

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

Институт 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)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Оценка свариваемости точечной контактной сваркой двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х»

Студент	<u>Е.В. Маркин</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	<u>А.С. Климов</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>Н.В. Зубкова</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	<u>О.Н. Брега</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., доцент В.В. Ельцов _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа направлена на освоение методики оценки свариваемости контактной точечной сваркой двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х. Проведен анализ исходных данных по вопросу свариваемости двухфазных сталей. Представлены причины ухудшения свариваемости указанной стали и пути их решения. Проведена оценка свариваемости контактной точечной сваркой двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х.

Пояснительная записка содержит 71 страницу, 32 иллюстрации, 37 таблиц, 23 источника информации, в том числе 6 на иностранном языке, двух приложений. Графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

ABSTRACT

The title of the graduation work is «Assessment of weldability of point contact welding of dual-phase high-strength steel HCT780X». This graduation work is devoted to the question of weldability of dual-phase high-strength steel HCT780X.

The graduation work consists of an explanatory note on 71 pages, introduction, including 32 figures, 37 tables, the list of 20 references including 6 foreign sources and 2 appendices, and the graphic part on 6 A1 sheets.

The aim of the work is to give some information about weldability of steel HCT780X. The graduation work may be divided into several logically connected parts which give a complete understanding of the weldability of steel HCT780X. We examine how the diameter of the cast core of the weld point changes with increasing welding current. We also examine how the magnitude of the separation force changes with increasing diameter of the cast core of the welded point. Then we give a conclusion about the weldability of steel and the value of the welding current range. These results show that contact spot welding at industrial frequency has difficulties in providing the required mechanical and geometric characteristics.

Thus, these results lead us to the conclusion that the possible way to solve the problems of weldability of steels is the use of medium-frequency welding equipment. However, more data will be needed to answer this question.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	9
1.1 Описание детали	9
1.2 Сведения о материале изделия	10
1.3 Анализ научных работ по вопросу сварки двухфазных сталей	13
1.4 Формулировка задач	16
2 ОЦЕНКА СВАРИВАЕМОСТИ ДВУХФАЗНОЙ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ НСТ780Х КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКОЙ	17
2.1 Описание экспериментального оборудования	17
2.1.1 Оборудование для сварки	17
2.1.2 Оборудование для механических испытаний	20
2.1.3 Заготовительное оборудование	21
2.1.4 Измерительное оборудование	22
2.2 Методика проведения эксперимента	23
2.2.1 Образцы для сварки	23
2.2.2 Параметры режима сварки	23
2.2.3 Последовательность действий при исследовании на свариваемость стали НСТ780Х	24
2.3 Результаты эксперимента	25
2.4 Заключение по разделу	37
3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	40
3.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристика рассматриваемого технического объекта	40
3.2 Идентификация профессиональных рисков	41

3.3	Методы и средства снижения профессиональных рисков	42
3.4.1	Идентификация опасных факторов пожара	44
3.4.2	Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта	47
3.4.3	Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара	49
3.5	Обеспечение экологической безопасности технического объекта	50
3.5.1	«Анализ негативных экологических факторов реализуемого производственно-технологического процесса (изготовления, транспортировки, хранения) и/или осуществляемой функциональной эксплуатации технического объекта с точки зрения обеспечения его экологической безопасности.	51
3.5.2	«Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемым техническим объектом, обеспечивающих соблюдение действующих требований нормативных документов» [19]	52
3.6	Заключение по разделу бакалаврской выпускной квалификационной работы	53
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ		55
4.1	Определение трудоёмкости и длительности цикла выполнения научно-исследовательской работы (НИР)	56
4.2	Расчёт сроков свершения событий	56
4.3	Определение состава и фонда заработной платы	57
4.4	Определение затрат на НИР	57
4.5	Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов по технологическому процессу сварки	58
4.6	Капитальные вложения в оборудование	59
4.6.1	Общие капитальные вложения в оборудование	59
4.6.2	Расчет себестоимости сравниваемых вариантов	60

4.6.3 Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды	60
4.6.4 Расчет полной себестоимости	61
4.7 Расчет экономической эффективности разрабатываемого проекта	62
4.7.1 Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия)	62
4.7.2 Срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций)	62
4.8 Коэффициент сравнительной экономической эффективности	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	66
ПРИЛОЖЕНИЕ А	69
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	70

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с наиболее распространенной на сегодня классификацией, изначально сформулированной в рамках семейства проектов ULSAB (Сверхлегкий стальной автомобильный кузов), ULSAS (Сверхлегкая стальная подвеска автомобиля), ULSAB-AVC (Прогрессивная концепция автомобиля) листовые стали, применяемые в автомобилестроении, условно подразделяются на три группы:

- 1) Обычные стали для холодной штамповки: $\sigma_T < 210$ МПа, $\sigma_B < 340$ МПа;
- 2) Высокопрочные стали: $\sigma_T > 210$ МПа, $\sigma_B > 340$ МПа;
- 3) Ультравысокопрочные стали $\sigma_T > 550$ МПа, $\sigma_B > 750$ МПа.

«Концепция применения сталей повышенной прочности в автомобилестроении известна уже давно, но только в последнее время стала реально осуществимой в условиях серийного производства. Анализ мирового опыта показывает, что основное направление развития конструкции кузова автомобиля осуществляется за счет применения улучшенных высокопрочных AHSS сталей» [1]. Однако, на данный момент номенклатура изделий из данных сталей в конструкции кузова весьма ограничена.

В серийных автомобилях высокопрочные стали применяются как в наружных, так и во внутренних панелях кузова. Особое внимание автопроизводители уделяют силовым и каркасным элементам кузова, отдавая все большее предпочтение высокопрочным и сверхвысокопрочным двухфазным сталям. К примеру, в составе силового каркаса кузова ряд деталей пассивной безопасности, а именно: лонжерон переднего и заднего пола, центральная стойка, поперечина крыши, центральная тоннель пола, усилитель щитка передка изготовлены из улучшенных высокопрочных DP и CP сталей.

«Двухфазные стали представляют собой ферритную матрицу с включениями мартенсита. За счет ферритной составляющей двухфазные

стали имеют хорошие пластические свойства, а наличие мартенситных включений обеспечивают высокие показатели прочности. Повышение содержания углерода и различных легирующих элементов обеспечивают требуемые механические свойства материалов. Но наряду с этим увеличивается и значение углеродного эквивалента C_e . Что, в свою очередь приводит к ухудшению свариваемости данных сталей»[1]. «Поэтому для обеспечения требуемого качества сварных соединений необходимо внесение технологических изменений в процесс сварки»[2]. Кроме того, применение данных сталей приводит к незначительному удорожанию изготовления изделий. Это связано со сложностями в изготовлении деталей при штамповке и сварке.

Изучение и анализ проблем свариваемости двухфазных сталей необходимы для поиска путей облегчения конструкции черного кузова и снижения затрат на его изготовление, а также повышения пассивной безопасности кузова с целью выполнения действующих и перспективных международных законодательных требований по безопасности EuroNCUP(TheEuropeanNewCarAssessmentProgramme). Что обеспечит конкуренцию отечественных автомобилей мировым производителям.

Таким образом, актуальна цель выпускной квалификационной работы – оценка свариваемости контактной точечной сваркой листового двухфазного высокопрочного проката стали НСТ780Х.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Описание детали

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является горячеоцинкованный прокат класса прочности 450/780 из стали марки НСТ780Х, применяемый для изготовления детали «Балка переднего бампера в сборе» а/м LadaVesta. Изделие представлено на рисунке 1.1.

Балка переднего бампера в сборе состоит из балки переднего бампера толщиной 1,8 мм, вставок переднего бампера правой и левой в сборе, соединителя балки переднего бампера толщиной 1,2 мм и кронштейна крепления звукового сигнала в сборе. Балка переднего бампера и соединитель свариваются контактной точечной сваркой по ГОСТ 15878-79-Кт [3]. Общее количество сварных точек – 42. Вставки переднего бампера левая и правая привариваются к балке механизированной сваркой в среде защитных газов по ГОСТ 14771-76 [4]. Кронштейн крепления звукового сигнала приваривается к балке переднего бампера механизированной сваркой по ГОСТ 14771-76. Приварные шпильки в количестве двух штук привариваются к балке переднего бампера ударной дуговой сваркой.

Балка переднего бампера в сборе работает в условиях вибрации, под влиянием погодных условий.

Требования, предъявляемые к сварным точкам по ГОСТ 15878-79 - диаметр литого ядра не менее 5 мм. Глубина вмятины от электрода не более 20% толщины детали.

Габаритные размеры балки переднего бампера в сборе составляют 710x1110 мм. Масса балки переднего бампера в сборе составляет 5,128 кг.



Рисунок 1.1 - Балка переднего бампера в сборе

1.2 Сведения о материале изделия

«Классификация сталей, предложенная в проектах ULSAB, рисунок 1.2, учитывает принципиальную технологию производства, соотношение прочностных и пластических характеристик материалов. Известно более десяти типов сталей повышенной прочности. Часть из них относится к группе традиционных CHSS (Conventional High-Strength Steel), которые длительное время успешно применяются в автомобильной промышленности и освоены на многих металлургических предприятиях. Группу прогрессивных (-Strength Steel) сталей составляют: DP (Dual Phase steel), CP (Complex Phase steel), TRIP (Transformation Induced Plasticity steel), Mart (Martensitic steel)» [1].

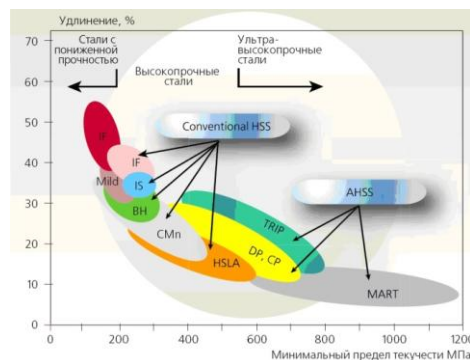


Рисунок 1.2 – Классификация автомобильных сталей

С целью проведения исследования на свариваемость был закуплен горячеоцинкованный прокат из двухфазной ферритно-мартенситной стали марки НСТ780Х+Z100 по EN 10346[5]. Прокат является продукцией ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Плавка №102377, партия №107579. Данная сталь была поставлена в листах 500x500 мм, толщиной 1,8 мм. Толщина цинкового покрытия составляет 6-8 мкм. Способ нанесения покрытия погружением в расплав цинка.

Расшифровка стали: Н – плоский прокат с высокой прочностью для холодного деформирования; С–холоднокатаная продукция; Т – признак, что сталь обозначается по минимальному значению временного сопротивления на разрыв; 780 – минимальное значение сопротивления на разрыв в соответствии требованиям стандарта; Х–сталь с ферритно-мартенситной структурой.

Сталь промаслена QuakerFerrocoatN6310.

Структура данной стали указана на рисунках 1.3-1.4. Структура представляет собой ферритно-мартенситную матрицу. Химический состав, параметры испытания на растяжение и механические свойства стали НСТ780Х+Z100 указаны в таблицах 1.1-1.3.

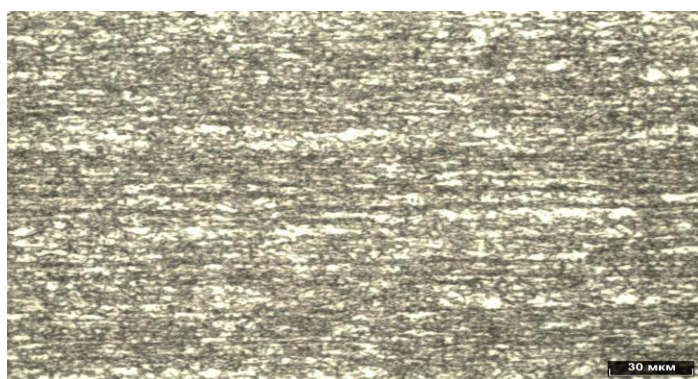


Рисунок 1.3 – Микроструктура в продольном направлении при 500 кратном увеличении



Рисунок 1.4 – Микроструктура в продольном направлении при 1000 кратном увеличении

Таблица 1.1 - Химический состав стали НСТ780Х В процентах

Элемент	C	Mn	Si	P	S	Al	Nb	Ti	V	Ni	B	Cr	Mo	Cu	C _{eq}
Содержание	0,12	2,00	0,12	0,013	0,006	0,045	0,015	отс.	0,011	0,01	отс.	0,25	0,16	0,03	0,473

Примечание: $C_{eq} = C + (Mn + Si) / 6$ Свариваемость материала считается хорошей при $C_{eq} \leq 0,25$, удовлетворительной при $C_{eq} = 0,25-0,45$ и неудовлетворительной при $C_{eq} > 0,45$.

Таблица 1.2 - Испытания на растяжение образцов из стали НСТ780Х

Наименование	Значение
Тип образца	1,8x20
Начальная расчетная длина образца (мм)	80
Скорость деформации в упругой области, МПа/с	30
Скорость деформации в пластичной области, 1/с	0,006
Диапазон удлинения для расчета n (%)	10-Ag
Удлинение для расчета r (%)	Ag
Толщина листа используемая для расчета (мм)	1,77

Таблица 1.3 - Механические свойства стали НСТ780Х

Направление испытания	Толщина, мм	σ_r , (Мра)	σ_0 , (Мра)	σ_r/σ_0	ϵ , %	n, %	r, %
1	2	3	4	5	6	7	8
00°	1,756	474	777	0,610	19,3	0,126	0,518
	1,77	480	788	0,609	18,7	0,124	0,534
	1,762	477	786	0,607	18,4	0,123	0,646

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8
45°	1,774	476	765	0,622	16,0	-	0,904
	1,779	473	759	0,623	19,5	0,138	0,976
	1,774	474	762	0,622	19,6	0,136	1,154
90°	1,787	507	801	0,633	не опред.	-	0,658
	1,779	506	798	0,634	15,7	-	0,682
	1,785	504	795	0,634	15,2	-	0,546

1.3 Анализ научных работ по вопросу сварки двухфазных сталей

«Стали повышенной прочности (СПП) являются одними из наиболее прочных материалов, применяемых для снижения веса автомобилей нового поколения. Развитие технологий привело к возникновению различных классов СПП, которые обладают определенными преимуществами перед обычными низкоуглеродистыми сталями. СПП обладают большей прочностью, в результате чего появляется возможность уменьшения толщины деталей»[6]. «Требуемые механические свойства достигаются при помощи легирования различными химическими элементами. В результате этого структура СПП имеет мелкозернистую ферритную матрицу с включениями твердых фаз» [1]. «Кроме того, затраты на СПП делают их конкурентоспособными и их способность к формоизменению довольно высока» [7].

«Двухфазные (DP) стали свариваются удовлетворительно всеми стандартными способами сварки, в том числе и контактной точечной сваркой, при соответствующих регулировках параметров сварки. Для сваривания наиболее ответственных и сложных деталей рекомендуется использовать СЧ-машины с активным контролем качества сварки» [8].

«Наряду с повышением прочности эти стали должны обладать высокой пластичностью, чтобы не создавать трудностей при формовании. Для обеспечения коррозионной стойкости на отдельные классы высокопрочных сталей наносятся цинковые покрытия» [9].

«В таблице 1.3 приведены типичные интервалы свариваемости при контактной сварке для сталей DP 450, 500, 600 и 780 импортного производства различной толщины листов и покрытий, определенные на основании разрушающего контроля сварной точки при испытаниях на отрыв и срез» [11].

Таблица 1.3 – Интервалы свариваемости при НЧ-контактной сварке DP-сталей импортного производства

Марка стали	Минимальный ток	Максимальный ток	Интервал свариваемости
	кА	кА	кА
DP450 (толщина= 1.65 мм покрытие Extragal)	9,8	12,2	2,4
DP500 (толщина=1,5 мм Extragal)	9,1	12,4	3,3
DP600 (толщина=1,5 мм покрытие Extragal)	8,8	11,2	2,4
DP600 (толщина=1,5 мм покрытие Galvalla)	8,4	11,0	2,6
DP780 (толщина=1,2 мм покрытие Extragal)	7,1	9,5	2,4

«При испытаниях электродов выявлено, что значительного изменения ресурса электродов при сварке оцинкованных DP сталей по сравнению с обычными покрытыми сталями не возникает»[11].

«При сваривании точечной контактной сваркой высокопрочные и стали повышенной прочности склонны к закалке ввиду высокой скорости охлаждения [10]». «Так же указанные стали имеют низкую пластичность соединений и хрупкий характер разрушения в плоскости контакта и литого ядра. Еще одной проблемой использования СПП является так называемая «чувствительность к времени выдержки под давлением без тока. Она характеризуется тремя факторами: несоответствующим напряженным состоянием сварной точки, охрупчиванием литого ядра, и неустойчивой микроструктурой. Небольшой диаметр сварной точки в сочетании с более толстыми участками увеличили степень остаточного напряжения во время испытания на отрыв. Данное напряженное состояние привело к разрушению

по стыку. Охрупчивание литого ядра, такое как пористость или холодные трещины, могут привести к развитию трещины в сварной точке. Наконец, произойдет хрупкое разрушение упрочненной микроструктуры с повышенным содержанием мартенсита [11]». «Твердый мартенсит способствует распространению трещины» [12] как это указано на рисунках 1.5-1.6. «Кроме того, быстрое охлаждение может привести к распространению пористости во внешние края сварной точки, где напряжение во время испытания на отрыв выше» [12].

«Для устранения описанных недостатков применен способ сварки с дополнительным импульсом тока, служащим для термической обработки сварной точки. Исследования показали, что применение данного способа позволило снизить твердость сварной точки и увеличить пластичность сварного соединения с одновременным обеспечением требуемой прочности соединения» [6].



Рисунок 1.5 – Трещины с поверхности сварной точки

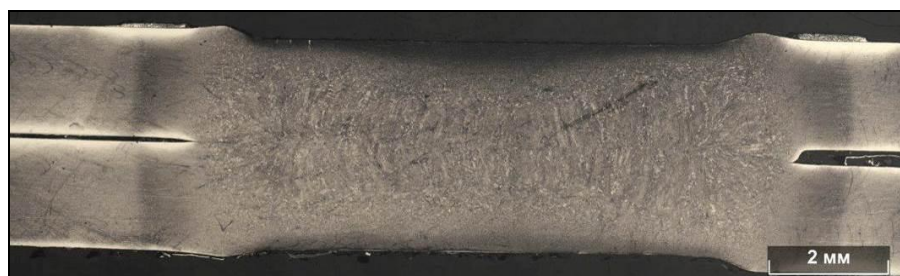


Рисунок 1.6 – Дефекты в литом ядре

1.4 Формулировка задач

Задачи выпускной квалификационной работы:

- 1) Изучение и освоение методики оценки свариваемости контактной точечной сварки двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х;
- 2) Проведение испытаний на свариваемость контактной точечной сваркой двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х. Проведение механических испытаний сварных образцов на срез и отрыв.
- 3) Анализ полученных результатов и выдача рекомендаций по повышению свариваемости контактной точечной сваркой двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х.

2 Оценка свариваемости двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х контактной точечной сваркой

2.1 Описание экспериментального оборудования

2.1.1 Оборудование для сварки

Машина контактной точечной сварки МТ-4021 УХЛ4[13], изображенная на рисунке 2.1, предназначена для точечной сварки переменным током деталей из низкоуглеродистых и легированных сталей. Технические характеристики машины контактной точечной сварки МТ-4021 УХЛ4 представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики контактной сварочной машины МТ-4021 УХЛ4

Технические характеристики	Единицы измерения	МТ-4021 УХЛ4
Напряжение питания частотой 50Гц, однофазное	В	380
Наибольшая мощность при коротком замыкании	кВА	420
Мощность при ПВ=50%	кВА	150
Наибольший вторичный ток	кА	40
Номинальный длительный ток	кА	10
Наибольшее усилие сжатия	даН	1900
Вылет	мм	500
Раствор	мм	150...300
Максимальный ход верхнего электрода	мм	100
Свариваемые толщины: — низкоуглеродистая сталь — нержавеющая сталь — титановые сплавы — алюминиевые сплавы — медные сплавы (латуни) — арматура класса А1, В1 — арматура класса А2, В3	мм	от 0,5 + 0,5 до 8,0 + 8,0 от 0,5 + 0,5 до 5,0 + 5,0 от 0,5 + 0,5 до 5,0 + 5,0 от 0,3 + 0,3 до 1,7 + 1,7 от 0,5 + 0,5 до 1,5 + 1,5 от 5,0 + 5,0 до 32 + 32 от 5 + 5 до 18 + 18
Тип регулятора		РКС-16
Регулирование сварочного тока		ступенчатое и фазовое



Рисунок 2.1 – Контактная сварочная машина МТ4021

Электроды 0821-4403. Материал электродов БрХ1Цр ТУ48-21-5050-82.

Диаметр рабочей поверхности 8 мм.

Регулятор РКС-16 [14] изображен на рисунке 2.2.

Основные технические характеристики регулятора типа РКС - 16:

- напряжение питания (380 + 5%, - 10%)В;
- потребляемая мощность не более 60ВА;
- отклонение действующего значения сварочного тока от заданного при колебаниях напряжения питающей сети от 0,9 до 1,05 номинального значения не более - +/- 3%;
- пределы регулирования выдержек времени сварочного цикла для регуляторов типов РКС - 16 и РКС - 16Ш, полупериодов сети:
- «Сжатие 1» - (2 - 254), «Сжатие 2» - (2 - 254), «Модуляция» - (0 - 99), «Нагрев 1» (СВ1) - (1 - 99), «Проковка 1» - (0 - 99), «Нагрев 2» (СВ2) - (0 - 255 , «Проковка 2» - (0 - 254), «Пауза 1» - (2 - 254), «Задержка ковки» - (0 - 254);
- диапазон задаваемых значений $\cos \varphi$ - (0, 2...0, 8).



Рисунок 2.2 – Регулятор РКС-16

Для измерения величины сварочного тока и времени сварки применяется сварочный тестер МІУАСНІММ-315В, изображенный на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Сварочный тестер МІУАСНІММ-315В

Кондуктор для позиционирования сварных образцов изображен на рисунке 2.4. Кондуктор выполнен из текстолита.



Рисунок 2.4 – Кондуктор для позиционирования сварных образцов

2.1.2 Оборудование для механических испытаний

Машина испытательная универсальная TIRAtest 2300 [15], представленная на рисунке 2.5, (далее - машина) предназначена для измерений силы и деформации образцов (деталей) из различных материалов при механических испытаниях на растяжение, сжатие, изгиб.

Технические характеристики машины испытательной универсальной TIRAtest2300 представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические характеристики машины испытательной универсальной TIRAtest 2300

Наименование параметра	Значение
1	2
Наибольшая предельная нагрузка, кН (тс)	98 (10)
Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении силы, %	$\pm 1,0$
Максимальная скорость перемещения подвижной траверсы, мм/мин: - ступень передачи G2 - ступень передачи G3	100 \pm 2 14,5 \pm 0,29
Высота рабочего пространства (без зажимного приспособления внизу), мм	1050
Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении перемещения подвижной траверсы в диапазоне от 0 до 100 мм включительно, мм	$\pm 0,10$
Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении перемещения подвижной траверсы в диапазоне от 100 до 1000 мм, %	$\pm 1,0$
Диапазон измерений деформации образцов (деталей) (измерительная головка T1/2000), мм	0-1,0

Продолжение таблицы 2.2

1	2
Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении деформации образцов (деталей) (измерительная головка Т1/2000), мм	±0,010
Габаритные размеры (высота x ширина x длина), мм, не более: - устройство нагрузки - пульт управления	900*1160*2190 1460*725*800
Масса, кг, не более: - устройство нагрузки - пульт управления	715 100
- температура окружающей среды, °С - относительная влажность воздуха, %, не более	18-25 80
- напряжение, В	220±10 %
- частота, Гц	50±2
Потребляемая мощность, кВт, не более	6,6
Срок службы, лет, не менее	15



Рисунок 2.5 - Машина испытательная универсальная TIRAtest 2300

2.1.3 Заготовительное оборудование

Кривошипные листовые ножницы (гильотинные) с наклонным ножом НК3418 изображены на рисунке 2.6 и предназначены для холодной резки листового материала с пределом прочности $\sigma_{ВР} \leq 500$ МПа (50 кгс/мм²) и с наибольшими размерами поперечного сечения 6,3 x 2000 мм.

Возможна резка неметаллических листовых материалов, исключаящих быстрое затупление режущих кромок ножей и растрескивание вырезаемой заготовки.



Рисунок 2.6 - Кривошипные листовые ножницы (гильотинные) с наклонным ножом НК3418

2.1.4 Измерительное оборудование

Для измерения геометрических параметров сварных точек применяется штангенциркуль электронный SKRAB40360, изображенный на рисунке 2.7.



Рисунок 2.7 – Штангенциркуль электронный SKRAB40360

Динамометр LBИЕТ-4030 Предназначен для измерения усилия сжатия электродов. Диапазон измерения 0-10000 Н. Погрешность измерений ± 150 Н.

2.2 Методика проведения эксперимента

2.2.1 Образцы для сварки

Для проведения оценки свариваемости согласно европейскому стандарту [16] необходимо подготовить два вида образцов. Для проведения испытаний на срез необходимо по 5 образцов для каждой серии сварки размером 50x100 мм. Для проведения испытаний на отрыв необходимо по 5 образцов для каждой серии сварки размером 50x150 мм [17].

2.2.2 Параметры режима сварки

В таблице 2.4 приведены параметры режима сварки двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х, которые устанавливаются согласно рисунку 2.9.

Таблица 2.3 - Параметры режима сварки для стали НСТ780Х

Наименование параметра режима сварки	Единицы измерения	Величина параметра режима
У1, У2, У3 – усилие предварительного сжатия, усилие сжатия, усилие проковки	кН	5,0 ± 0,15
Т1, Т2 – время сжатия	пер.	40
Т3 - Время сварки	пер.	10
Т4 - Время паузы	пер.	2
Т9 - Время выдержки	пер.	20
Т10 – Время паузы 3	пер.	60
Н1 - Количество импульсов	ед.	3

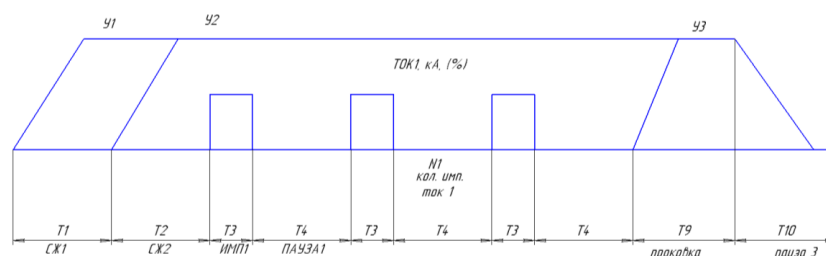
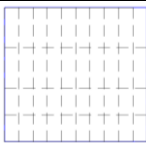
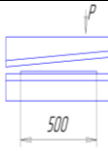
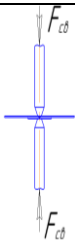
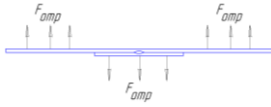



Рисунок 2.9 – Циклограмма регулятора РКС-16.

2.2.3 Последовательность действий при исследовании на свариваемость стали НСТ780Х

Согласно европейскому стандарту [16], [17] составляется последовательность действий исследования на свариваемость двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х отражена в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Последовательность действий при исследовании на свариваемость стали НСТ780Х

Операция	Эскиз	Режим	Оборудование	Технические требования
1	2	3	4	5
Разметка		2 мин.	Штангенциркуль ШЦ-1 125-0,1	Отклонение от размера не более 0,1 мм
Рубка		60 мин.	Ножницы кривошипные с наклонным ножом НК3610	Отклонение от размера не более 0,1 мм.
Сварка		У1, У2, У3= =5,0 кН Н1= 3 Т1, Т2 =40 пер Т3= 10 пер Т4= 2 пер Т9=20 пер.	Контактная точечная сварочная машина МТ-4021 Электроды БрХ1Цр, диаметр рабочей поверхности 8 мм	Соединение не должно разрушаться руками.
Механические испытания		1-3 мин/обр.	Разрывная машина TIRAtest 2300 Захваты ЗКУ-1-0,5т Приспособление для испытаний на отрыв крестовых сварных образцов.	Не допускать перекосов при установке образцов в захват.
Замер геометрических параметров сварных точек		1 мин/обр.	Штангенциркуль электронный SKRAB40360	Выполнять два замера, по вертикали и горизонтали.
Анализ полученных результатов	-	40 мин.	Персональный компьютер	
Заполнение протокола о свариваемости образцов.	-	60 мин.	Персональный компьютер	

2.3 Результаты эксперимента

В ходе эксперимента были получены результаты оценки прочности сварных точек на срез и отрыв для различных диаметров сварной точки в диапазоне сварочного тока от 10,7 кА – до 12,2 кА. Первичные результаты эксперимента представлены в таблице 2.5, таблице 2.6. Построены зависимости: диаметра сварной точки от величины сварочного тока и фактический диапазон величины сварочного тока – рисунок 2.9; величины усилия отрыва при увеличении диаметра сварной точки – рисунок 2.10; величины усилия среза при увеличении диаметра сварной точки – рисунок 2.11.

Таблица 2.5 – Результаты механических испытаний на отрыв сварных образцов из двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х.

Среднее значение величины сварочного тока, кА	Среднее значение диаметра сварной точки, мм	Среднее значение величины усилия разрушения, даН	Значение величины сварочного тока, %	Средний диаметр литого ядра сварной точки, мм												Величина усилия разрушения, даН		
				1				2				3				1	2	3
				С полным вырывом литого ядра	Без вырыва литого ядра	С частичным вырывом литого ядра	Выплеск	С полным вырывом литого ядра	Без вырыва литого ядра	С частичным вырывом литого ядра	Выплеск	С полным вырывом литого ядра	Без вырыва литого ядра	С частичным вырывом литого ядра	Выплеск	F	F	F
10,6	5,97	794	81	6,40				6,60				4,90				824,8	839,2	718
10,7	6,27	829	82	6,40				5,90				6,50				822,8	861,4	804
10,8	6,33	813	84	5,00				6,70				7,30				688	876,9	874
10,9	6,33	794	85			6,00				5,90		7,10				717,3	767,6	896
11,0	6,77	822	86			6,10		7,10				7,10				655,5	856	955
11,1	6,27	459	87	6,20		6,20		6,30		6,30		6,30		6,30		363,5	391,7	621
11,4	7,80	928	88	7,50			7,50	7,80				8,10		8,10		935,2	891,1	957
11,6	8,17	907	90	8,00			8,00	8,10			8,10	8,40		8,40		899,5	912,8	910
11,8	8,08	980	92	7,80				8,1			8,1	8,2		8,2		1042	916,1	981
11,9	8,40	970	93	8,4			8,4	8,4			8,4	8,4		8,4		938,8	962,7	1008
12,0	8,50	970	94	8,5			8,5	8,5			8,5	8,5		8,5		955,5	975,9	978
12,2	8,63	883	95	8,5			8,5	8,7			8,7	8,7		8,7		870,4	868,4	910

Примечание: $F_{\min} = 776$ даН – минимально допустимое усилие среза;
 $D_{\min} = 5,7$ мм – минимально допустимый диаметр сварной точки

Таблица 2.6 – Результаты механических испытаний на срез сварных образцов из двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х.

Среднее значение величины сварочного тока, кА	Среднее значение диаметра сварной точки, мм	Среднее значение величины усилия разрушения, даН	Значение величины сварочного тока, %	Средний диаметр литого ядра сварной точки, мм												Величина усилия разрушения, даН					
				1				2				3				1	2	3			
				С полным вырывом литого ядра	Без вырыва литого ядра	С частичным вырывом литого ядра	Выплеск	С полным вырывом литого ядра	Без вырыва литого ядра	С частичным вырывом литого ядра	Выплеск	С полным вырывом литого ядра	Без вырыва литого ядра	С частичным вырывом литого ядра	Выплеск	F	F	F			
10,4	5,80	889	80		5,80					5,80					5,80				853	871	943
10,6	6,00	1753	81		6,00					5,90					6,10				1590	1779	1890,3
10,7	5,83	1081	83		5,80					6,00					5,70				841,8	1113,6	1286,2
10,9	6,13	1184	84		6,30					5,80					6,30				1002,5	1246,8	1304,1
11,0	6,63	2246	85		6,50					6,40					7,00				1993,5	2231,3	2512,4
11,1	6,28	2758	87		6,90					5,60		5,60			7,00				2686,3	2774,1	2814,2
11,2	6,87	2683	86		6,90					6,80					6,90				2656	2687,9	2705,3
11,4	7,76	2925	88		7,60		7,60			7,60		7,60			8,40				2905,9	2916,8	2951,6
11,5	8,23	3102	89		7,80					8,10					8,50		8,50		2960,6	3098,9	3247,8
11,7	7,77	3208	90	7,80			7,80			7,90		7,90	7,60				7,60		3149,7	3228,8	3246,1
11,8	8,10	3191	93		8		8			8,3		8,3	8				8		3138,2	3163,6	3270
12,0	8,27	3283	94		8,1		8,1			8,3		8,3			8,4		8,4		3258,8	3271,7	3319,5
12,3	8,37	3251	95		8,2		8,2	8,9				8,9	8				8		3163,3	3276,2	3314

Примечание: $F_{\min} = 1658$ даН – минимально допустимое усилие среза;
 $D_{\min} = 5,7$ мм – минимально допустимый диаметр сварной точки

Таблица 2.7 - Диаметр сварной точки и величина сварочного тока для стали НСТ780Х

Испытание на отрыв				Испытание на срез			
D_{\min} , мм	I_{\min} , кА	D_{\max} , мм	I_{\max} , кА	D_{\min} , мм	I_{\min} , кА	D_{\max} , мм	I_{\max} , кА
6,27	10,7	8,63	12,2	6,63	11,2	8,9	12,3

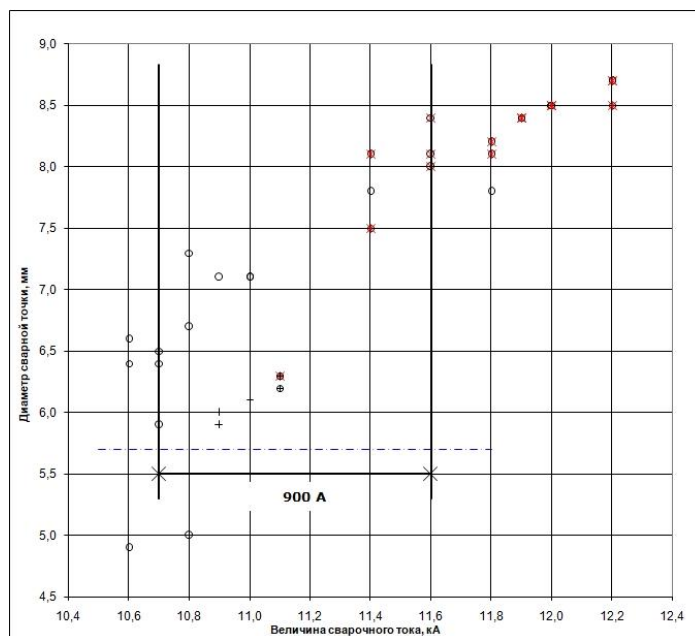


Рисунок 2.10 – Зависимость диаметра ядра сварной точки от величины сварочного тока. Диапазон свариваемости

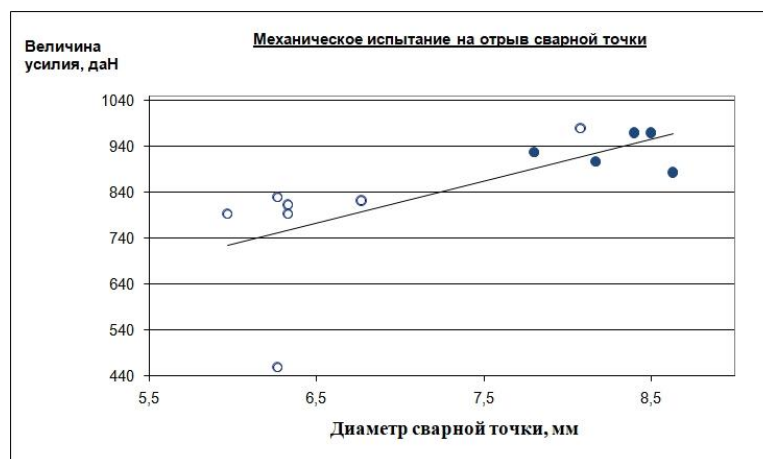


Рисунок 2.11 – Зависимость величины усилия отрыва от диаметра ядра сварной точки

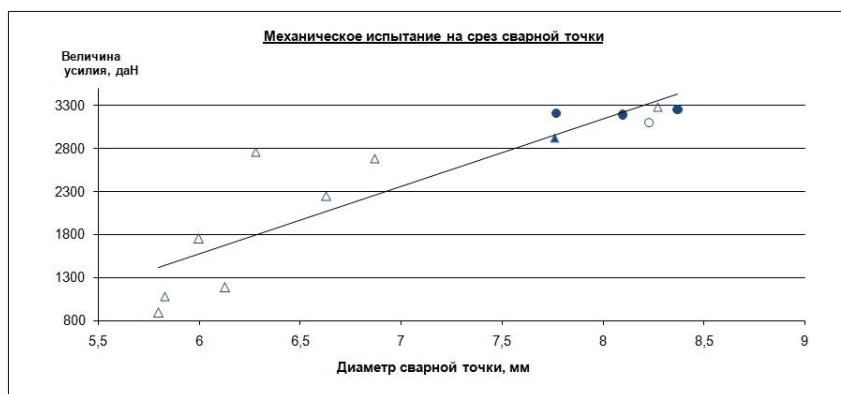


Рисунок 2.12 –Зависимость величины усилия среза от диаметра ядра сварной точки

Таблица 2.8 – Металлография сварных точек

Параметр	Требования НД	Фактические значения
1	2	3
Размеры литого ядра	По EN 18278-2: Для листов толщиной 1,8 мм – $D_{\min} = 5,7$ мм	(диаметр × высота) Точка 6-1: 6,1 мм х 6,3 мм Точка 6-2: 6,1 мм х 6,5 мм. Точка 6-3: 5,8 мм х 6,8 мм
Дефекты точек сварки	-	Точка 6-1: Трещины с поверхности глубиной 1 сторона – до ≈0,6 мм, 2 сторона – до ≈0,18 мм. Точка 6-2: Трещины с поверхности, частично заполненные цинком и медью, глубиной 1 сторона – до ≈0,04 мм, 2 сторона – до ≈0,03 мм. Точка 6-3: Трещины с поверхности, частично заполненные цинком и медью, глубиной, 1 сторона – до ≈0,55 мм, 2 сторона – до ≈0,25 мм.
Микроструктура	-	Точки 6-1, 2-2, 6-3: Основной металл – феррит, мартенсит. ЗТВ - бейнит, мартенсит. Литое ядро – бейнит, мартенсит.

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3
Твердость точки 20-1, HV1	-	Схема расположения точек замеров точки 6-1 Зона I: т.1 - 396; т.2 - 411; т.3 - 382. Зона II: т.1 - 390; т.2 - 381; т.3 - 392. Зона III: т.1 - 407; т.2 - 411; т.3 - 411. Зона IV: т.1 - 363; т.2 - 386; т.3 - 407.

Макроструктура сварных точек представлена на рисунках 2.13 - 2.15.



Рисунок 2.13 – Макроструктура сварной точки 6-1



Рисунок 2.14 – Макроструктура сварной точки 6-2



Рисунок 2.15 – Макроструктура сварной точки 6-3

В ходе исследования установлены три характерных типа разрушения. без вырыва литого ядра сварной точки - рисунок 2.16; с частичным вырывом литого ядра сварной точки – рисунок 2.17; с полным вырывом литого ядра сварной точки – рисунок 2.18.



Рисунок 2.16 - Сварной образец после испытаний на срез



Рисунок 2.17 – Сварной образец после испытаний на отрыв с частичным разрушением литого ядра



Рисунок 2.18 – Сварной образец после испытаний на отрыв с полным отрывом литого ядра и выплеском

С целью проведения анализа и изучения особенностей технологической свариваемости AHSS сталей по сравнению с обычными конструкционными HSS сталями проводилась оценка свариваемости холоднокатаного проката из стали марки DC04 поставки ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Плавка №201880, партия №2459. Данная сталь была поставлена в листах 500x500 мм, толщиной 1,45 мм.

Расшифровка стали: D – плоский прокат для холодного деформирования; C – способ производства, холоднокатаный прокат; 04 классификация марки стали в соответствии с пригодностью для холодного деформирования.

Сталь покрыта масляным покрытием QuakerFerrocoatN6310. Данная сталь имеет ферритную структуру, представленную на рисунках 2.16 - 2.17.

Химический состав, параметры механических испытаний и механические характеристики стали DC04 приведены в таблицах 2.18-2.20.

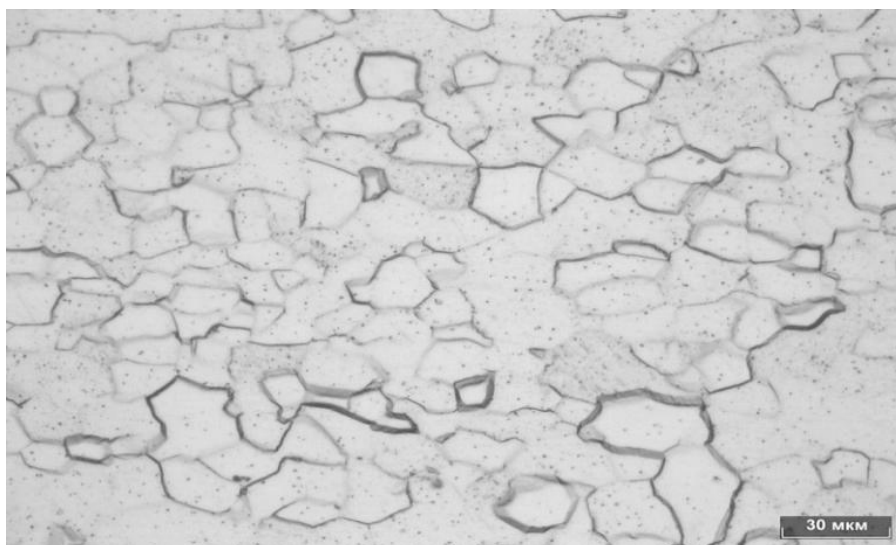


Рисунок 2.17 – Микроструктура стали DC04 при 500-кратном увеличении

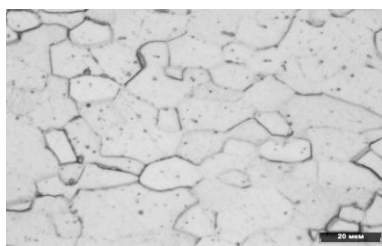


Рисунок 2.18 – Микроструктура стали DC04 при 1000-кратном увеличении

Таблица 2.9 - Химический состав стали DC04 В процентах

Элемент	C	Mn	Si	P	S	Al	Nb	Ti	V	Ni	B	Cr	Mo	Cu	C _{eq}
Содержание	0,004	0,143	0,013	0,006	0,007	0,05	0,038	0,035	0,002	0,007	отс.	0,024	0,004	0,019	0,030

Примечание: $C_{eq} = C + (Mn + Si) / 6$ Свариваемость материала считается хорошей при $C_{eq} \leq 0,25$, удовлетворительной при $C_{eq} = 0,25-0,45$ и неудовлетворительной при $C_{eq} > 0,45$.

Таблица 2.10 - Испытания на растяжение образцов из стали DC04

Тип образца	1,8x20
Начальная расчетная длина образца (мм)	80
Скорость деформации в упругой области, МПа/с	30
Скорость деформации в пластичной области, 1/с	0,006
Диапазон удлинения для расчета n, %	10-Ag
Удлинение для расчета r, %	Ag
Толщина листа используемая для расчета, мм	1,77

Таблица 2.11 - Механические свойства стали DC04

Направление испытания	Толщина, мм	σ_r , (Мпа)	σ_0 , (Мпа)	σ_r/σ_0	ε , %	n,%	r, %
00°	1,45	151	308	0,49	43,3	0,230	1,826
45°	1,45	156	304	0,51	45,3	0,223	2,320
90°	1,45	161	308	0,52	44,2	0,228	2,710

Таблица 2.12 – Результаты механических испытаний на отрыв сварных образцов из холоднокатаного проката DC04

Среднее значение величины сварочного тока, кА	Среднее значение диаметра сварной точки, мм	Среднее значение величины усилия разрушения, даН	Значение величины сварочного тока, %	Средний диаметр литого ядра сварной точки, мм												Величина усилия разрушения, даН			
				1				2				3				1	2	3	
				С полным вырывом литого ядра	Без вырыва литого ядра	С частичным вырывом литого ядра	Выплеск	С полным вырывом литого ядра	Без вырыва литого ядра	С частичным вырывом литого ядра	Выплеск	С полным вырывом литого ядра	Без вырыва литого ядра	С частичным вырывом литого ядра	Выплеск	F	F	F	
10,8	5,23	618	83	5,5				5,3					4,9				616	616	621
10,9	5,13	632	84	5,2				5,2					5				587,5	643	666
11,0	5,60	644	85	5,7				5,5					5,6				614,1	634	683
11,2	5,73	661	86	5,7				5,8					5,7				647	657	679
11,3	5,77	682	87	5,6				5,8					5,9				680,3	681	683
11,5	6,30	759	89	6,1				6,5					6,3				734,3	769	773
11,6	6,57	788	90	6,5				6,6					6,6				777,1	780	806
11,7	6,97	825	91	7,2				6,6					7,1				815,9	819	840
11,9	7,60	875	92	7,7				7,7					7,4				833,2	893	900
12,1	8,30	891	94	8,4				8					8,5				843,2	890	940
12,2	8,50	876	95	8,5				8,4					8,6				813,3	899	916
12,4	8,70	866	86	8,6				8,7					8,8				828,1	844	926
12,5	8,67	882	97	8,7				8,8					8,5				817,2	872	957
12,6	9,17	862	98	8,8				9,4					9,3				827,8	857	902
12,7	9,05	884	88	9,2				9					9		9		871,9	890	890
13,0	8,34	851	90	8		8		9,3					8,2		8,2		835	848	869
13,2	7,90	816	92	7,9		7,9		7,8			7,8		8		8		808,6	818	821
13,4	8,00	809	93	8,2		8,2		7,9			7,9		7,9		7,9		769,9	774	883

Примечание: F_{min} = 561 даН – минимально допустимое усилие среза; D_{min} = 5,12 мм – минимально допустимый диаметр сварной точки

Таблица 2.13 Результаты механических испытаний на срез сварных образцов из холоднокатаного проката DC04

Среднее значение величины сварочного тока, кА	Среднее значение диаметра сварной точки, мм	Среднее значение величины усилия разрушения, даН	Значение величины сварочного тока, %	Характер разрушения сварной точки												Величина усилия разрушения, даН		
				1				2				3				1	2	3
				С полным вырывом литого ядра	Без вырыва литого ядра	С частичным вырывом литого ядра	Выплеск	С полным вырывом литого ядра	Без вырыва литого ядра	С частичным вырывом литого ядра	Выплеск	С полным вырывом литого ядра	Без вырыва литого ядра	С частичным вырывом литого ядра	Выплеск	F	F	F
10,7	5,40	906	82	5,5				5,3				5,4				896	903,8	918,6
10,9	5,03	975	83	4,8				5,5				4,8				970,2	975	978,7
11,0	5,57	1005	85	5,5				5,4				5,8				991,5	1008,3	1014,8
11,3	5,70	1039	87	5,7				5,6				5,8				1028,1	1033,8	1056,3
11,4	8,03	1151	87	8,2				7,9				8				1147,3	1150,9	1155,7
12,4	7,67	1161	86	7,6				7,7				7,7				1149,9	1163,5	1169,9
12,6	7,60	1178	88	7,6				7,5				7,7				1175,5	1176,9	1181,8
12,7	7,56	1154	89	7,6			7,6	7,4			7,4	7,8				1146,8	1153,4	1161,8
12,8	7,70	1150	89	7,5			7,5	8			8	7,6		7,6		1142	1150,9	1158
12,9	7,53	1140	90	7,5			7,5	7,7			7,7	7,4		7,4		1116,2	1136,3	1168,8
13,1	7,27	1140	91	7,1			7,1	7,4			7,4	7,3		7,3		1138,5	1140,8	1142
13,2	7,13	1146	92	7,3			7,3	7,1			7,1	7		7		1143,9	1145,3	1148,8
13,4	7,43	1186	93	7,5			7,5	7,3			7,3	7,5		7,5		1181,1	1181,5	1196

Примечание: F_{min} = 664 даН – минимально допустимое усилие среза; D_{min} = 5,12 мм – минимально допустимый диаметр сварной точки

Таблица 2.14 - Диаметр сварной точки и величина сварочного тока для стали DC04

Испытание на отрыв				Испытание на срез			
D_{\min} , мм	I_{\min} , кА	D_{\max} , мм	I_{\max} , кА	D_{\min} , мм	I_{\min} , кА	D_{\max} , мм	I_{\max} , кА
5,3	10,8	9,4	13,08	5,3	10,7	8,3	12,7

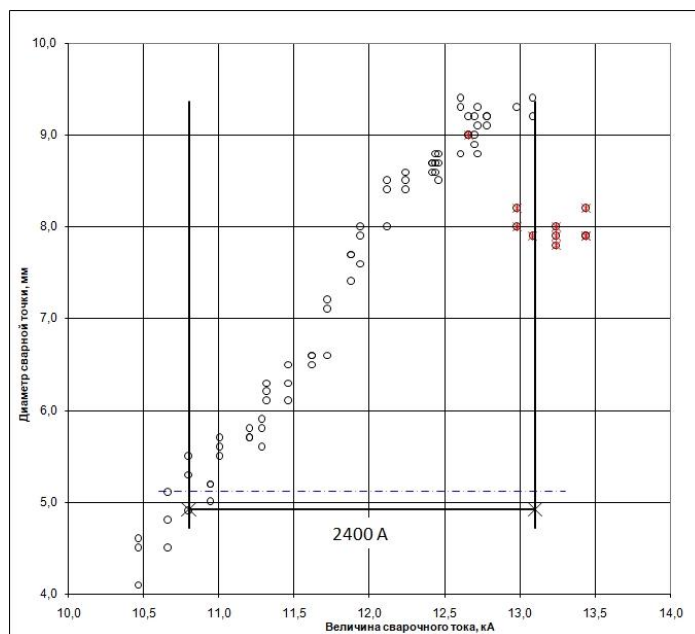


Рисунок 2.19 – Зависимость диаметра ядра сварной точки от величины сварочного тока. Диапазон свариваемости.

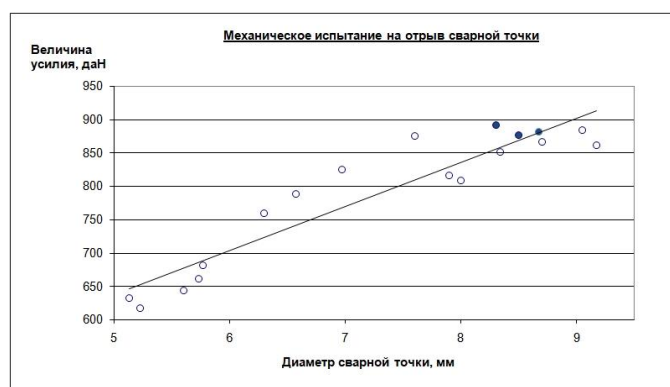


Рисунок 2.20 – Зависимость величины усилия отрыва от диаметра ядра сварной точки

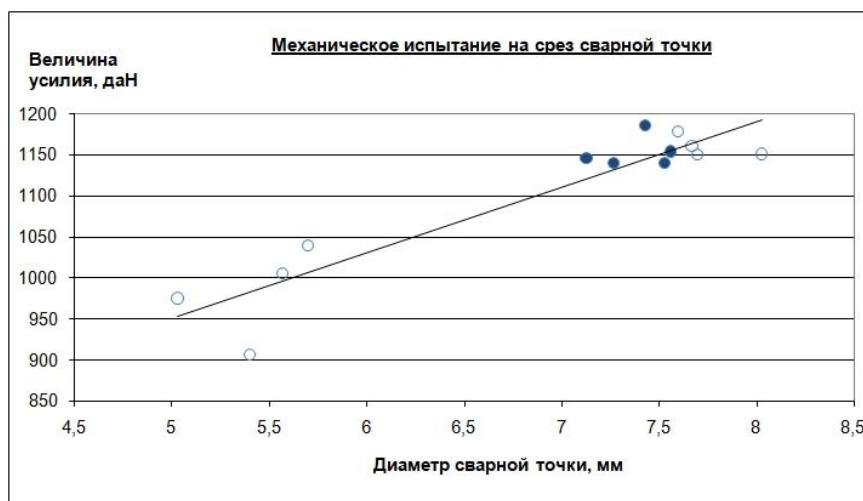


Рисунок 2.21 – Зависимость величины усилия среза от диаметра ядра сварной точки

В результате лабораторных исследований сравнительной оценки технологической свариваемости холоднокатаного проката DC04 по методике оценки свариваемости [18] диапазон свариваемости образцов на отрыв до появления первых выплесков составляет 10,8 – 13,2 кА. С целью оценки влияния выплесков на диаметр сварной точки исследование было продолжено. С учетом выше изложенного диапазон свариваемости стали DC04 составляет 10,-13,4 кА (2600 А). Наличие выплеска приводит к снижению величины диаметра сварной точки, но все же остается выше минимально допустимого значения.

2.4 Заключение по разделу

В результате лабораторных исследований технологической свариваемости горячеоцинкованного проката из двухфазной высокопрочной стали марки НСТ780Х по методике оценки свариваемости [18] диапазон свариваемости до появления стабильного выплеска составляет 10,7 – 11,6 кА (900 А). По указанной методике свариваемость является условно удовлетворительной. С целью оценки влияния выплесков на диаметр литого ядра и прочность сварной точки исследование было продолжено. С учетом

выше изложенного, диапазон свариваемости стали НСТ780Х составляет 10,7-12,2 кА,(1500А). При увеличении сварочного до 12,2 кА диаметр литого ядра и прочность сварной точки соответствуют минимально допустимым значениям. В середине диапазона свариваемости отмечена не стабильность процесса сварки. Установлено, что при сварочном токе 11,1 кА величина усилия отрыва составляет 3,6-6,2 кН, что не удовлетворяет минимально допустимому значению усилия отрыва 7,8 кН. Для анализа причины проведены металлографические исследования сварных точек. Результаты металлографии указаны в таблице 2.8. На рисунках 2.22 – 2.24 отчетливо видны такие дефекты как непровар, трещины с поверхности, трещины в зоне термического влияния, а так же раковина и пора.

Для устранения данных дефектов рекомендуется проводить сварку двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х на более «мягких» режимах указанных в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Предлагаемые параметры режима сварки

Наименование параметра режима сварки	Единицы измерения	Величина
У1, У2 Усилие сжатия, кН	кН	4,5 ± 0,15
T1, T2 – Время сжатия	пер.	40
T3 - Время сварки, пер.	пер.	20
T4 - Время паузы, пер.	пер.	2
T9 - Время выдержки, пер.	пер.	15
T10 – Время паузы 3, пер.	пер.	60
H1 – Количество импульсов, ед.	ед.	3

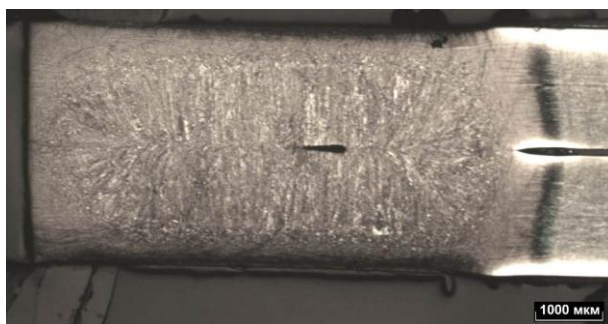


Рисунок 2.22 – Дефекты в литом ядре



Рисунок 2.23 – Трещины с поверхности сварной точки. Трещины в зоне термического влияния

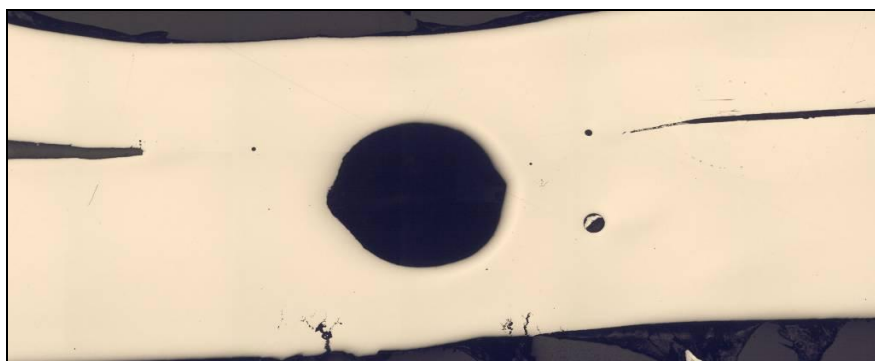


Рисунок 2.24 – Раковина и поры

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

3.1.1 «Технический объект выпускной квалификационной работы (технологический процесс, технологическая операция, производственно-технологическое или инженерно-техническое оборудование, техническое устройство, конструкционный материал, материальное вещество, технологическая оснастка, расходный материал) характеризуется прилагаемым технологическим паспортом в таблице 3.1» [19].

Таблица 3.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	2	3	4	5
Подготовка образцов под сварку	разметка; рубка	Наладчик технологического оборудования	штангенциркуль ШЦ-I 125-0,1; ножницы кривошипные с наклонным ножом НК3610	сталь
Сварка образцов точечной контактной сваркой	сборка; сварка	Сварщик на машинах контактной сварки	кондуктор; контактная точечная сварочная машина МТ-4021; электроды БрХ1Цр диаметр рабочей поверхности 8 мм	сталь, текстолит

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5
Механические испытания	испытание образцов на срез; испытание образцов на отрыв	Инженер-исследователь	разрывная машина TIRAtest 2300; захваты ЗКУ-1-0,5т; приспособление для испытаний на отрыв крестовых сварных образцов	сталь
Замер геометрических параметров сварных точек	замер геометрических параметров сварных точек	Инженер-исследователь	штангенциркуль электронный SKRAB40360	сталь
Анализ полученных результатов	анализ полученных результатов	Инженер-исследователь	персональный компьютер	сталь
Заполнение протокола о свариваемости образцов	заполнение протокола о свариваемости образцов	Инженер-исследователь	персональный компьютер	сталь

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Результаты идентификации профессиональных рисков приводятся в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков.

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного воздействия
1	2	3
Рубка	Подвижные части производственного оборудования; неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	Ножницы кривошипные с наклонным ножом НК3610

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
Точечная контактная сварка	Подвижные части производственного оборудования; электромагнитные поля промышленной частоты (50-60 Гц); Разлетающиеся жидкие объекты, наносящие удар по телу работающего; Чрезмерно высокая температура материальных объектов, могущих вызвать ожоги	Контактная точечная сварочная машина МТ-4021
Испытание образцов на срез и отрыв	Стереотипные рабочие движения; Монотонность труда Подвижные части производственного оборудования; Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	Разрывная машина TIRAtest2300; Захваты ЗКУ-1-0,5т; Приспособление для испытаний на отрыв крестовых сварных образцов
Анализ полученных результатов	Умственное перенапряжение; Монотонность труда; неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	Персональный компьютер
Заполнение протокола о свариваемости образцов	Умственное перенапряжение; Монотонность труда	Персональный компьютер

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Необходимо подобрать и обосновать эффективность и достаточность используемых в проекте выпускной квалификационной работы (дополнительных или альтернативных) организационно-технических методов и технических средств (способов, технических устройств) защиты, частичного снижения или полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора. Организационно-технические методы и средства защиты выбираются с учетом действующих на данный момент времени требований нормативных документов (прил. В), в зависимости от типа реализуемого технологического процесса, используемого состава

производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, применяемых (дополнительных, альтернативных) технических средств частичного ослабления или полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора, а также используемых для этих же целей средств индивидуальной защиты работника (прил. Г), при необходимости). Результаты проведенной работы представляются в виде сводной таблицы 3.3» [19].

Таблица 3.3 – Организационно-технические методы и технические средства устранения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
Подвижные части производственного оборудования	Ограждения, защитные экраны	Спецодежда, ботинки с усиленным носком
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	Ограждения, защитные экраны	Перчатки хлопчатобумажные, ботинки с усиленным носком
Электромагнитные поля промышленной частоты (50-60 Гц)	Ограничение времени пребывания рабочего под воздействием электромагнитных полей ; Защитные экраны	Экранирующие костюмы
Разлетающиеся жидкие объекты, наносящие удар по телу работающего	Защитные экраны	Щиток сварщика, спецодежда, фартук сварщика, рукавицы
Стереотипные рабочие движения	Ежечасный 5-ти минутный перерыв	
Монотонность труда	Ежечасный 5-ти минутный перерыв	
Умственное перенапряжение	Ежечасный 5-ти минутный перерыв	

3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

«Проводится идентификация потенциальных источников возникновения пожара и выявленных опасных факторов пожара, определение класса пожара с последующей разработкой модифицированных или альтернативных технических средств и/или организационных методов по обеспечению (улучшению) пожарной безопасности технического объекта (производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, произведенной продукции, используемых сырьевых материалов, применяемых в составе заданного технического объекта – транспортного средства, энергетической установки, строительных объектов и т. д.). При этом должны быть указаны реализующиеся пожаробезопасностные характеристики (как уже применяемых, так и предлагаемых дополнительных или альтернативных технических приемов и устройств) в составе заданных технических объектов, в процессах их последующей технической эксплуатации (включая процессы их хранения, а также конечную утилизацию по завершении жизненного цикла)» [19].

3.4.1 Идентификация опасных факторов пожара

3.4.1.1 «Классификация пожаров по виду используемого горючего материала (вещества) – для обозначения (конкретизации) области применения технических средств пожаротушения» [19].

3.4.1.2 «Классификация пожаров по сложности их тушения, производимую при определении состава сил технического персонала и используемых технических средств в составе подразделений пожарной охраны и других технических (вспомогательных) служб, необходимых для эффективного тушения пожаров» [19].

3.4.1.3 «Классификация опасных факторов пожара, используемую при обосновании разрабатываемых (уже применяемых и дополнительных и/или

альтернативных) мер пожарной безопасности, необходимых для обеспечения эффективной защиты людей и материального имущества при пожаре» [20].

«В процессе разработки организационно-технических мероприятий, включающих обеспечение пожарной безопасности заданного технического объекта, следует учитывать, что возникающие пожары классифицируются по виду горючего материала и подразделяются на классы (А...F):

- а) пожары, связанные с горением твердых горючих веществ и конструкционных материалов (А);
- б) пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В);
- в) пожары, связанные с воспламенением и горением газов (С);
- г) пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D);
- д) пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е);
- ж) пожары радиоактивных веществ материалов и радиоактивных отходов (F)» [20].

«К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и материальное имущество, относятся:

- а) пламя и искры;
- б) тепловой поток;
- в) повышенная температура окружающей среды;
- г) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- д) пониженная концентрация кислорода;
- ж) снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах)» [20].

«К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся:

- а) образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты, крупногабаритные части разрушившихся строительных зданий, инженерных

сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, агрегатов и трубопроводных систем нефте-, газо-, аммиакопроводов, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества;

б) образующиеся радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества горящего технического объекта;

в) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;

г) опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара;

д) негативные термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей»[20].

По результатам выполненной идентификации опасных факторов пожара оформляется (заполняется) таблица 3.4.

Таблица 3.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Участок заготовительной операции	Ножницы кривошипные с наклонным ножом НК3610	В; Е	А), Б)	В)
Участок сварочной операции	Контактная точечная сварочная машина МТ-4021	Е	А), Б)	В)
Участок механических испытаний	Разрывная машина ТIRAtest 2300	Е	А), Б)	В)

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3	4	5
Отдел исследования материалов	Персональный компьютер	Е	А), Б)	В)

3.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта

«Необходимо подобрать (обосновать) достаточно эффективные организационно-технические методы и технические средства для защиты от пожара. Выбор осуществляется с учетом требований действующих нормативных документов (прил. Д), типа функционирующего (модернизируемого, альтернативного) технологического процесса, используемого (предлагаемого, модернизируемого, альтернативного) оборудования, идентифицированного класса пожара, выявленных опасных факторов пожара. По данному разделу оформляется таблица 3.5»[19].

Таблица 3.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и не механизированный)	Пожарная сигнализация, связь и оповещение.
Внутренний пожарный кран; Пожарный щит; Переносные и передвижные огнетушители	Пожарные автомобили; Автоцистерны; Автопомпы; Автолестницы	Спринклерные установки пожаротушения	Автоматические установки пожарной сигнализации; Автоматические установки пожаротушения; Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре; Автоматические системы противодымной защиты	Пожарные стволы; Генераторы пены; Пожарные рукава	Комплект индивидуальный медицинский гражданской защиты; Средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения; Набор перевязочных средств противоожоговых	Ломы, топоры, багры; Гидравлический аварийно-спасательный инструмент	Система связи пожарной охраны; Извещатели; Линии связи и приемные станции

3.4.3 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Разрабатываются организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению возникновения пожара или опасных факторов, способствующих возникновению пожара.

«В соответствии с действующими нормативными документами (прил. Д) и с учетом типа и особенностей реализуемого технологического процесса, используемого в выпускной квалификационной работе производственно-технологического и инженерно-технического оборудования, выполняемого вида работ (технологических операций), а также в соответствии с действующими (перспективными) нормативными требованиями, предъявляемыми к производимой продукции в отношении соблюдения противопожарной безопасности, необходимо указать уже реализованные и разработать и предложить (при необходимости) более эффективные организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара»[19].

По результатам разработки оформляется таблица 3.6.

Таблица 3.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3
Заготовительная операция, ножницы кривошипные с наклонным ножом НКЗ610	Контроль наличия ГСМ, своевременное устранение нарушений. Соблюдение целостности изоляции на токоподводящих частях оборудования. Наличие первичных средств пожаротушения.	Отсутствие течи горюче-смазочных материалов. Отсутствие оголенных частей токоподвода

Продолжение таблицы 3.6

1	2	3
Сварочная операция, машина точечной контактной сварки МТ4021	Контроль наличия ГСМ, своевременное устранение нарушений. Соблюдение целостности изоляции на токоподводящих частях оборудования. Наличие первичных средств пожаротушения.	Отсутствие течи горюче-смазочных материалов. Отсутствие оголенных частей токоподвода
Механические испытания, разрывная машина TIRAtest2300	Контроль наличия ГСМ, своевременное устранение нарушений. Соблюдение целостности изоляции на токоподводящих частях оборудования. Наличие первичных средств пожаротушения.	Отсутствие течи горюче-смазочных материалов. Отсутствие оголенных частей токоподвода
Анализ полученных результатов и заполнение протокола о свариваемости образцов, персональный компьютер	Соблюдение целостности изоляции на токоподводящих частях оборудования. Наличие первичных средств пожаротушения.	Отсутствие оголенных частей токоподвода.

3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«Проводится идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализации производственно-технологического процесса (изготовления, транспортировки, хранения), при последующей эксплуатации спроектированного (модернизированного) технического объекта, при утилизации производственно-технологических отходов и брака и/или при конечной утилизации технического объекта, уже завершившего свой жизненный цикл. Таким образом, разрабатываются (предлагаются) конкретные организационно-технические мероприятия по потенциальному снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, производимого рассматриваемым техническим объектом как в процессе его производства, так и в процессе его технической

эксплуатации и конечной утилизации по завершении жизненного цикла» [19].

3.5.1 «Анализ негативных экологических факторов реализуемого производственно-технологического процесса (изготовления, транспортировки, хранения) и/или осуществляемой функциональной эксплуатации технического объекта с точки зрения обеспечения его экологической безопасности.

Необходимо провести идентификацию сопутствующих негативных экологических факторов, результаты которой отразить в Таблице 3.7.

При идентификации негативных экологических факторов использовать действующие (при наличии – перспективные, планируемые к введению в будущем) нормативные документы (прил. Ж)» [19].

Таблица 3.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно- технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно- технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортно- го средства и т. п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т. д.
1	2	3	4	5
Заготовительная операция	Подвод электропитания	Сброс сжатого воздуха пневматическим тормозом, с последующим отведением системой вентиляции	отсутствует	отсутствует

Продолжение таблицы 3.7

1	2	3	4	5
Сварочная операция	Подвод электро-, водоснабжение, подвод сжатого воздуха	Сброс сжатого воздуха, с последующим отведением системой вентиляции	Забор воды для охлаждения сварочных электродов, с последующим отведением	отсутствует
Механические испытания	Подвод электроснабжения	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Анализ полученных результатов	Подвод электроснабжения	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Заполнение протокола о свариваемости образцов	Подвод электроснабжения	отсутствует	отсутствует	отсутствует

3.5.2«Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемым техническим объектом, обеспечивающих соблюдение действующих требований нормативных документов»[19]

По результатам разработки мероприятий оформляется таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Технологический процесс оценки свариваемости образцов из стали НСТ780Х
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Своевременное обслуживание системы вентиляции
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Своевременное обслуживание системы водоотведения
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Негативные факторы воздействия на литосферу отсутствуют

3.6 Заключение по разделу бакалаврской выпускной квалификационной работы

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика производственно-технологического процесса оценки свариваемости точечной контактной сваркой образцов из двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х, «перечислены технологические операции, должности работников, используемое производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные вещества и материалы, комплектующие изделия и производимые изделия, указанные в таблице 3.1»[19].

Проведена идентификация возникающих профессиональных рисков по осуществляемому производственно-технологическому процессу оценки свариваемости точечной контактной сваркой образцов из стали НСТ780Х, выполняемым технологическим операциям, видам производимых основных и вспомогательных работ. В качестве опасных и вредных производственно-технологических факторов идентифицированы следующие: подвижные части производственного оборудования; неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним; электромагнитные поля промышленной частоты (50-60 Гц); разлетающиеся жидкие объекты, наносящие удар по телу работающего; чрезмерно высокая температура материальных объектов, могущих вызвать ожоги; стереотипные рабочие движения; монотонность труда; умственное перенапряжение; монотонность труда.

Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие используемые в выпускной квалификационной работе технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно: ограждения,

защитные экраны; ограничение времени пребывания рабочего под воздействием электромагнитных полей.

Подобраны конкретные, технически обоснованные средства индивидуальной защиты для работников, осуществляющих производственно-технологический процесс, указанный в таблице 3.3.

Разработаны организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара с разработкой дополнительных (альтернативных) технических средств и организационных мер по обеспечению пожарной безопасности, указанных в таблице 3.4. Разработанные технические средства и организационные меры по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблице 3.6. Разработанные организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта удовлетворяют действующим (перспективным) нормативным требованиям, указанным в таблице 3.6.

Идентифицированы негативные экологические факторы, связанные с реализацией производственно-технологического процесса (изготовления, транспортировки, хранения, эксплуатации – таблица 3.7), и разработаны соответствующие организационно-технические мероприятия по обеспечению экологической безопасности на заданном техническом объекте, указанным в таблице 3.8 согласно действующим (перспективным) требованиям нормативных документов.

Производственно-технологический процесс оценки свариваемости точечной контактной сваркой образцов из двухфазной высокопрочной стали соответствует требуемым нормативным документам.

4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

В результате проведения выпускной квалификационной работы научно-исследовательского направления большое значение уделялось как разработке методики исследования, так и определения последовательности выполнения отдельных этапов. В выпускной квалификационной работе присуща строго определённая последовательность выполнения различного рода действий на протяжении всего процесса исследования. Поэтому выполнение выпускной квалификационной работы проводится по очерёдности и, по возможности смещая и группируя в более крупные по своей величине и значимости части – этапы и стадии исследовательской работы.

Таблица 4.1– Перечень событий и работ по выполнению НИР В днях

№ событий	Наименование работ и событий	Шифр работ	Продолжительность работ
0.	Решение о выполнении научно-исследовательской работы принято.		
1.	Составление (получение) задания на НИР.	0-1	11
2.	Анализ состояния вопроса, литературный поиск.	0-2	28
3.	Изучение сущности сварки двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х.	2-3	10,8
4.	Выбор необходимого оборудования.	3-4	16,4
5.	Составление методики оценки свариваемости двухфазной высокопрочной стали.	4-5	16,4
6.	Подбор режимов сварки.	4-6	3,2
7.	Изготовление образцов для оценки свариваемости	5-7	4,6
8.	Сварка опытных образцов из стали НСТ780Х.	7-8	7
9.	Проведение механических испытаний на срез и отрыв сварных образцов.	8-9	9,6
10.	Сравнительный анализ полученной информации.	8-10	11,6
11.	Оформление результатов исследования.	10-11	11,6
12.	Оформление конструкторской технологической документации.	11-12	15,6
13.	Определение возможности использования результатов исследований в дальнейших разработках.	12-13	4
14.	Написание отчёта (пояснительной записки) к дипломному проекту.	12-14	22,8

4.1 Определение трудоёмкости и длительности цикла выполнения научно-исследовательской работы (НИР)

В настоящее время трудоёмкость проведения научно-исследовательской работы (НИР) в большинстве случаев определяется экспериментальным путём или по эмпирическим формулам, полученным и выведенным в результате проведения эксперимента. Основой такого метода определения трудоёмкости является то, что трудоёмкость (НИР) представляется как функция от длительности цикла её проведения и количества участников. Определение трудоёмкости работ производится по формулам указанным в методике [21] и приводится в приложении А.

В нашем случае ожидаемая трудоёмкость выполнения всего комплекса научно-исследовательских работ составляет 183,6 человеко-дней и длительность цикла выполнения проекта с учётом численности исполнителей составляет 156,4 дней.

4.2 Расчёт сроков свершения событий

Расчет ранних сроков свершения событий производится по формулам указанным в методике [21]. По результатам расчета построен сетевой график до оптимизации (рисунок 4.1) и после оптимизации сроков свершения событий (рисунок 4.2).

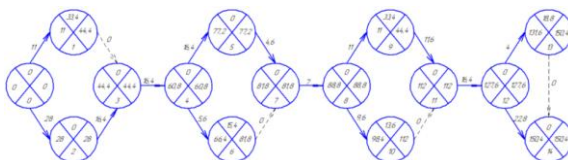


Рисунок 4.1 – Сетевой график до оптимизации сроков свершения события

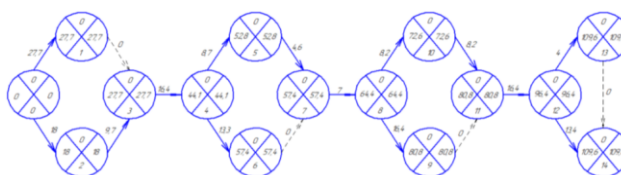


Рисунок 4.2 – Сетевой график после оптимизации сроков свершения события

4.3 Определение состава и фонда заработной платы

Состав исполнителей по каждой теме проекта определяется штатным расписанием, в котором одновременно рассматривается и фонд заработной платы исполнителей. Определение состава и фонда заработной платы осуществляется по формулам указанным в методике [21]. На основании расчета заполняется таблица 4.2

Таблица 4.2– Штатное расписание исполнителей и расчёт фонда заработной платы

Наименование должностей	Численность (чел.)	Месячный оклад (руб.)	Средняя дневная ставка, руб.	Количество отработанных дней	Сумма заработной платы, руб.
Руководитель ВКР	1	32000	1230,77	5,5	6769,23
Главный специалист	1	30000	1363,63	5,5	7500
Студент	1	4500	173,07	145,4	25165,38
Итого					39434,61

4.4 Определение затрат на НИР

Затраты на проведение НИР в нашем случае состоят из текущих затрат на проведение исследования $C_{НИР}$. Затраты на проведение НИР рассчитываются по формулам (8) – (11) указанным в методике [21]. На основании расчета оформляется таблица 4.3.

$$C_{НИР} = 39434,61 + 15261,19 + 1335,18 + 808,72 + 31,35 + 298,58 = 57169,63 \text{ руб.}$$

Таблица 4.3 – Смета затрат на проведение НИР

В рублях

Наименование статей затрат	Сумма	Доля, в общем объеме затрат, %
Основная производственная заработная плата	39434,61	69,65
Начисления социальному страхованию	15261,19	26,95
Затраты на основные и вспомогательные материалы	2143,9	3,36
Затраты на электроэнергию	12,87	0,04
Общие затраты на НИР	56615,46	100

4.5 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов по технологическому процессу сварки

Исходные данные для экономического обоснования приведены в приложении 1.

Штучное время на выполнение операции сварки рассчитывается по формулам указанным в методике [21]. На основании расчета приводится таблица 4.4.

Таблица 4.4– Структура штучного времени по операции сварки В секундах

Наименование показателей	Условные обозначения	Операция сварки	
		Базовый вариант	Проектный вариант
Подготовительно-заключительное время	$t_{п-з}$	1,01	1,15
Основное (машинное) время	t_o	201,44	230,84
Вспомогательное время	t_b	20,14	23,08
Время на отдых и личные потребности	$t_{отл}$	10,07	11,54
Время на обслуживании оборудования	$t_{обсл}$	16,11	18,47
Время неустраняемых перерывов	$t_{н.п.}$	2,01	2,3
Штучное время на выполнение операции	$t_{шт}$	250,78	287,35

Исходя из того, что холоднокатаный прокат стали DC04 в действующем производстве для изготовления ответственных деталей не

применяется, в дальнейших расчетах не учитывается. Расчет производится по прокату стали НСТ780Х.

4.6 Капитальные вложения в оборудование

4.6.1 Общие капитальные вложения в оборудование

Расчет общих капитальных вложений выполняется по формулам указанным в методике [21]. На основании расчета заполняются таблица 4.5 и таблица 4.6.

Таблица 4.5 – Расчет необходимого количества оборудования и коэффициентов загрузки

Наименование показателей	Условные обозначения	Операция сварки	
		Базовый вариант	Проектный вариант
Расчетное количество оборудования, шт	$n_{об. расч.}$	2,8	3,2
Принятое количество оборудования, шт	$n_{об. прин.}$	3	4
Коэффициент загрузки оборудования	k_3	0,93	0,8

Таблица 4.6 – Расчет капитальных вложений в оборудование В рублях

Наименование показателей	Условные обозначения	Операция сварки	
		Базовый вариант	Проектный вариант
Прямые капитальные вложения	$K_{пр}$	1496835	1716800
Сопутствующие капитальные вложения	$K_{соп}$	-	110504
Дополнительные капитальные вложения	$K_{доп}$	-	387084,46
Общие капитальные вложения	$K_{общ}$	1496835	1883919,46
Удельные капитальные вложения	$K_{уд}$	9,97	12,56

Капитальные вложения в проектный вариант составляют 1883919,46 руб.

4.6.2 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов

Расчет себестоимости сравниваемых вариантов выполняется по формулам указанным в методике [21]. По результатам расчетов заполняется таблица 4.7.

Таблица 4.7 – Расчет себестоимости сравниваемых вариантов В рублях

Наименование показателей	Условные обозначения	Операция сварки	
		Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на основные материалы, руб.	$Z_{\text{осн}}$	294	
Затраты на вспомогательные материалы, руб.	$Z_{\text{всп}}$	10,08	
Затраты на технологическую энергию, руб.	$Z_{\text{э-э}}$	15,97	
Затраты на содержание и эксплуатацию стандартного и нестандартного оборудования, руб.	$Z_{\text{об.}}$	149,42	173,61
Затраты на амортизацию оборудования, руб.	$A_{\text{об}}$	5,42	8,30
Затраты на текущий ремонт оборудования, руб.	$P_{\text{т.р.}}$	141,02	161,75
Затраты на воду, идущую на охлаждение электродов для контактной сварки, руб.	$Z_{\text{в. тех}}$	0,13	0,14
Затраты на сжатый воздух, идущий для работы пневмоцилиндров контактной сварочной машины, руб.	$Z_{\text{сж. возд.}}$	2,85	3,42
Затраты на содержание и эксплуатацию приспособлений, руб.	$Z_{\text{присп}}$	0,0002	0,0003
Затраты на содержание и эксплуатацию рабочего инструмента, руб.	$Z_{\text{инстр}}$	0,002	0,0022
Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$Z_{\text{плоч}}$	0,03	0,05

4.6.3 Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих рассчитываются по формулам, указанным в методике [21]. На основании расчета заполняется таблица 4.8.

Таблица 4.8 – Расчет заработной платы основных производственных рабочих

Наименование показателей	Условные обозначения	Операция сварки	
		Базовый вариант	Проектный вариант
Фонд заработной платы производственных рабочих, руб.,	ФЗП	14,84	16,96
Основная заработная плата основных производственных рабочих, руб.	ЗПЛ _{осн}	13,25	15,14
Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих, руб.	ЗПЛ _{доп}	1,59	1,82
Отчисления на социальные нужды, руб.	О _{с.н.}	4,45	5,09

4.6.4 Расчет полной себестоимости

Используя формулы (53) – (59) из методического указания [22], рассчитаем технологическую, цеховую, заводскую и полную себестоимости, на основе которых представлена таблица 4.9.

Таблица 4.9– Калькуляция себестоимости изделия

В рублях

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Материалы основные	294,01	294,01
Материалы вспомогательные	10,08	10,08
Электроэнергия	15,97	15,97
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	149,42	173,61
Затраты на содержание приспособлений и инструмента	0,0022	0,0025
Затраты на содержание занимаемой под оборудование площади	0,03	0,05
Основная заработная плата	13,25	15,14
Дополнительная заработная плата	1,59	1,82
Отчисления на социальные нужды	4,45	5,09
Технологическая себестоимость	488,79	498,8
Цеховая себестоимость	511,58	524,84
Заводская себестоимость	537,68	555,18
Внепроизводственные расходы	1,61	1,66
Полная себестоимость	539,29	556,84

4.7 Расчет экономической эффективности разрабатываемого проекта

4.7.1 Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия)

$$Pr_{ож.} = \Delta_{у.г.} = \left(C_{полн.}^{баз} \cdot \frac{D_2}{D_1} - C_{полн.}^{проект} \right) \cdot N_{пр} \quad (4.1)$$

где: $C_{полн.}^{баз}$ и $C_{полн.}^{проект}$ – полная себестоимость продукции (базовая и проектная), руб;

$\frac{D_2}{D_1} = 1,3$ - коэффициент увеличения долговечности изделия.

$$Pr_{ож.} = \Delta_{у.г.} = 639,29 \cdot 1,3 - 556,84 \cdot 150000 = 21635550 \text{ руб.}$$

Чистая прибыль, ожидаемая от снижения себестоимости продукции, рассчитывается по формуле:

$$Pr_{чист} = Pr_{ож.} - Pr_{ож.} \cdot k_{нал} \quad (4.2)$$

где $k_{нал} = 0,2$ - налог на прибыль.

$$Pr_{чист} = 21635550 - 21635550 \cdot 0,2 = 17308440 \text{ руб.}$$

$$\Delta_2 = [87,48 + 0,33 \cdot 2,32] - [90,79 + 0,33 \cdot 5,03] \cdot 150000 = -603645 \text{ руб.}$$

4.7.2 Срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций)

Срок окупаемости рассчитывается по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_{общ}^{проект}}{Pr_{ож.}}, \text{ лет} \quad (4.3)$$

$$T_{ок} = \frac{18833919,46}{21635550} = 0,01 \text{ года.}$$

Принимается $T_{ок. прин} = 1$ год.

4.8 Коэффициент сравнительной экономической эффективности

Величину экономии (отдачи), полученной от затраченных на внедряемое мероприятие средств, можно определить при помощи коэффициента сравнительной экономической эффективности.

Данный коэффициент является величиной обратной сроку окупаемости капитальных вложений:

$$E_{cp} = \frac{1}{T_{ок}} = \frac{1}{1} = 1 \quad (4.4)$$

В ходе проведения оценки экономической эффективности научно-исследовательской работы установлено, что предлагаемый проектный вариант является эффективным, не смотря на увеличение полной себестоимости процесса сварки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выпускной квалификационной работы на тему «Оценка свариваемости точечной контактной сваркой двухфазной высокопрочной стали НСТ780Х» проведен анализ актуальности темы. Проведен анализ возможных причин ухудшения свариваемости двух фазных сталей и путей их устранения. Приведены данные об изделии и материале, из которого оно изготавливается. Сформулированы цель и задачи ВКР.

Подобрано оборудование для проведения оценки свариваемости. Приведены сведения о геометрических параметрах образцов для механических испытаний. Приведен режим сварки образцов. После механических испытаний и анализа полученных результатов построены сводные таблицы с величинами геометрических параметров ядра сварной точки и величинами усилия разрушения при испытаниях на срез и отрыв. Исходя из полученных результатов, построены графики зависимости диаметра литого ядра сварной точки от величины сварочного тока, зависимости величины разрушающего усилия при испытаниях на срез и отрыв от величины диаметра сварной точки. Получены результаты металлографического исследования сварных точек. Получены данные о дефектах в литом ядре сварной точки и ЗТВ. Выдано заключение о свариваемости стали НСТ780Х и величине диапазона сварочного тока. Выданы рекомендации по устранению указанных в ВКР дефектов.

Представлена конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта. Проведена идентификация профессиональных рисков. Проведен анализ методов и средств снижения профессиональных рисков. Приведены мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Приведены мероприятия по обеспечению экологической безопасности технического

объекта. Выдано заключение о безопасности и экологичности технического объекта.

Определены трудоемкость и длительность цикла выполнения научно-исследовательской работы. Произведен расчет сроков свершения события. Определен состав и фонд заработной платы. Определены затраты на НИР. Проведен сбор исходных данных для экономического обоснования сравниваемых вариантов по технологическому процессу сварки. Определены общие капитальные вложения в оборудование для выполнения заданной программы выпуска деталей. Произведен расчет полной себестоимости сварки. Произведен расчет экономической эффективности разрабатываемого проекта с приведением коэффициента сравнительной экономической эффективности.

Озвученные в начале работы задачи выполнены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Титов, В. Стальной прокат для автомобильной промышленности за рубежом /В. Титов// Национальная металлургия. - 2004. - № 5. - С. 84-89.
2. Алешин, Н.П. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2 т. /Н.П. Алешин, Г.Г. Чернышев, А. И. Акулов и др. - М. :Машиностроение, 2004. - Т. 1. - 624 с.
3. ГОСТ 15878-79. Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры [Электронный ресурс]. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006488> (дата обращения: 18.03.2019).
4. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1,2,3) [Электронный ресурс]. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004932>(дата обращения 18.03.2019).
5. BS EN 10346:2015 Continuously hot-dip coated steel flat products for cold forming — Technical delivery conditions [Электронныйресурс]. - URL: <https://ru.scribd.com/document/363097410/343599275-BS-EN-10346-2015-pdf>(датаобращения: 18.03.2019).
6. Chuko, W.L. Development of Appropriate Resistance Spot Welding Practice for Transformation-Hardened Steels/W.L. Chuko, J. E. Gould// Supplement to the Welding journal. 2002. №1, P. 1-s – 7-s.
7. Матвеев, Б.Н. Новые виды материалов и заготовок для автомобилестроения (обзор зарубежной и отечественной литературы)/ Б.Н. Матвеев // Заготовительные производства в машиностроении (кузнечно-штамповочное, литейное и другие производства), – 2007. - № 6. - С. 47 - 51.
8. Волченко, В.Н. Сварка и свариваемые материалы: Справочник. В 2т. Свариваемость материалов/ В.Н. Волченко и др.; под ред. Э.Л. Макарова. - М. : Металлургия, - 1991. - 528 с.

9. Коновалов, А.В. Теория сварочных процессов: Учебник для вузов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Макаров и др. - М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана. - 2007. - 752 с.
10. Исаев, А.П. Механические свойства соединений оцинкованной TRIP-стали при контактной точечной сварке / Исаев А.П., Терехов А.А.// Сварочное производство, - 2013. - № 4. - С. 33-38.
11. Dickinson, D. W. Welding in the Automotive Industry/ D.W. Dickinson// Republic Steel Research Report SG 81-5. – 1981.
12. Gould, J. E. A design-of-experiments evaluation of factors affecting the resistance spot weldability of high-strength steels/ J.E. Gould, L.R. Lehman, and Holmes// Proceedings of Sheet Metal Welding Conference VII. - AWS Detroit Section, Detroit, Mich. – 1996.
13. Руководство по эксплуатации машины контактной сварки МТ-4021. - Машиностроение. :Санкт-Петербург, - 1988. - 39 с.
14. Руководство по эксплуатации регулятора контактной сварки РКС-16. - Машиностроение. :Псков. - 2005. - 20 с.
15. Руководство по эксплуатации универсальной машины для испытаний TIRAtest 2300. – Германия, - 1989. - 235 с.
16. ISO 18278-2:2016. Resistance welding – Weldability – Part 2: Evaluation procedures for weldability in spot welding, – Франция. – 2016. – 28 с.
17. ISO 18278-1:2004. Resistance welding – Weldability – Part 1: Assessment of weldability for resistance spot, seam, and projection welding of metallic materials, - Франция. – 2004. – 13 с.
18. Renault product specification 11-04-010/--A. Steel flat product for automotive industry. Renault Automobiles Standardization. - 2013. – 27 с.
19. Раздел Безопасность и экологичность технического объекта.[Электронный ресурс] – URL:<https://vikidalka.ru/2-40776.html> (дата обращения: 12.05.2019).

20. Обеспечение пожарной безопасности. [Электронный ресурс] – URL: <https://vikidalka.ru/2-40778.html> (дата обращения: 12.05.2019).
21. Зубкова, Н.В. Методическое пособие по расчету эффективности научно-исследовательских работ/Н.В. Зубкова – Тольятти :ТГУ, - 2017. – 35с.
22. Методическое пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине «Экономика и управление машиностроительным производством».[Электронный ресурс] – URL: <https://studfiles.net/preview/4200112/page:2/>(дата обращения: 13.05.2019).
23. Амирджанова, И.Ю. Правила оформления выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г.Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти :ТГУ, 2019, - 145 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Расчёт трудоёмкости и длительности цикла выполнения НИР

Этап	№ работ	Трудоёмкость выполнения работ, дней			Численность работников				Длительность выполнения работ и этапов с учётом численности работников, дней
		T _{min}	T _{max}	T _{ож}	Руков. ВКР	Глав. специалист	Студент	Итого	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	20	25	22	1	1		2	11
	2	20	40	28			1	1	28
Итого				50					39
2	3	10	15	10,8			1	1	10,8
	4	14	20	16,4			1	1	16,4
	5	14	20	16,4			1	1	16,4
	6	2	5	3,2			1	1	3,2
Итого				46,8					46,8
3	7	3	7	4,6			1	1	4,6
	8	5	10	7			1	1	7
	9	8	12	9,6			1	1	9,6
Итого				21,2					21,2
4	10	10	14	11,6			1	1	11,6
	11	10	14	11,6			1	1	11,6
	12	14	18	15,6			1	1	15,6
	13	3	5,5	4			1	1	4
	14	20	27	22,8			1	1	22,8
Итого				65,6					49,4
Всего				183,6					156,4

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Исходные данные для экономического обоснования

Показатели	Условное обозначение, единица измерения	Значение показателей	
		Базовый	Проект
1	2	3	4
Годовая программа выпуска	P_r , шт	150000	150000
Норма штучного времени, в т.ч. машинное время	$T_{ш}$, мин $T_{маш}$, мин	см. таблица 4.4	
Часовая тарифная ставка сварщика	$C_ч$, руб.	101,09	101,09
Годовой эффективный фонд времени рабочего	$\Phi_{эр}$, час	1731	1731
Коэффициент доплаты до часового, дневного и месячного фондов	K_d	1,08	1,08
Коэффициент доплат за профмастерство (начиная с 3-го разряда)	$K_{пф}$	1,14	1,14
Коэффициент доплат за условия труда (если они вредные или тяжелые)	K_y	1,087	1,087
Коэффициент доплат за вечерние и ночные часы	K_n	1,076	1,076
Коэффициент премирования	$K_{пр}$	1,12	1,12
Коэффициент выполнения норм	$K_{вн}$	1,2	1,2
Коэффициент отчисления на социальные нужды	K_c	0,3	0,3
Коэффициент расходов на доставку и монтаж оборудования	$K_{монт}$	0,2	0,2
Годовая норма амортизационных отчислений	H_a , %	18	18
Годовой эффективный фонд времени работы оборудования (при двухсменной работе)	$\Phi_{э}$, час	3714,88	3714,88
Тариф платы за электроэнергию	$C_э$, руб./кВт	2,2	2,2
Коэффициент полезного действия контактной сварочной машины	КПД	0,8	0,8
Физический срок службы приспособления (3...5 лет)	$T_{пр}$, лет	5	5
Удельный расход воды для сварочной машины	U_v , м ³ /час	0,8	0,8
Тариф платы за 1 м ³ воды	C_v , руб	2,25	2,25
Удельный расход воздуха	$U_{сж}$, м ³ /час	120	120
Тариф платы за 1 м ³ сжатого воздуха	$C_{сж}$, руб./м ³	0,34	0,34
Площадь, занимаемая сварочным оборудованием	$P_{уд}$, м ²	0,89	0,89
Коэффициент, учитывающий дополнительную площадь	$K_{д.пл.}$	5	5

Продолжение приложения Б

1	2	3	4
Стоимость эксплуатации 1м ² площади здания в год	$C_{пл}$, руб/м ³	4500	4500
Цена 1 кг материала (заготовки)	$C_{мат}$, руб./кг	63,58	63,58
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{гз}$	1	1
Цеховые накладные расходы	$K_{цех}$	1,72	1,72
Внепроизводственные расходы	$K_{внепр}$	0,003	0,003
Заводские накладные расходы	$K_{зав}$	1,97	1,97