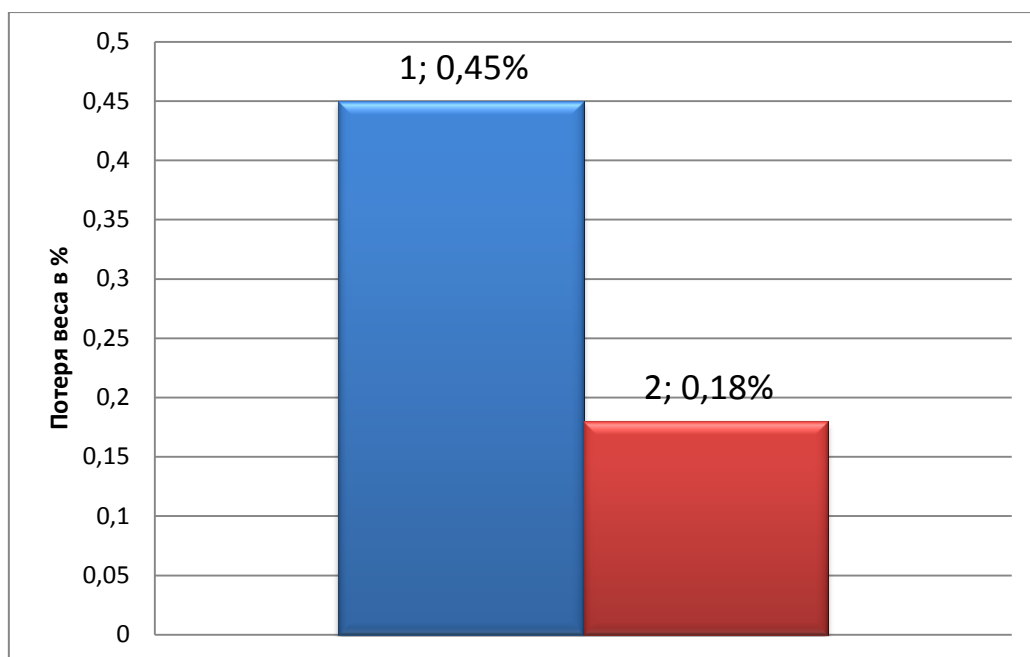
Для проведения исследования каррозионностойкости четыре образца высоколегированной стали 12X13 алитированных при температуре расплава 950°C и четыре образцы высоколегированной стали 12X13 не подверженные алитированию взвесили и поместили в среды H_2O , HCl , $NaCl$, $NaOH$ на 700 ч. По истечению времени образцы повторно взвешивали, для определения потери массы. Результаты сравнения процентного содержания потери массы изображены на рисунке 25



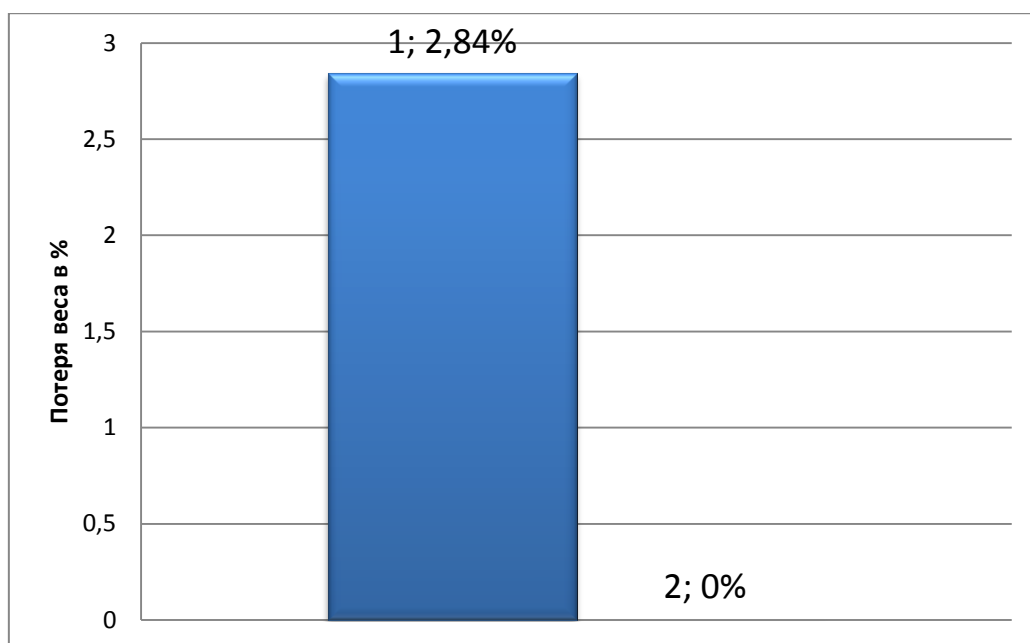
a)



б)



в)



г)

Рисунок 3.15- потеря массы после 700 ч в средах а) NaOH; б) NaCl; в) HCl; г) H₂O

По результатам исследования образцы имеют незначительную разницу между потерями в массе. У алитруемых образцов растворились остатки алюминиевого слоя. При алитровании высокохромистой стали коррозионностойкость не ухудшается.[20]

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс алитирования высоколегированных сталей	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1		разметка	разметчик	стол, линейка, маркер по металлу	
2		рубка	слесарь	ножницы механическое	металлический лист
3		зачистка	слесарь	болгарка, тиски	шлифовальный круг
4		травление	лаборант	стол, пинцет, колба	азотная кислота.

Продолжение таблицы 4.1

5		промывка	лаборант	стол, пинцет, колба	дистиллирова нная вода
6		нанесение флюса	лаборант	стол, пинцет,	флюс
7		сушка	лаборант	сушильная печь	термокирпи ч
8		подготовка расплава	металлург	индукционн ая печь, тигель	алюминий
9		погружение	металлург	тигель, клевци	алюминий температуро й 950°C
10		охлаждение	металлург	стол	термокирпи ч
11		контроль	контролер	набор для ВИК	

4.2 Идентификация производственно-технических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
1	рубка	подвижные части производственного оборудования	механические ножницы
2	зачистка	повышенный уровень шума на рабочем месте	болгарка
3	травление	Раздражающие, по пути проникания в организм человека через: органы дыхания; кожные покровы.	азотная кислота
4	подготовка расплава	повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;	расплавленный металл, индукционная печь
5	погружение	повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;	расплавленный металл, индукционная печь

4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Подвижные части производственного оборудования	Защитный кожух, сигнальные надписи	Кольчужные перчатки
2	Повышенный уровень шума на рабочем месте	Инструктаж по охране труда	Защитные очки, беруши
3	Раздражающие, по пути проникания в организм человека через: органы дыхания; кожные покровы.	Инструктаж по охране труда	Распиратор, резиновые перчатки
4	Повышенная температура поверхностей оборудования и материалов;	Инструктаж по охране труда	Маска сварщика, брезентовые перчатки

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара [15]

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Механический участок	Болгарка Bosch	Е	Пламя и искры	Вынос высокого электрического напряжения на токопроводящие части
2	Участок алитирования сталей	Индукционная печь СЭЛТ- 001-15/44-Т	Е	Пламя и искры	Замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части

Таблица 4.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности.[15]

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарная сигнализация, связь и оповещение
Огнетушитель ОУ-1, кошма, ящики с песком	Аварийная служба	Система водяного тушения	Системы извещения при пожаре	Пожарные рукава, пожарные краны	План эвакуации	Топор, багор, лопата	Аварийная пожарная кнопка

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Исследование процессов формирования алюминидных покрытий на высоколегированных сталях	Проведение собраний с ознакомлением техники пожарной безопасности	Нахождение на участке исследования достаточное количество первичных средств пожаротушения

4.5 Обеспечение экологической безопасности исследуемого технического объекта

Таблица 4.7– Идентификация экологических факторов технического объекта
[16]

Наименование технического объекта, производственно- технического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологическ ого процесса	Воздействи е техническо го объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающ ую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжен ия)	Воздействи е техническо го объекта на литосферу (растительн ый покров, почву, образовани е отходов, недра, отчуждение земель, выемка плодородно го слоя почвы, загрязнение и нарушение растительн ого покрова и т.д.)
Исследование процессов формирования алюминидных покрытий на высоколегирован ных сталях	Заготовительн ый процесс	Токсичные испарения кислотных растворов	Токсичные отходы кислотных растворов	
Исследование процессов формирования алюминидных покрытий на высоколегирован ных сталях	Процесс алитирования стали			Выделение шлаков в процессе плавки металла

Таблица 4.8– Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду[21]

Наименование технического объекта	Исследование процессов формирования алюминидных покрытий на высоколегированных сталях
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование системы фильтрации в вытяжной системе
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Использование системы отчистки сливов
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Использование контейнера для хранения шлака и дальнейшая утилизация

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

В данном разделе предоставлены характеристики процесса формирования алюминидных покрытий на высоколегированных сталях, предоставлены технологические операции, инженерно-техническое и производственно-техническое оборудование, должности работников, применяемые расходные и технологические материалы, производимые изделия и комплектующие изделия (таблица 4.1).

Проделана идентификация профессиональных рисков по технологическому процессу формирования алюминидных покрытий на высоколегированных сталях, проделанным технологическим операциям, проделанных работ. В качестве вредных и опасных производственных

факторов идентифицированы следующие: Раздражающие для кожных покровов и дыхательных путей паров кислот, поражение глаз, ожогах рук, повышенный уровень шума.

Произведены организационно-технические мероприятия, в том числе технические устройства уменьшения профессиональных рисков, таких как защитные очки, брезентовые перчатки, респираторы. Индивидуальные средства защиты были подобраны для работников(таблица 4.3)

Произведены мероприятия по достижению пожарной безопасности технического объекта. Сделана идентификация опасных факторов пожара и класса пожара (таблица 4.4),а так же разработка мер, средств и методов обеспечения пожарной безопасности (таблица 4.5). Для обеспечения пожарной безопасности разработали мероприятия на техническом объекте (таблица 4.6)

Идентифицированы экологические факторы (таблица 4.7) и для обеспечения экологической безопасности разработали мероприятия на техническом объекте (таблица 4.8).

5 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

5.1 Расчет трудоемкости проведения НИР

Организационно-экономическое обоснование данной научно-исследовательской работы заключается в следующем:

1. Определение трудоемкости и длительности проводимых работ.
2. Составление линейного плана-графика выполнения НИР на протяжении всего процесса исследования.
3. Расчет предпроизводственных (текущих), капитальных и приведенных (полных) затрат, необходимых для проведения данной работы.

Работы, осуществляемые в процессе исследования, разбиваются на определенные стадии и этапы и сводятся в таблицу.[19]

Таблица 5.1- Наименование стадий и содержание этапов НИР

№ стадии	Наименование стадии НИР	№ этапа	Содержание этапов работы
1	Изучение известных методов алитирования стали	1.1	Составление плана НИР
		1.2	Расчет плановой сметы предпроизводственных затрат
		1.3	Изучение методик механических испытаний алитирования сталей
		1.4	Изучение имеющихся методов исследования химического состава алитирования сталей
		1.5	Изучение имеющихся методик исследования эксплуатационных свойств алитированных сталей

Продолжение таблицы 5.1

2	Подготовка к экспериментам	2.1	Расчет оптимальной температуры расплава
		2.2	Расчет времени нахождения образца в расплаве
		2.3	Составление порядка исследований
3	Анализ и проведение экспериментов	3.1	Исследование жаростойкости покрытия
		3.2	Исследование коррозионностойкости покрытия
		3.3	Построение графиков из полученных результатов исследований
4	Оформление полученных результатов НИР	4.1	Согласование и оформление отчетов
		4.2	Расчет фактических предпроизводственных и производственных затрат
		4.3	Определение непроизводственных затрат (резервов времени)

По эмпирической формуле произведем расчет ожидаемой трудоемкости каждого этапа работы.

$$T_{\text{ож}} = (3T_{\text{min}} + 2T_{\text{max}}) / 5 (\text{дни})$$

$$1.1 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 4 + 2 \cdot 6) / 5 = 4,8 \text{ дн}$$

$$1.2 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 6 + 2 \cdot 7) / 5 = 6,4 \text{ дн}$$

$$1.3 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 6 + 2 \cdot 9) / 5 = 7,2 \text{ дн}$$

$$1.4 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 8 + 2 \cdot 10) / 5 = 8,8 \text{ дн}$$

$$1.5 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 10 + 2 \cdot 12) / 5 = 10,8 \text{ дн}$$

$$2.1 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 9 + 2 \cdot 11) / 5 = 9,8 \text{ дн}$$

$$2.2 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 10 + 2 \cdot 12) / 5 = 10,8 \text{ дн}$$

$$2.3 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 6 + 2 \cdot 8) / 5 = 6,8 \text{ дн}$$

$$3.1 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 21 + 2 \cdot 23) / 5 = 21,8 \text{ дн}$$

$$3.2 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 28 + 2 \cdot 30) / 5 = 28,8 \text{ дн}$$

$$3.3 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 10 + 2 \cdot 12) / 5 = 10,8 \text{ дн}$$

$$4.1 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 10 + 2 \cdot 13) / 5 = 11,2 \text{ дн}$$

$$4.2 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 3 + 2 \cdot 5) / 5 = 3,8 \text{ дн}$$

$$4.3 T_{\text{ож}} = (3 \cdot 2 + 2 \cdot 3) / 5 = 2,4 \text{ дн}$$

где T_{min} – наименьшая (оптимистическая) трудоемкость;

T_{max} – наибольшая (пессимистическая) трудоемкость;

Длительность каждого этапа работ определяется

$$T_{\text{эт}} = T_{\text{ож}} / Ч \text{ (дн)}$$

$$1.1 T_{\text{эт}} = 4,8 / 2 = 2,4 \text{ дн} \approx 3 \text{ дн}$$

$$1.2 T_{\text{эт}} = 6,4 / 2 = 3,2 \text{ дн} \approx 4 \text{ дн}$$

$$1.3 T_{\text{эт}} = 7,2 / 2 = 3,6 \text{ дн} \approx 4 \text{ дн}$$

$$1.4 T_{\text{эт}} = 8,8 / 2 = 4,4 \text{ дн} \approx 5 \text{ дн}$$

$$1.5 T_{\text{эт}} = 10,8 / 2 = 5,4 \text{ дн} \approx 6 \text{ дн}$$

$$2.1 T_{\text{эт}} = 9,8 / 2 = 4,9 \text{ дн} \approx 5 \text{ дн}$$

$$2.2 T_{\text{эт}} = 10,8 / 2 = 5,4 \text{ дн} \approx 6 \text{ дн}$$

$$2.3 T_{\text{эт}} = 6,8 / 2 = 3,4 \text{ дн} \approx 4 \text{ дн}$$

$$3.1 T_{\text{эт}} = 21,8 / 1 = 21,8 \text{ дн} \approx 22 \text{ дн}$$

$$3.2 T_{\text{эт}} = 28,8 / 1 = 28,8 \text{ дн} \approx 29 \text{ дн}$$

$$3.3 T_{\text{эт}} = 10,8 / 2 = 5,4 \text{ дн} \approx 6 \text{ дн}$$

$$4.1 T_{\text{эт}} = 11,2 / 2 = 5,6 \text{ дн} \approx 7 \text{ дн}$$

$$4.2 T_{\text{эт}} = 3,8 / 2 = 1,9 \text{ дн} \approx 2 \text{ дн}$$

$$4.3 T_{\text{эт}} = 2,4 / 2 = 1,2 \text{ дн} \approx 2 \text{ дн}$$

где Ч – количество исполнителей на этапе

Суммарная длительность НИР:

$$T_{\text{нир}} = \sum T_{\text{эт}} = 3 + 4 + 4 + 5 + 6 + 5 + 6 + 4 + 22 + 29 + 6 + 7 + 2 + 2 = 105 \text{ дн}$$

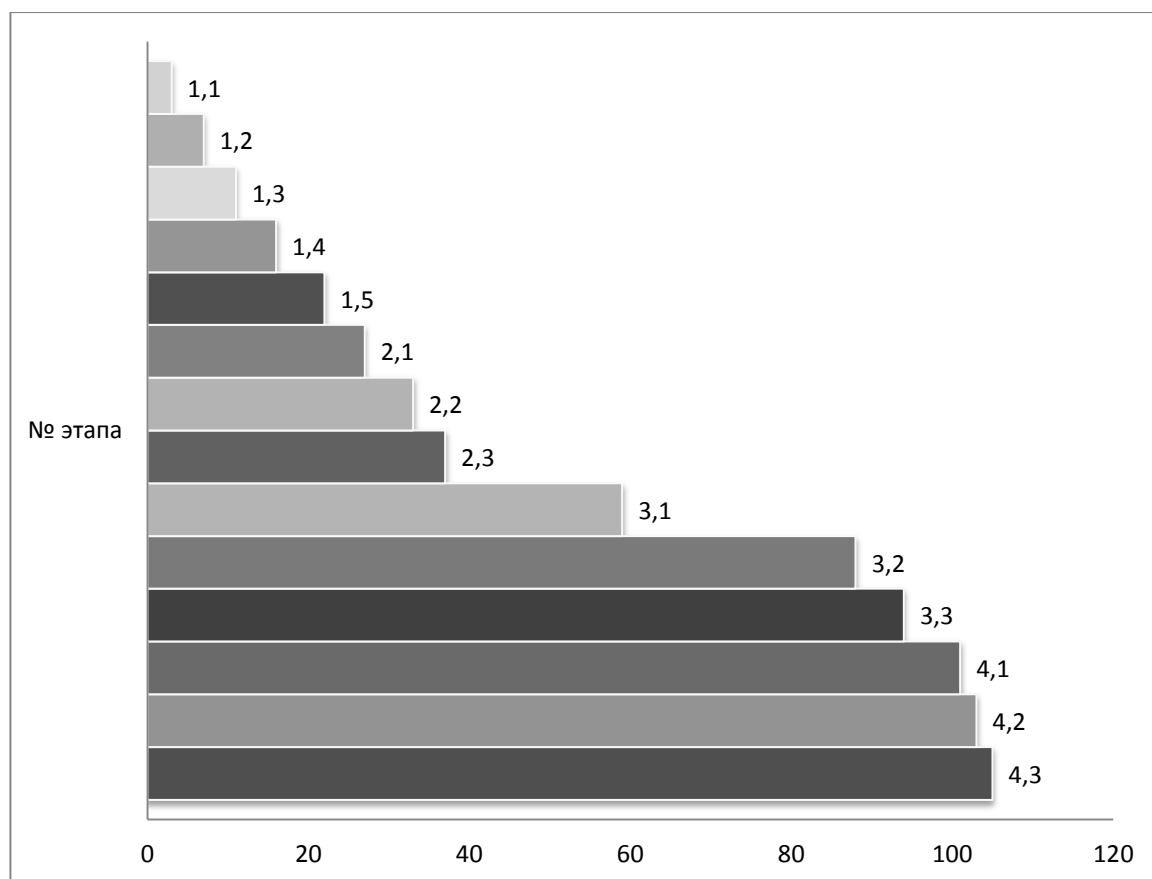


Рисунок 5.1 – Линейный график НИР

Для каждого этапа рассчитываем удельное значение:

$$Y_{д.эт} = T_{эт}/T_{нир} \times 100\%$$

$$1.1 Y_{д.эт} = 3/105 \times 100\% = 2,86 \%$$

$$1.2 Y_{д.эт} = 4/105 \times 100\% = 3,81 \%$$

$$1.3 Y_{д.эт} = 4/105 \times 100\% = 3,81 \%$$

$$1.4 Y_{д.эт} = 5/105 \times 100\% = 4,76 \%$$

$$1.5 Y_{д.эт} = 6/105 \times 100\% = 5,71 \%$$

$$2.1 Y_{д.эт} = 5/105 \times 100\% = 4,76 \%$$

$$2.2 Y_{д.эт} = 6/105 \times 100\% = 5,71 \%$$

$$2.3 Y_{д.эт} = 4/105 \times 100\% = 3,81 \%$$

$$3.1 Y_{д.эт} = 22/105 \times 100\% = 20,96 \%$$

$$3.2 Y_{д.эт} = 29/105 \times 100\% = 27,62 \%$$

$$3.3 Y_{д.эт} = 6/105 \times 100\% = 5,71 \%$$

$$4.1 Y_{д.эт} = 7/105 \times 100\% = 6,67 \%$$

$$4.2 Y_{д.эт} = 2/105 \times 100\% = 1,9 \%$$

$$4.3 U_{\text{д.эт}} = 2/105 \times 100\% = 1,9 \%$$

5.2 Сетевое планирование проведения НИР

Сетевое планирование проведения НИР имеет целью сокращение до минимума продолжительности проекта, для этого после принятия решения проведения НИР, составляется план и производится расчет плановой сметы предстоящих производственных затрат. Ознакомившись с существующими методами механических испытаний разрабатываются и изготавливаются конструкции механизма для проведения НИР, а именно алитирование образцов.[22]

Затем исследуются методы, приемы, способы и процессы алитирования, и как результат, подводятся итоги и изучаются результаты исследований НИР.

5.3 Расчет предпроизводственных затрат

«Предпроизводственные затраты для научно-исследовательской организации являются текущими.

Для проведение НИР расчет текущих затрат производится:

$$\begin{aligned} Z_{\text{тек}} &= ZМ + ФЗП + O_{\text{с.н.}} + Z_{\text{э-э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пр}} + НР = \\ &= 286,76 + 159698 + 57491 + 3135 + 7451,9 + 7984,9 + 87833,9 = \text{руб.} \end{aligned}$$

где:

$ZМ$ – затраты на вспомогательные и основные материалы;

$ФЗП$ – фонд заработной платы;

$O_{\text{с.н.}}$ – отчисления на социальные нужды;

$Z_{\text{э-э}}$ – затраты на электроэнергию для осуществления исследований;

$Z_{\text{об}}$ – затраты на эксплуатацию оборудования;

$Z_{\text{пр}}$ – прочие затраты;

$НР$ – накладные расходы.

Затраты на вспомогательный и основной материал

$$ZМ = ZМ_{\text{осн}} + ZМ_{\text{всп}} = 274,56 + 12,2 = 286,76 \text{ руб}$$

где:

$ZM_{\text{осн}}$ – затраты на основной материал;

$ZM_{\text{всп}}$ – затраты на вспомогательный материал.

Для осуществления НИР затраты на основной материал:

$$ZM_{\text{осн}} = N_p \times C_M \times U = 0,156 \times 88 \times 20 = 274,56 \text{ руб}$$

где:

N_p – норма расхода основного материала на один образец для испытаний, 0,156 кг;

C_M – оптовая цена 1 кг основного материала, 88 руб./кг;

U – количество образцов, испытанных по программе, 20 шт.

Заработная плата научно-технического персонала

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{\text{осн}} + ЗПЛ_{\text{доп}} = 145180 + 14518 = 159698 \text{ руб.}$$

где:

$ЗПЛ_{\text{осн}}$ - заработная плата научно-технического персонала;

$ЗПЛ_{\text{доп}}$ - дополнительная заработная плата научно-технического персонала.

Заработная плата вычисляется по формуле:

$$ЗПЛ_{\text{осн}} = \Sigma T_{\text{раб}} \times C_{\text{д}} \times k_{\text{пр}} \times И = 83 \times 700 \times 1,4 + 76 \times 600 \times 1,4 = 81340 + 63840 = 145180 \text{ руб.}$$

где $\Sigma T_{\text{раб}}$ – суммарное время работы каждого участника НИР по всем этапам (в днях);

$C_{\text{д}}$ – дневная ставка каждого участника НИР, 1 участник – 700 рублей, 2 участник 600 рублей;

$k_{\text{пр}}$ – коэффициент премиальных доплат (можно принять =1,4);

$И$ – количество исполнителей на каждом этапе, 2 чел.

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = 0,1 \times \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = 0,1 \times 145180 = 14518 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды вычисляем по формуле:

$$O_{\text{с.н.}} = \frac{N_{\text{соц.}} \times \text{ФЗП}}{100} = \frac{36 \times 159698}{100} = 57491 \text{ руб.}$$

где:

$N_{\text{соц.}}$ – норма отчислений на социальные нужды = 36%.» [19]

Затраты на электроэнергию

Траты на электрическую энергию:

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{об}} \cdot t_{\text{исп}}}{\eta} \cdot C_{\text{э-э}} = \frac{2,2 \times 500}{0,8} \times 2,2 + \frac{20 \times 2}{0,8} \times 2,2 = 3135 \text{ руб.}$$

где $M_{\text{об}}$ – мощность оборудования (2,2 кВт – печь сопротивления, 20 кВт – печь сопротивления);

$t_{\text{исп}}$ – время проведения испытаний, 500 часов испытания в печи сопротивления и 2 часа в индукционной печи;

η – коэффициент полезного действия оборудования (0,8);

$C_{\text{э-э}}$ – цена 1 кВт·ч электроэнергии = 2,2 руб.

Затраты, связанные с эксплуатацией оборудования

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}} = 7199,9 + 252 = 7451,9 \text{ руб.}$$

$A_{\text{об}}$ – амортизационные отчисления, связанные с эксплуатацией оборудования;

$P_{\text{т.р}}$ – расходы на текущий ремонт оборудования;

Затраты на амортизацию оборудования определяем по формуле:

$$A_{\text{об}} = \sum C_{\text{об}} \times \frac{N_a \times t_{\text{исп}}}{\Phi_{\text{эф}} \times 100} = 40000 \times \frac{20 \times 500}{580 \cdot 100} + 440000 \times \frac{20 \times 2}{580 \cdot 100} = 7199,9$$

руб.

где:

N_a – норма амортизации по применяемому технологическому оборудованию, 20 %;

$\Sigma C_{об}$ – суммарная цена оборудования, необходимого для проведения испытаний, 480000 руб.;

$\Phi_{эф}$ – эффективный фонд времени работы оборудования (можно принять равным 580 часам);

$t_{исп}$ – время проведения испытаний, 502 часа.

Расходы на текущий ремонт оборудования:

$$P_{т.р} = \frac{\Sigma C_{об} \times N_{т.р} \times k_3}{100 \times \Phi_{эф}} = \frac{480000 \times 35 \times 0,87}{100 \cdot 580} = 252 \text{ руб.}$$

где:

$N_{т.р}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования (принимается равной 35%);

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

$$k_3 = \frac{t_{исп}}{\Phi_{эф}} = \frac{502}{580} = 0,87$$

Прочие затраты, в которые входит приобретение образцов, аренда помещений, принимаем в размере 5% от величины фонда заработной платы научно-технического персонала:

$$З_{пр} = 0,05 \cdot \Phi ЗП = 0,05 \times 159698 = 7984,9 \text{ руб.}$$

Накладные расходы (расходы на оплату работы управленческого персонала и на охрану труда) принимаем в размере 55% от величины фонда заработной платы научно-технического персонала:

$$НР = 0,55 \cdot \Phi ЗП = 0,55 \times 159698 = 87833,9 \text{ руб.}$$

Таблица 5.2 – Калькуляция себестоимости выполнения НИР

	Наименование затрат	Затраты, руб.
1	Затраты на основной материал	274,56
2	Затраты на вспомогательный материал	12,2
3	Фонд заработной платы	159698
4	Отчисления на социальные нужды	57491
5	Затраты на электрическую энергию	3135
6	Затраты связанные с эксплуатацией оборудования	7451,9
7	Прочие затраты	7984,9
8	Накладные расходы	87833,9
		Сумма: 323881,46 рублей

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. С помощью химического анализа удалось измерить толщину слоя алюминия и интерметаллидного слоя, и построить график зависимости по которому видно, что чем выше температура расплава, тем толще интерметаллидный слой и тоньше слой алюминия.

2. В ходе проведенных исследований сделаем вывод, что толщина интерметаллидного слоя влияет на жаростойкость. Образцы алитированные при температуре расплава 950°C потеряли в 5-10 раз меньше веса, чем образцы алитированные при температуре расплава 850°C и в 50 раз меньше чем не алитированная сталь 12Х13.

3. По результатам исследования коррозионностойкости образцы имеют незначительную разницу между потерями в массе. У алитируемых образцов растворились остатки алюминиевого слоя. При алитировании высокохромистой стали коррозионностойкость не ухудшается

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рябов В. Р. Алитирование стали. - М.: Металлургия, 1973. – 240 с.
2. Карпман М.Г. Выбор метода и способа диффузионного насыщения поверхности изделий/ М.Г.Карпман//Металловедение и термическая обработка металлов. – 1982. №4. С.19-21
3. Ковтунов А.И. Исследование жидкофазных процессов формирования слоистых композиционных материалов системы железо - алюминий/ А.И. Ковтунов, С.В. Мямин//Цветные металлы. - 2010.-№7. С.65-66.
4. Колачев Б.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов/ Б.А. Колачев, В.И. Елагин, В.А. Ливанов. – М.: МИСИС, 2005 – 432 с.
5. Справочник по пайке/ под ред. И.Е. Петрунинина.- М: Машиностроение, 1984., 398 с.
6. Yang J. Aluminium electrolysis tests with inert anodes in KF-AlF₃-based electrolytes / J. Yang, J.N. Hryn, G.K. Krumkick// Light Metals 2006.- P. 421-424.
7. Войтович, В.А. Новые противокоррозионные материалы в строительстве / В.А. Войтович. - Киев : Наукова думка, 1980. - 96 с.
8. Король, В.К. Основы технологии производства многослойных металлов / В.К. Король, М.С. Гильденгорн. — М.: Металлургия, 1970.- 189 с.
9. Андрюшечкин, В.И. Разрушение алитированных слоев на углеродистых сталях / В.И. Андрюшечкин, Л.К. Гущина // Металловедение и термическая обработка металлов.— 1988. - № 6. - С. 8-10.
10. ZHUXiao-lin. Microstructure and corrosion resistance of Fe, Ni intermetallic coating on 45 steel synthesized by double glow plasma surface alloying technology: электронный ресурс / ZHU Xiao-lin [и др.] и College of Material Science and Technology, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China 210016 Received 15 February 2008; accepted 2

July 2008. - Режим доступа: [www.ysxbcn, com/Html_Article/En_1708.html](http://www.ysxbcn.com/Html_Article/En_1708.html) - Загл. с экрана.

11. Заблоцкий, В.К. Промышленное применение алитированных заготовок : Электронный ресурс / В.К. Заблоцкий, А И Шимко // Донбасская государственная машиностроительная академия. - Режим доступа: http://www.rusnauka.com/11._NPRT_2007/Tecnic/22382.doc.htm - Загл. с экрана.

12. SUN, Yang-Shan. Study of Fe₃Al-based intermetallics / Yang-Shan SUN [и др.] // Materials Review. - 2000 - №5(3). - P.193-200.

13. Синельникова В. С. Алуминиды / В. С. Синельникова, В. А. Поддергин, В. Н. Речкин. – Киев.: «Наукова думка», 1965. – 242 с.

14. Ковтунов, А.И. Физико-химическая кинетика взаимодействия алюминия со сталью при формировании металла шва с заданными свойствами: дисс. док. тех. наук/ А.И. Ковтунов. – Тольятти, 2011. – 357 с.

15. ГОСТ 12.1.033-81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения [Текст]. - Введ. 1982-01-07.- М. : Государственный комитет по стандартам, 1981-VII, 11с.

16. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ "Об охране атмосферного воздуха"

17. Инструкция по визуальному и измерительному контролю (РД 03-606-03). Серия 03. Выпуск 39 / Кол л. авт. — М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2006. — 104 с

18. Егоров А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста [Текст] учеб. метод. пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова – Тольятти, 2012, – С.135

19. Краснопевцева И.В. Методическое пособие по выполнению экономической части дипломного проекта [Текст] / И.В.Краснопевцева – Тольятти, 2015, – С.21

20. ГОСТ 9.312-89. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия защитные. Методы определения жаростойкости [Текст]. - Введ. 30.06.1990.- М : Государственный комитет СССР по стандартам, 1989, - С.11

21. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления"

22. Экономика предприятия: Учебник для вузов / В.Я. Горфинкель, Е.М. Купряков, В.П. Прасолова и др.; Под ред. проф. В.Я. Горфинкеля, проф. Е.М. Купрякова, - М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1996. – 367 с.

23. Гончаренко, Ю. Д. Применение растровой электронной микроскопии, оже-электронной спектроскопии, вторично-ионной масс-спектрометрии для обнаружения и исследования структуры и элементного состава электроизоляционного покрытия / Ю. Д. Гончаренко, Л. А. Евсеев // Известия РАН ; серия физическая. – 1998. – т. 62. – № 3. – С. 495–502.

24. Parlinska-Wojtan, A. Karimi, O. Coddet, T. Cselle, M. Morstein. Characterization of thermally treated TiAlSiN coating by TEM and nanoindentation. // Surface and Coating Technology. – 2004. – Vol.188 - 189. – P. 344- 350.

25. K.Yamamoto, T. Sato, K. Takahara, K. Hanaguri. Properties of (Ti,Cr,Al)N coatings with high Al content deposited by new plasma enhanced arc-cathode. // Surface and Coatings Technology. – 2003. –Vol.174-175. – P. 620-626.