

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
20 06 2016г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.01. - «Машиностроение»

ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ

Пояснительная записка

Руководитель	<u> 17.06.16</u> подпись, дата	_____	Д.С. Михайлова инициалы, фамилия
Выпускник	<u> 17.06.16</u> подпись, дата	_____	В.В. Бурмакин инициалы, фамилия
Консультант: Организационно- экономический раздел	<u> 20.06.16</u> подпись, дата	<u>КТН, доцент.</u> должность, ученая степень	А.И. Демченко инициалы, фамилия
Нормоконтролер	<u> 20.06.16</u> подпись, дата	<u>ст. преподаватель</u> должность, ученая степень	С.Л. Бусыгин инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
« 20 » 06 2016г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
В ФОРМЕ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студенту В.В. Бурмакину.
Группа ЗМТ 11-05Б Направление (специальность) 15.03.01 - «Машиностроение»
Тема выпускной квалификационной работы: «Технология контактной стыковой сварки железнодорожных рельсов»
Утверждена приказом по университету № 4565/с от 02.05.2016
Руководитель ВКР: Д.С. Михайлова, ПИ СФУ, Ст. преподаватель
(инициалы, фамилия, место работы и должность)

Исходные данные для ВКР: 1. Чертеж изделия; 2. Программа выпуска;
3. Технические условия на изготовление

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР):

1. Обзор способов сварки.
2. Технологическая часть.
3. Конструкторская часть.
4. Организационно-экономическая часть.

Перечень графического или иллюстрированного материала с указанием основных чертежей, плакатов:

1. Изделие;
2. Технологический лист;
3. Общий вид сварочной машины ;
4. Гидроцилиндр осадки ;
5. Гидроцилиндр зажатия ;
6. Техничко – экономические показатели.

Консультанты по разделам

Наименование раздела ВКР	Инициалы, фамилия преподавателя-консультанта по разделу
Организационно-экономический раздел	А.И. Демченко

				БР – 15.03.01 – 071106893 ПЗ		
Разраб.	Бурмакин		19.06.16	Технология контактной стыковой сварки железнодорожных рельсов	Лист	Листов
Пров.	Михайлова		20.06.16		2	85
Н. контр.	Бусыгин		20.06.16		ПИ СФУ Каф. «Машиностроение»	
Утв.	Демченко		20.06.16			

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
выполнения этапов ВКР

№ этапа	Срок	Текстовая часть	Графическая часть
1	с 09.05.2016	ТЧП - 40 %	лист № 1
	по 15.05.2016		
2	с 16.05.2016	КЧП – 40 %	лист № 2
	по 31.05.2016	ТЧП – 40 %	лист № 3
3	с 01.06.2016	КЧП – 60 %	лист № 4
	по 26.06.2016	ОЭЧ – 100 %	лист № 5
		ТЧП – 20 %	лист № 6
Всего	на 25.05.2016	100% по разделам	100%
ТЧП – технологическая часть			
КЧП – конструкторская часть			
ОЭЧ – организационно-экономическая часть			

Руководитель выпускной
квалификационной работы

Д.С. Михайлова

(подпись, дата)

Задание принял к исполнению

В.В. Бурмакин

(подпись, дата)

Реферат

ВКР по теме «Технология контактной стыковой сварки железнодорожных рельсов» содержит 83 страницы текстового документа, 36 использованных источников, 6 листов графического материала.

КОНТАКТНАЯ СТЫКОВАЯ СВАРКА ПУЛЬСИРУЮЩИМ ОПЛЕВЛЕНИЕМ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, СИЛЫ ЗАЖАТИЯ И ОСАДКИ, ГИДРОЦИЛИНДРЫ, ЗАТРАТЫ НА НИР.

В результате выполнения ВКР был представлен обзор всевозможных способов сварки, описана технология производства бесстыкового пути на производстве, подробно описаны системы контроля и регулирования сварочной машины, а также сделаны расчеты параметров гидроцилиндров осадки и зажатия. Рассчитаны экономические показатели.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ОБЗОР.....	9
1.1 Дуговой ванный способ.....	10
1.2 Термитный способ.....	10
1.3 Газопрессовый способ.....	15
1.4 Индукционно-прессовый способ.....	15
1.5 Контактный способ.....	16
1.5.1 Способы контактной сварки рельсов.....	16
1.5.2 Оплавление с предварительным прерывистым подогревом.....	18
1.5.3 Непрерывное оплавление.....	19
1.5.4 Пульсирующее оплавление.....	20
1.5.5 Заключение.....	24
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	25
2.1 Описание изделия.....	26
2.2 Описание свариваемого металла.....	27
2.3 Нормативные документы.....	32
2.4 Выбор способа сварки.....	32
2.5.1 Сварочное оборудование.....	34
2.5.2 Режимы сварки.....	37
2.6 Последовательность операций сварки, контроль сварных соединений.....	38
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	53
3.1 Введение.....	54
3.2 Описание основных узлов и принципов функционирования машины.....	54
3.3 Расчеты давления и усилия зажатия.....	63
3.3.1 Расчет гидроцилиндра осадки.....	66
3.3.2 Расчет гидроцилиндра зажатия.....	69
3.4 Выводы по разделу.....	71
4 Экономический раздел проекта.....	73
4.1 Расчет нормы времени и фондов времени, оборудования и рабочих.....	74
4.2 Расчет потребности в оборудовании и количестве рабочих.....	75
4.3 Расчет капитальных вложений.....	76
4.4 Расчет текущих затрат.....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	84

ВВЕДЕНИЕ

История развития сварочного производства.

В решение задач научно - технического прогресса важное место принадлежит сварке. Сварка является технологическим процессом, широко применяемая практически во всех отраслях народного хозяйства. С применением сварки создаются серийные и уникальные машины. Сварка внесла коренные изменения в конструкцию и технологию производства многих изделий. При изготовлении металлоконструкций, прокладке трубопроводов, установке технологического оборудования, на сварку приходится четвертая часть всех строительно-монтажных работ.

Основоположниками сварки являются русские ученые и инженеры - В.В. Петров, Н.Н. Бенардос и Н.Г.Славянов. В 1802г. профессор физики Петров открыл и наблюдал дуговой разряд от построенного им мощного «вольтового столба». Этот столб или батарея был самым мощным источником электрического тока того времени. В то время электротехника только начинала создаваться, и открытие Петровым дугового разряда значительно опередило свой век.

До практического применения дуги для целей сварки прошло 80 лет. Н.Н. Бенардос впервые применил электрическую дугу между угольным электродом и металлом для сварки. Он применил созданный им способ не только для сварки, но и для наплавки и резки металлов.

Другой русский изобретатель Славянов, разработал способ дуговой сварки металлическим электродом с защитой сварочной зоны слоем порошкообразного вещества, то есть флюса, и первый в мире механизм для полуавтоматической подачи электронного прутка в зону сварки. Способ сварки плавящимся металлическим электродом получил название «дуговая сварка по способу Славянова».

Изобретения Бенардоса и Славянова нашли заметное применение по тем временам, и в первую очередь на железных дорогах, а затем на нескольких крупных машиностроительных и металлургических заводах России.

Однако, несмотря на первоначальные успехи русских изобретателей в деле разработки и внедрения дуговой сварки, к началу XX века страны Европы опередили Россию.

Только после революции 1917г. сварка получила интенсивное развитие в нашей стране. В нашей стране тогда впервые в мире были разработаны новые высокопроизводительные виды сварки, это электрошлаковая, в углекислом газе, диффузная и другие. Фундаментальные исследования по разработке новых процессов и технологии сварки проводятся в ряде научно-исследовательских организациях, ВУЗах и крупных предприятиях судостроительной, авиационной, нефтехимической, атомной и других.

На современном этапе развития сварочного производства в связи с развитием научно-технической революции резко возрос диагноз свариваемых толщин, материалов, видов сварки. В настоящее время сваривают материалы

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-150301-071106893-ПЗ				

толщиной от нескольких микрон (в микроэлектронике) до нескольких метров (в тяжелом машиностроении).

Одним из способов электрической сварки является контактная сварка, или сварка сопротивлением (в этом случае электрический ток пропускают через место сварки, оказывающее омическое сопротивление прохождению тока). Разогретые и обычно оплавленные детали сдавливаются или осаживаются, таким образом контактная сварка по методу осадки относится к способам сварки давлением. Этот способ отличается высокой степенью механизации и автоматизации и получает все большее распространение в массовом и серийном производстве (например, соединение деталей автомобилей, самолетов, электронной и радиотехнической аппаратуры), а также применяется для стыковки труб больших диаметров и рельсов. [2]

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 Обзор (Способы сварки рельсов)

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Виды сварки рельсов

В мире известны несколько способов сварки рельсов – дуговой ванный, термитный, газопрессовый, индукционно-прессовый и контактный. Важнейшими показателями являются: механические свойства и постоянство качества получаемых стыков, эксплуатационная стойкость и стоимость сварки рельсов, производительность и трудоемкость процесса, автоматизация, механизация и компьютеризация работ. [3]

1.1 Дуговой ванный способ

При дуговой ванный сварке расплавление основного металла осуществляется дугой и частично за счет теплоты, передаваемой изделию перегретым жидким металлом сварочной ванны. Поэтому сварку проводят при повышенной силе тока. Сварку начинают в нижней части формы, расплавляя дугой нижние кромки стыка. (рисунок 1.1, 1.2) В процессе сварки происходит постепенное заполнение зазора расплавленным металлом. Он образуется в общей для обоих рельсовых концов ванне и удерживается специальными формами. До окончания сварки металл в верхней части сварочной ванны стараются поддерживать в расплавленном состоянии на возможно большую глубину и обязательно на всю ширину формы. Шов наплавляют несколько выше поверхности рельсов.[3]

1.2 Термитный способ

Алюминотермитная сварка (АТС) представляет собой процесс, при котором используются химические реакции сгорания термита, сопровождающиеся выделением тепла и получением термитной стали требуемого химического состава. Для сварки применяется термит, расфасованный определенными порциями для каждого типа рельсов. (рисунок 1.3, 1.4)

Основная особенность технологического процесса АТС заключается в том, что источником тепла, необходимым для проведения процесса сварки, являются порошкообразные смеси металлов с окислами других металлов - термиты, при горении которых происходит обменная реакция по кислороду с выделением значительного количества тепла (экзотермическая реакция).

Для сварки рельсов применяется железо-алюминиевый термит, представляющий собой механическую смесь окислов железа (главным образом, закиси-окиси) и алюминиевого порошка. Источником кислорода в термите является окисел, а источником тепла (горючим) - металл, входящий в смесь чистом виде. В качестве окислов в термитных смесях используют железную окалину, а в качестве горючих металлов - алюминий, магний. Кроме того, в термит можно вводить легирующие элементы для улучшения механических свойств термитного металла и механический наполнитель -

						БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			9

железную обечку - для увеличения выхода жидких продуктов термитной реакции (стали). Наибольшее распространение получили алюминиевые термиты, содержащие 20-25% алюминиевого порошка и 75-80% окалины. Алюминиевый порошок должен содержать: 96,5-99,7% Al; 0,47% Fe; 0,36% Si и $\approx 1\%$ Al_2O_3 . Железная окалина, используемая в термите, является сложным химическим соединением, состоящим из нескольких окислов: от окиси железа Fe_2O_3 плотностью $5,1\text{ г/см}^3$ и температурой плавления $1556\text{ }^\circ\text{C}$ до закиси железа FeO плотностью $5,7\text{ г/см}^3$ и температурой плавления $1420\text{ }^\circ\text{C}$. Алюминиевый порошок должен иметь следующий химический состав: $Al > 98,95\%$; $Fe < 0,6\%$; $Si < 0,65\%$; $Cu < 0,01\%$; $Fe + Si < 1,0\%$. Химический состав порошка железной окалины после смешивания трёх фракций должен быть следующим: $Fe > 68,8\%$; $Mn = 0,3-0,6\%$; $Si = 0,21-0,45\%$; прочие примеси $\leq 0,30\%$; $O_2 \geq 28,65\%$ ($\leq 14\%$ FeO). При изготовлении термита, предназначенного для сварки железнодорожных рельсов, используется чистая, специально



Рисунок 1.1 – Процесс сварки

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-150301-071106893-ПЗ				



Рисунок 1.2 – Стык, сваренный дуговым ванным способом

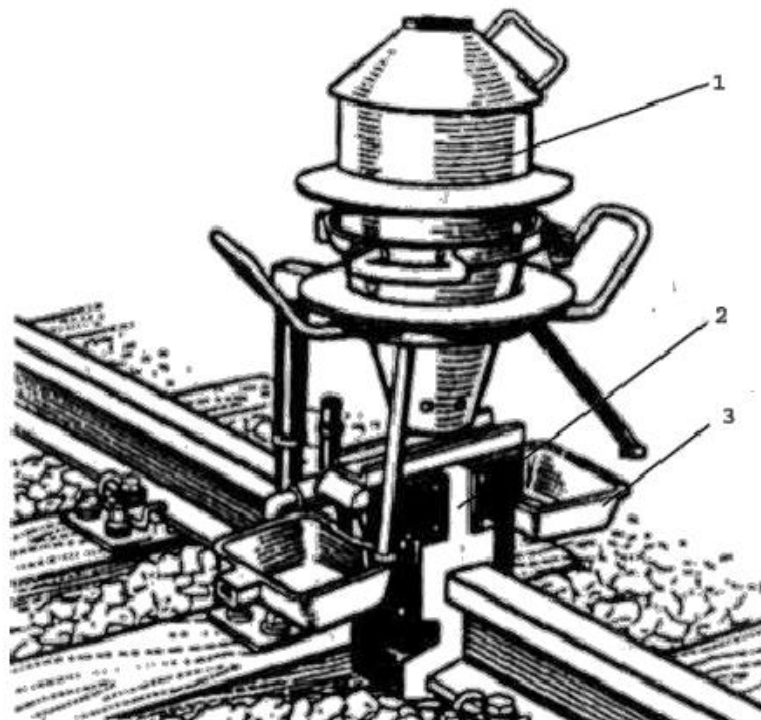


Рисунок 1.3 – Оснастка для термитной сварки

1.3 Газопрессовый способ

Газопрессовая сварка рельсов производится путем нагрева концов рельсов газовым пламенем и осадки их при помощи сдавливания. При нагреве металл торцов рельсов доводится до пластического состояния. Нагрев ведется контурными многопламенными горелками. (рисунок 1.5) Горючими газами для них служит ацетилен, пропан-бутан, природный газ и др., которые сжигаются в кислороде. Во избежание пережога металла и для обеспечения необходимой зоны разогрева горелка в процессе сварки должна колебаться в обе стороны от стыка.

При газопрессовом способе торцевые поверхности рельсов должны быть параллельны и хорошо очищены от грязи и ржавчины; перед сваркой их промывают четыреххлористым углеродом.

В нашей стране с 1960 по 1970 гг. в опытном порядке одно рельсосварочное предприятие применяло газопрессовую сварку рельсов. Было сварено 660 км пути бесстыковых плетей и длинных рельсов. В связи с низкими экономическими показателями, недостаточным уровнем механизации и автоматизации процесса на дорогах России и стран СНГ газопрессовая сварка рельсов с 1971 г. не используется.[3]

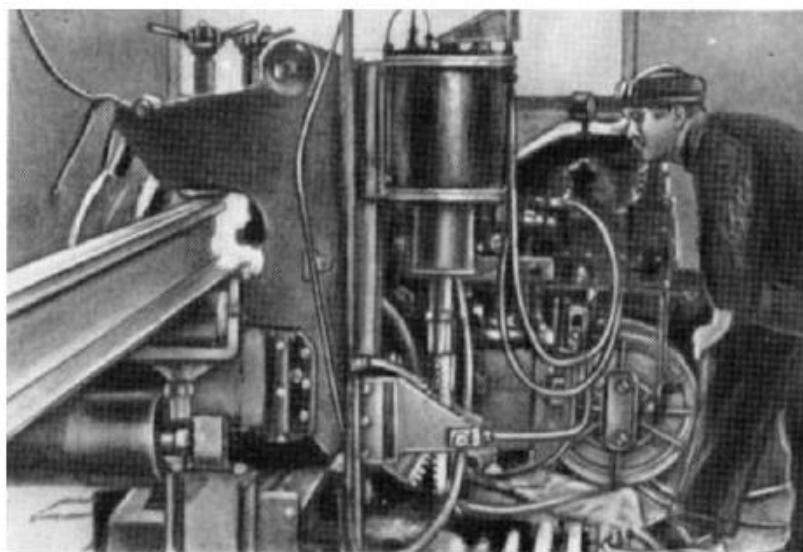


Рисунок 1.5 – Газопрессовый способ

1.4 Индукционно-прессовый способ

Способ аналогичен газо-прессовому по физическому смыслу, только в качестве источника нагрева используется не тепло от горения газовых смесей а тепло от использования токов высокой частоты.[3]

1.5 Контактный способ

В путевом хозяйстве России и стран СНГ контактный способ сварки рельсов прочно занял ведущее место и практически вытеснил все остальные известные способы. Этим способом выполняется 95 % общего объема работ по сварке рельсов.

Подробно способ рассмотрен ниже.

1.5.1 Способы контактной сварки рельсов

Различают два основных метода нагрева металла при контактной стыковой сварке. Метод сварки сопротивлением состоит в том, что во время сварки ток проходит через плотно сжатые торцы деталей в месте будущего сварного соединения. В каждом элементарном объеме металла выделяется тепло, количество которого по закону Джоуля - Ленца пропорционально квадрату плотности тока, удельному сопротивлению металла и времени протекания тока (рисунок 1.6,а):

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \quad (1.3)$$

где Q – количество выделенного тепла, Дж;

I – сила тока в сварочной цепи, А;

R – сопротивление проводника или участка цепи, Ом;

t – время прохождения тока, с.

Из формулы следует, что локализованный нагрев стыка возможен в том случае если величина сопротивления между свариваемыми деталями будет значительно превышать сопротивление на всем участке цепи.

Метод сварки оплавлением состоит в том, что во время сварки детали, к которым подведено напряжение, плотно не сжимаются, а лишь соприкасаются (рисунок 1.6,б). Благодаря большой плотности тока в местах соприкосновения металл быстро нагревается, элементарные контакты между деталями превращаются в жидкие перемычки, которые под действием электродинамических сил или в результате нагрева разрушаются. Необходимый для сварки разогрев торцов деталей можно получить, перемещая их навстречу друг другу так, чтобы процесс возникновения и разрушения элементарных контактов был непрерывным.

В заключительной фазе сварки сопротивлением и оплавлением разогретые торцы деталей подвергаются пластической деформации в осевом направлении, характеризующейся большой скоростью и значительными удельными давлениями. В результате такой осадки осуществляется формирование сварного соединения.

Зону сварки в большинстве случаев можно подразделить на пять характерных областей: область образования – контакт между свариваемыми

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-150301-071106893-ПЗ				

деталью; две области контакта электродов с деталью; части детали, находящиеся между указанными областями.

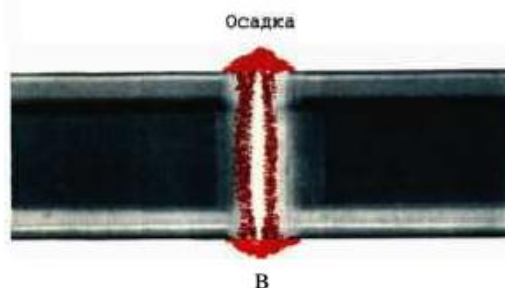
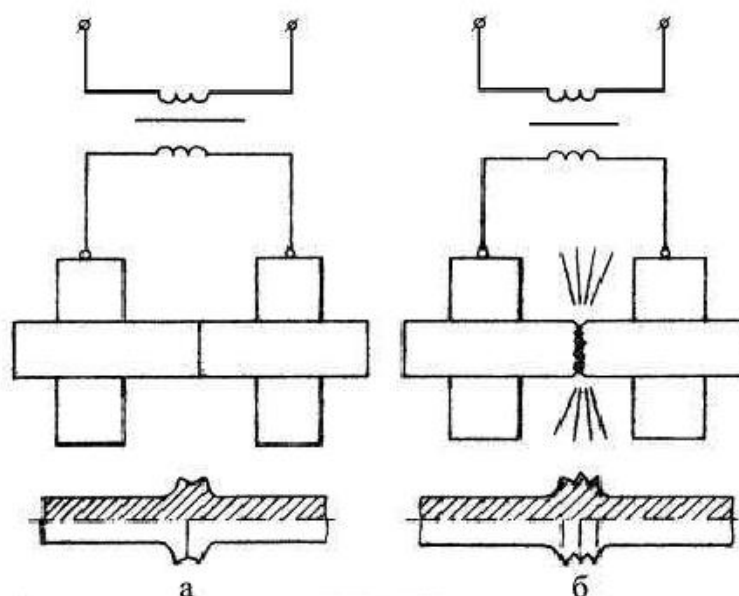
В соответствии с этим делением общее сопротивление участков зоны сварки можно представить в виде суммы

$$R_{\Sigma} = R_{\partial 1} + R_{\partial 1} + R_k + R_{\partial 2} + R_{\partial 2}; \quad (1.4)$$

где $R_{\partial 1}$ и $R_{\partial 2}$ - переходные сопротивления электрод – деталь;

R_k - переходные сопротивления между деталями;

$R_{\partial 1}, R_{\partial 2}$ - сопротивления тех частей деталей, по которым протекает ток.



а – сопротивлением,

б – оплавлением,

в – процесс контактной сварки рельсов оплавлением

Рисунок 1.6 – Схемы контактной стыковой сварки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-150301-071106893-ПЗ

Лист

16

Разделение сварочного контакта на такие зоны условно, так как - электрические поля в них взаимно связаны. В процессе сварки составляющие сопротивления значительно изменяются вследствие нагрева металла и его пластической деформации. Роль отдельных составляющих R_{Σ} в общем тепловом балансе сварочного контакта зависит от свойства материала и состояния поверхностей торцов деталей, давления, размеров контакта и в большой мере от принятого способа нагрева металла.

При стыковой электросварке детали нагреваются теплотой, которая выделяется сварочным током на контактном сопротивлении между деталями и на собственном сопротивлении деталей. Контактное сопротивление между электродами и свариваемыми деталями относительно мало и практически не влияет на нагрев зоны сварки. Общее количество теплоты, выделяемое на участке между электродами и свариваемыми деталями, относительно мало и практически не влияет на нагрев зоны сварки. Общее количество теплоты, выделяемое на участке между электродами, можно выразить формулой:

$$Q = 0,24 \int_0^t (R_k(t) + R_{a1}(t) + R_{a2}(t)) I^2(t) dt; \quad (1.5)$$

Сварка оплавлением имеет преимущества перед сваркой сопротивлением. В процессе оплавления выравниваются все неровности стыка, а оксиды и загрязнения удаляются, поэтому не требуются особой подготовки места соединения. Можно сваривать заготовки с сечением, разнородные металлы (быстрорежущую и углеродистую стали, медь и алюминий и т.д.).

Наиболее распространенными изделиями, изготавливаемые стыковой сваркой, служат элементы трубчатых конструкций, колеса и кольца, инструмент, рельсы, железобетонная арматура.[3]

1.5.2 Оплавление с предварительным прерывистым подогревом

Отличается от других способов сварки методом оплавления тем, что оплавлению металла предшествует предварительный его подогрев.

Прерывистый подогрев получают либо подачей тока импульсации, либо разрывом контакта в месте сварки за счет перемещения подвижной системы сварочной машины.

При прерывистом нагреве, когда изделие периодически находится под током, процесс нагрева складывается из ряда циклов. Торцы изделия нагреваются током неравномерно по всему сечению и на неодинаковую глубину; в момент перерыва тока (разрыва контакта) вследствие теплопередачи происходит уравнивание разности температур в нагреваемой зоне. Таким образом повторяются несколько циклов подогрева, после чего наступает непрерывное оплавление. Переход к непрерывному оплавлению осуществляется автоматически, по достижении необходимой температуры нагрева.

						Лист
					БР-150301-071106893-ПЗ	17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для сварки рельсов типа Р65, Р75 необходимы мощности 450-500 кВ·А. Сварочные машины (зарубежного производства) отличаются еще большей мощностью (до 700 кВ·А), что позволяет повысить производительность при сварке. Однако энергопотребление во всех случаях остается примерно одинаковым – 4,5- 5,5 кВ·ч/стык, что обусловлено идентичными характеристиками нагрева, присущими сварке прерывистым подогревом, которая отличается низким термическим и электрическим КПД.

Низкие энергетические показатели – не единственный недостаток метода прерывистого подогрева. При относительно длинных коротких замыканиях, исчисляемых несколькими секундами, происходит неравномерный нагрев торцов, который появляется тем в большей степени, чем больше развита площадь сечения свариваемых деталей, что особенно заметно при сварке рельсов, имеющих резко выраженную разнотолщинность элементов сечения. Поэтому при выборе режимов сварки стремятся обеспечить такой общий нагрев концов рельсов, при котором обеспечивается необходимая пластичность металла торцов свариваемых деталей. В свою очередь это приводит к значительному увеличению зоны термического влияния, и как следствие, к снижению эксплуатационных свойств (прочность, пластичность, твердость) сварного стыка.[3]

В России при сварке рельсов не применяется.

1.5.3 Непрерывное оплавление

В отличие от технологии сварки рельсов оплавлением с предварительным прерывистым подогревом сопротивлением, используемой на большинстве известных рельсосварочных машин, при непрерывном оплавлении процесс нагрева рельсов происходит без длительных коротких замыканий и последующих за ними пауз. С момента возбуждения оплавления ток в сварочной цепи протекает непрерывно, а его величина в несколько раз ниже чем при коротких замыканиях.

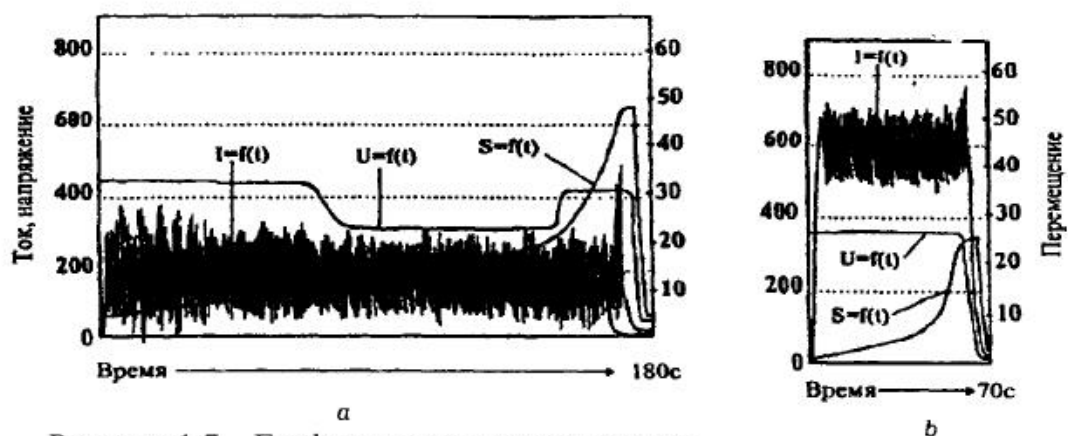


Рисунок 1.7 – Графики изменения основных параметров режима сварки непрерывным (а) и пульсирующим (б) оплавлением рельсов типа Р65

Возбуждение оплавления без предварительного подогрева сопротивлением стало возможным благодаря значительному (в 2 — 3 раза) снижению сопротивления сварочной цепи машин и использованию в них регуляторов скорости и напряжения, которые автоматически изменяют мгновенные значения этих величин в функции сварочного тока. Кроме того получение нагрева, требуемого для качественной сварки рельсов при непрерывном оплавлении, достигается за счет программного регулирования напряжения, подводимого к свариваемым рельсам, и скорости оплавления. Применяемые в машинах системы управления обеспечивают автоматическое выполнение заданных программ независимо от изменения условий эксплуатации сварочных машин (точность обрезки концов рельсов, изменения напряжения электрической сети и сопротивления источника энергоснабжения, изменения усилия необходимого для перемещения свариваемой плети рельса).

В основу конструкции нескольких поколений рельсосварочных машин, разработанных ИЭС в течение последних 35 лет, положен метод сварки непрерывным оплавлением с регулированием параметров, обеспечивающим получение нагрева, требуемого для качественной сварки рельсов. В отличие от технологии сварки рельсов с нагревом сопротивлением метод дает следующие преимущества:

- обеспечивается равномерный нагрев по всему сечению свариваемых рельсов;
- низкое сопротивление сварочной цепи и используемые регуляторы напряжения и скорости позволяют получать устойчивое оплавление при минимальных напряжениях, при этом соответственно уменьшается глубина кратеров на поверхности оплавления свариваемых рельсов и снижается вероятность появления в стыке различных дефектов;
- независимо от точности обрезки рельсов и чистоты их зачистки гарантируется стабильное воспроизведение заданных температурных циклов и соответственно стабильное и высокое качество сварных соединений;
- при оплавлении обеспечиваются высокие энергетические показатели процесса, т.к. практически вся энергия генерируется в контакте между деталями, и потери в сварочном контуре машины минимальны. Поэтому представляется возможным значительно (в 3 — 4 раза) уменьшить мощность, потребляемую сварочной машиной.

Перечисленные преимущества позволили создать портативные машины для контактной сварки рельсов в полевых условиях, которые в настоящее время широко используются во всем мире.

1.5.4 Пульсирующее оплавление

В результате исследований проведенных в ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины в последние годы были найдены способы значительного повышения эффективности процесса оплавления. Сущность этих способов, защищенных патентами, в том, что сопротивление между деталями в процессе оплавления

						Лист
					БР-150301-071106893-ПЗ	19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Процесс изменения скорости оплавления во время сварки регулируется по кривой тока (рисунок 1.11). В компьютерной системе задается значение скорости оплавления V и наклон кривой значениями тока I . Меняя эти параметры, можно изменить интенсивность нагрева стыка в зависимости от необходимого тепловложения в стык для разных марок сталей.

Непрерывное регулирование напряжения и скорости, поддерживающее их оптимальное соотношение в период оплавления, предшествующее осадке, обеспечивает более ровную поверхность оплавления торцов рельсов (рисунок 1.12, а) и отсутствие на ней кратеров, в отличие от технологий, предусматривающих жестко заданные указанные параметры. Благодаря этому при сварке пульсирующим оплавлением значительно меньше вероятность появления по линии соединения различных оксидных включений.

При сварке рельсов, отличающихся повышенным содержанием легирующих элементов, применение пульсирующего оплавления позволяет получить наиболее высокие показатели механических свойств, т.к. протяженность разупрочненных участков минимальная (рисунок 1.13, 1.14).

Из анализа значений твердости, представленных на рисунках 1.13, 1.14, следует, что среднее значение твердости основного металла – 344 HV, сварного шва – 310 HV, зон перехода к основному металлу – 280 HV характерно для сварных рельсов, термически не обработанных после сварки.

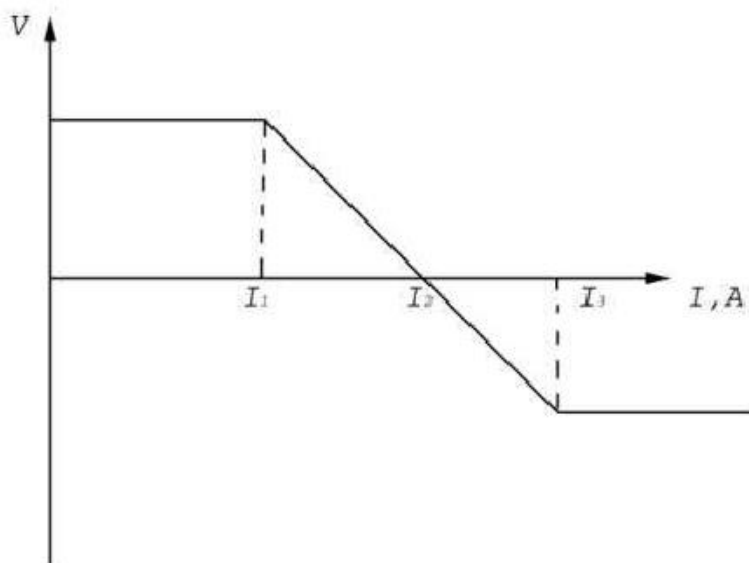


Рисунок 1.11 – Кривая тока изменения скорости оплавления во время сварки

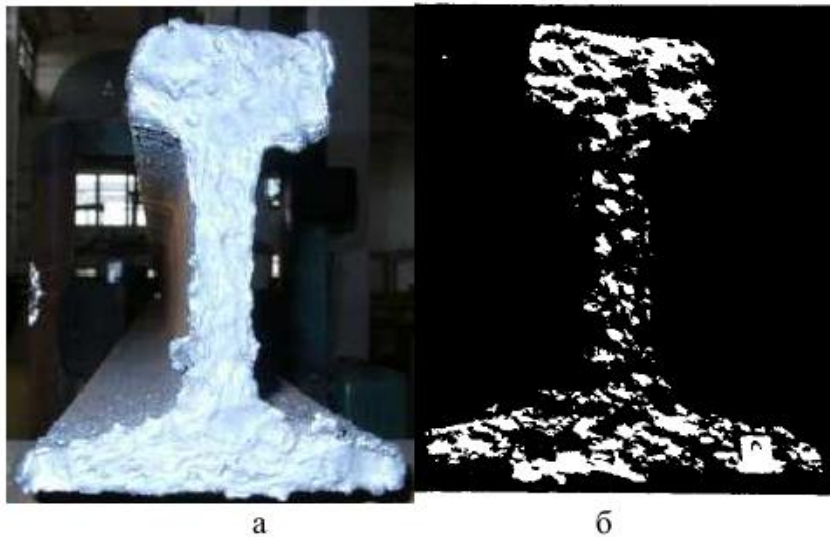


Рисунок 1.12 – Вид поверхности оплавления в момент перед осадкой пульсирующим (а) и оплавлением с предварительным прерывистым подогревом (б)

Зона разупрочнения металла стыка рельса, сваренного методом непрерывного оплавления, составляет 80 мм, методом пульсирующего оплавления – 50 мм. Существенное уменьшение ширины зоны разупрочнения в сварном стыке рельсов, сваренных методом пульсирующего оплавления, значительно увеличивает эксплуатационную стойкость сварных рельсов.[3]

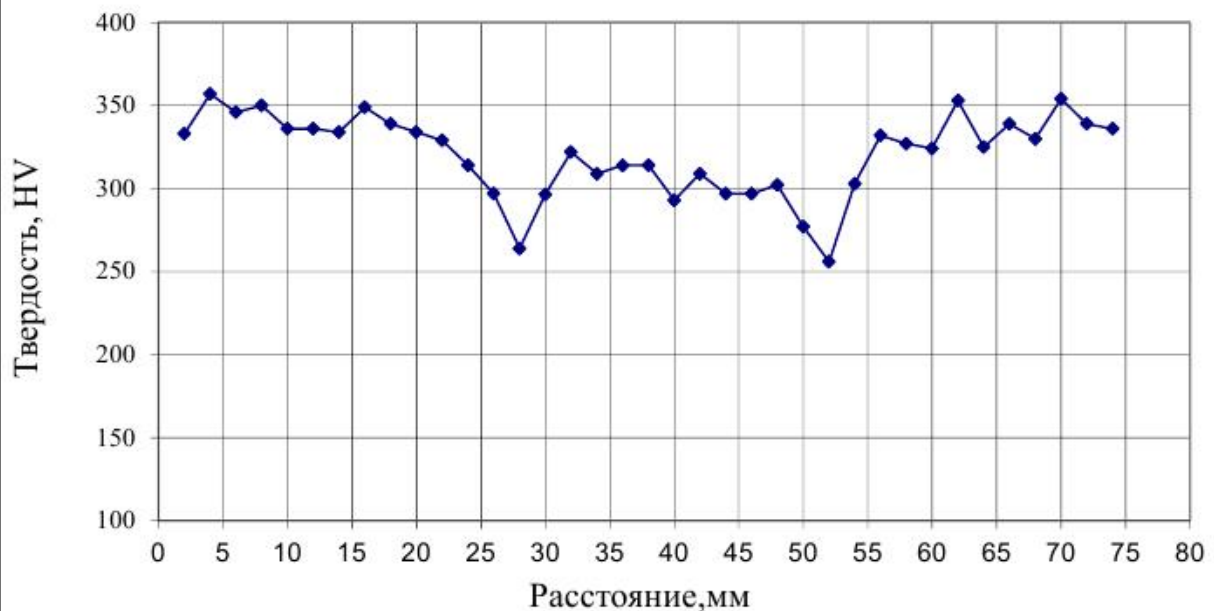


Рисунок 1.13 – График замеров твердости рельсов (пульсирующее оплавление)

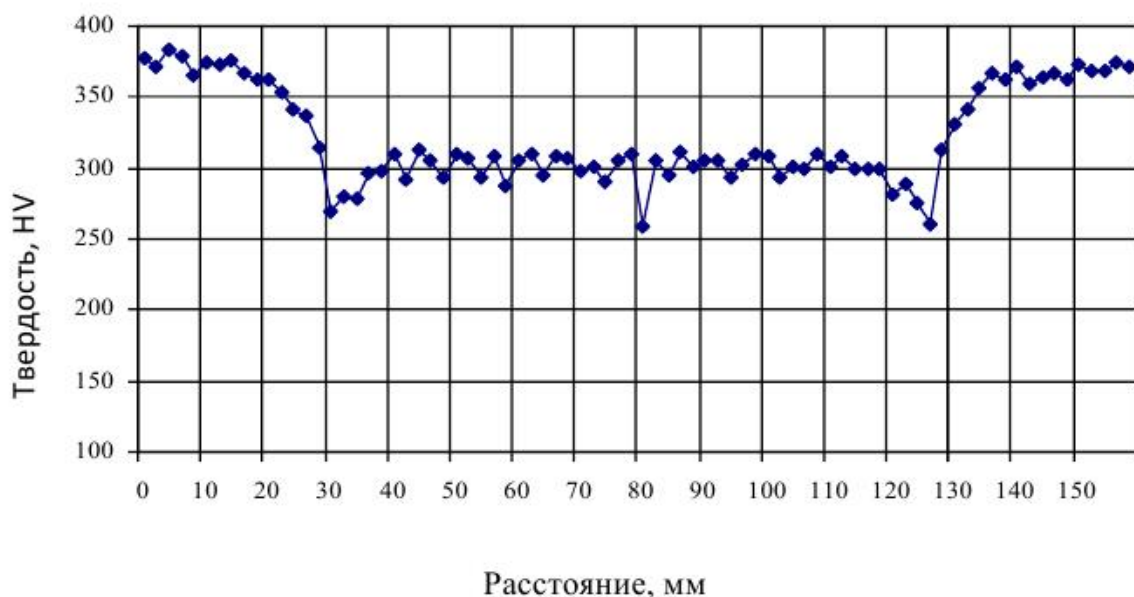


Рисунок 1.14 – График замеров твердости рельсов (непрерывное оплавление)

1.5.5 Заключение

В данной главе были рассмотрены наиболее подходящие способы сварки железнодорожных рельсов, также были выявлены их достоинства и недостатки, указаны наиболее подходящие и удобные способы для применения на производстве. Описаны процессы образования и качество получаемых сварных соединений. Для контактной стыковой сварки были приведены дополнительные сведения по регулированию режимов сварки, механическим показателям сварных стыков и зависимость распределения температур и д.р., так как этот способ наиболее распространен и получил большее применение в производстве бесстыковых путей.

2 Технологический раздел

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

2.1 Описание изделия

Рельс (прямая палка, изобретены древними римлянами, начальная ширина между ними составляла 143,5см.) – стальные балки специального сечения, укладываемые на шпалах или других опорах для образования, как правило, двухниточного пути, по которому перемещается подвижной состав железнодорожного транспорта, городских железных дорог, специализированный состав в шахтах, карьерах, крановое оборудование.

Рельсы служат для направления колес при их движении, непосредственно воспринимают и упруго передают давление от колес на нижележащие элементы верхнего строения пути. На участках с электрической тягой рельсы служат проводниками обратного силового тока, а на участках с автоблокировкой – проводниками сигнального тока.

Форма рельсов менялась со временем. Существовали уголкового, грибовидные, двухголовые, широкоподошвенные рельсы. Современные широкоподошвенные рельсы состоят из головки, подошвы и шейки, соединяющей головку с подошвой. Поверхность катания делается выпуклой для передачи давления колес по центру рельса. [8]

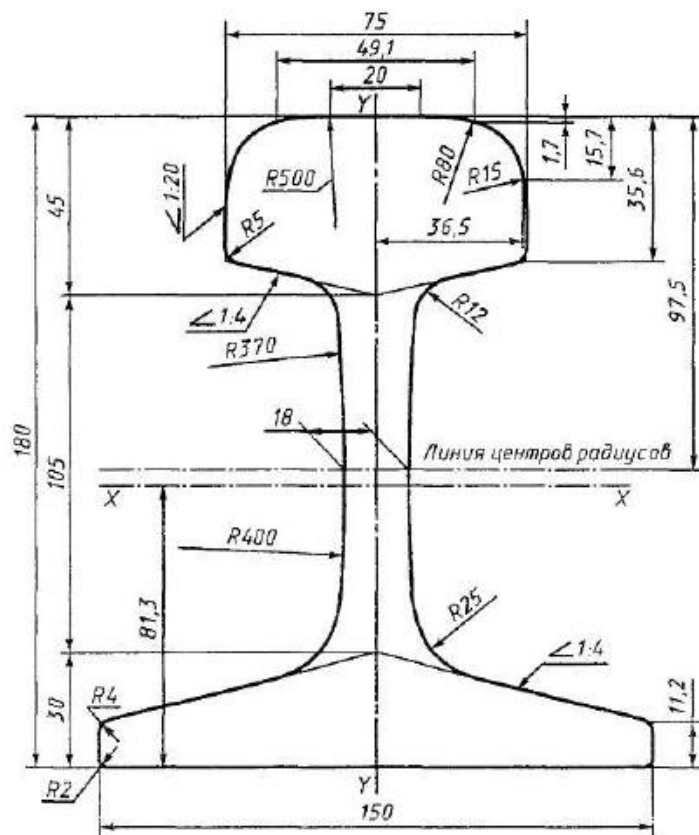


Рисунок 2.1 - Поперечный вид современного рельса типа Р 65 с основными параметрами

				БР-150301-071106893-ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
						26

Длина стандартного железнодорожного рельса, производимого рельсопрокатными заводами в России, составляет 12,5; 25,0 и 50,0 метров. Для укладки на внутренних нитях кривых участков выпускаются укороченные рельсы. Типовая длина бесстыковых плетей – 800 м. использование более длинных рельсов и сварных рельсовых плетей снижает сопротивление движению поездов, уменьшает износ подвижного состава и расходы на содержание пути.

Основной характеристикой рельса, дающей представление об его мощности, является масса одного погонного метра рельса в киллограммах.[9]

Рельсы железнодорожные подразделяют:

- По типам:
 - Р 50;
 - Р 65;
 - Р 65К (для наружных нитей кривых участков пути);
 - Р 75;
- по категориям качества:
 - В – рельсы термоупрочненные высшего качества;
 - Т1, Т2 – рельсы термоупрочненные;
 - Н – рельсы нетермоупрочненные;
- по наличию болтовых соединений:
 - с отверстиями на обих концах;
 - без отверстий;
- по способу выплавки стали:
 - М – из мартеновской стали;
 - К – из конвертерной стали;
 - Э – из электростали;
- по виду исходных заготовок:
 - из слитков;
 - из непрерывно-литых заготовок (НЛЗ);
- по способу противоблоксной обработки:
 - из вакуумированной стали;
 - прошедшие контролируемое охлаждение;
 - прошедшие изотермическую выдержку.

2.2 Описание свариваемого металла

Все железнодорожные рельсы используемые на железных дорогах России изготавливаются в соответствии с ГОСТ Р 51685-2000 «Рельсы железнодорожные. Общие технические условия».

Форма и основные размеры поперечного сечения рельсов должны соответствовать приведенным на рисунке 3.2 и в таблице 3.1. Допускаемые

						БР-150301-071106893-ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			27

отклонения размеров и формы поперечного сечения рельсов должны соответствовать значениям, указанным в таблице 3.2.

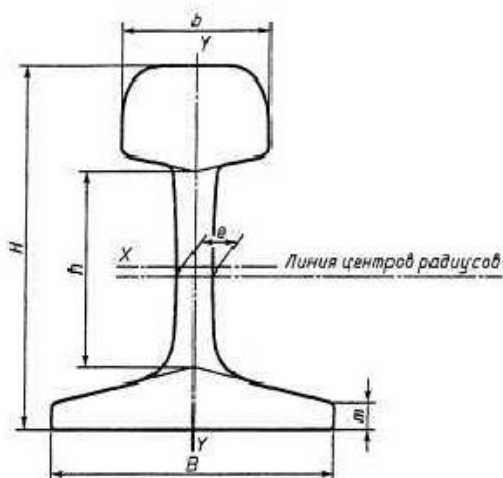


Рисунок 2.2 – Поперечное сечение рельса Р65

Таблица 2.1 – Сравнительные данные для рельсов разной номенклатуры

Наименование размера поперечного сечения	Значение размера для типа рельса, мм			
	Р50	Р65	Р65К	Р75
Высота рельса H	152	180	181	192
Высота шейки h	83	105	105	104,4
Ширина головки b	72	75	75	75
Ширина подошвы B	132	150	150	150
Толщина шейки e	16	18	18	20
Высота пера t	10,5	11,2	11,2	13,5

Таблица 2.3 - Химический состав стали

Марка стали	Массовая доля элементов, %								
	Углерод	Марганец	Кремний	Ванадий	Титан	Хром	Фосфор	Сера	Алюминий
							не более		
К78ХСФ Э78ХСФ	0,74-0,82	0,75-1,05	0,40-0,80	0,05-0,15	—	0,40 - 0,60	0,025	0,025	0,005
М76Ф К76Ф Э76Ф	0,71-0,82		0,25-0,45	0,03-0,15			—	0,035	0,040
М76Т К76Т Э76Т					0,007-0,025	0,030		0,035	
М76 К76 Э76	0,71-0,82		0,25-0,45	—		—	0,035	0,040	0,025

Примечания

1 В марках стали буквы М, К и Э обозначают способ выплавки стали, цифры — среднюю массовую долю углерода, буквы Ф, С, Х, Т — легирование стали ванадием, кремнием, хромом и титаном соответственно.

2 Допускается массовая доля остаточных элементов – хрома, никеля и меди не более 0,15 % каждого, при суммарной массовой доле этих элементов не более 0,40 %.

3 Химический состав стали для рельсов типа Р65К должен соответствовать указанному, за исключением массовой доли углерода, которая должна быть 0,83— 0,87 %. При этом цифры в марке стали заменяют на 85.

В готовых рельсах допускаются отклонения по массовой доле элементов от норм, указанных в таблице 7, %:

углерода.....	±0,02
марганца.....	±0,05
кремния.....	±0,02
фосфора.....	+0,005
серы.....	+0,005
алюминия.....	+0,005

ванадия	+0,02
титана.....	+0,005
хрома.....	±0,005.

В рельсах не допускаются расслоения (остатки усадочной раковины и подусадочной рыхлости), внутренние трещины, пятнистая ликвация, темные и светлые корочки, инородные металлические и шлаковые включения.

Поверхность рельса должна быть без раскатанных загрязнений, трещин, рванин, скворечников, плен, закатов, раковин от окалины, рябизны, подрезов и вмятин, поперечных рисок и царапин.

Механические свойства рельсов при испытании на растяжение и ударный, изгиб должны соответствовать нормам, указанным в таблице 3.4.

Таблица 2.4 – Механические свойства рельсов

Категория рельса	Временное сопротивление, Н/мм ² (кгс/мм ²)	Предел текучести, Н/мм ² (кгс/мм ²)	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Ударная вязкость КСК, Дж/см ² (кгс м/см ²)
	не менее				
В	1290 (132)	850 (87)	12,0	35,0	15(1,5)
T1	1180 (120)	800 (82)	8,0	25,0	25 (2,5)
T2	1100 (112)	750 (76)	6,0	25,0	15(1,5)
Н	900 (92)	—	5,0		—

Твердость термоупрочненных рельсов должна соответствовать нормам, указанным в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Нормы твердости рельсов

Место определения твердости	Твердость рельса для категории, НВ		
	В	T1	T2
На поверхности катания головки	363-401	341-401	321-401
На глубине 10 мм от поверхности	Не менее 341	Не менее 341	Не менее 321
На глубине 22 мм от поверхности		Не менее 321	Не менее 300
В шейке и подошве	Не более 388		

Разность значений твердости на поверхности катания одного рельса не должна превышать 30 НВ.

При одинаковой установленной мощности источника питания величина тока в сварочной цепи при пульсирующем оплавлении в 1,8...2,5 раза выше, чем при непрерывном, и поддерживается на постоянном уровне в течение всего периода оплавления. При этом в 1,5...2,5 раза сокращается припуск на оплавление.

При стыковой сварке рельсов пульсирующим оплавлением в зависимости от установленных значений мощности качественное соединение можно осуществить посредством изменения длительности нагрева. Это позволяет выбирать оптимальные термические циклы при сварке рельсов из сталей с различным химическим составом и свойствами.

Преимущества

- Высокий термический КПД процесса ($\eta = 0,8...0,9$).
- Снижение времени сварки и потерь металла на оплавление в 2...3 раза.
- Сокращение расхода энергии в 1,5 раза.
- Улучшение показателей прочности, пластичности и усталостных параметров сварных рельсов различных категорий.
- Повышение экологической безопасности сварки.
- Уменьшение в 10 раз газообразных выделений.

На основе данных приведенных в таблицах 2.7, 2.8 и данных приведенных выше выбор способа сварки ложится в пользу контактной сварки пульсирующим оплавлением.[3]

2.5.1 Сварочное оборудование

Контактная рельсосварочная машина (стационарная либо подвесная) состоит из следующих основных частей: сварочный агрегат, маслостанция, силовой электрошкаф, шкаф управления и контроля.

В состав сварочного агрегата стационарной машины входят подвижная и неподвижная колонны, станина, направляющие, штока, цилиндры зажатия и осадки, гидромонтаж, сварочные трансформаторы, элементы вторичного сварочного контура, таких как вторичные обмотки сварочных трансформаторов, гибкие и жесткие шины, элементы токоподвода, губки (электроды). [10]

Технические характеристики некоторых сварочных машин приведены в таблице 2.9.

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 2.9 – Сравнительные технические характеристики стационарных рельсосварочных машин

СВАРОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ	Производитель		
	КЗЭСО (Украина)		ПЗТЭСО (Россия)
	Тип машины		
	К-190ПК	К-1000	МСП-6301
Номинальное напряжение источника питания: - сеть, В	380	380	345-380
Номинальный первичный ток (ПВ=50%), А	800	800	1000
Номинальная мощность (ПВ=50%), кВА	200	300	400
Усилие осадки, кН	800	800	630
Усилие зажатия, кН	2000	2000	1250
Возможность сварки пульсирующим оплавлением	нет	да	да
Масса, кг	8800	8800	13580
Время сварки рельсов типа Р65, с	270	180/120 *	70-120*
* - при пульсирующем оплавлении			

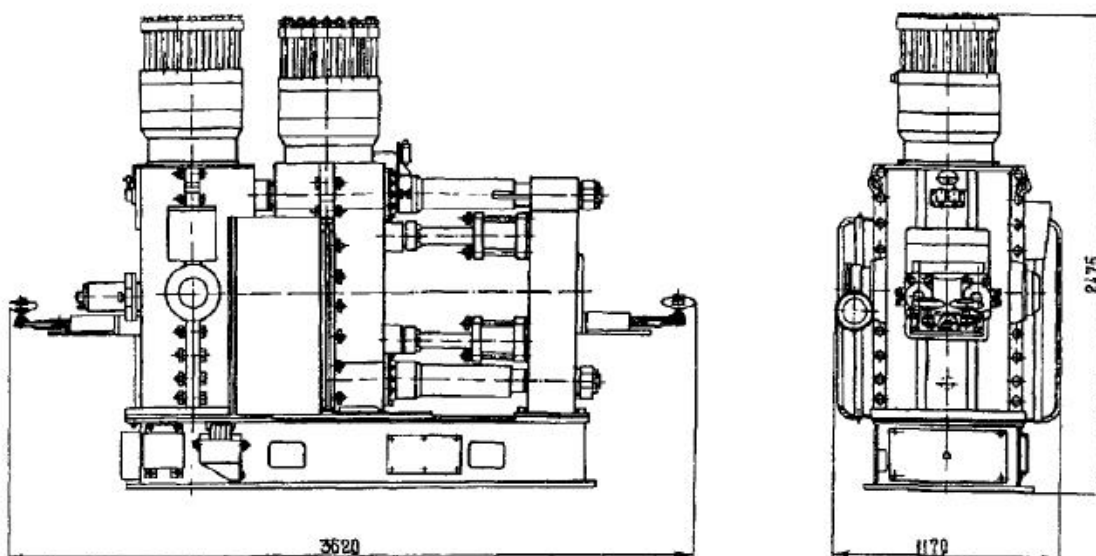


Рисунок 2.3 – Рельсосварочная машина К – 1000, габаритные размеры

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

БР-150301-071106893-ПЗ

Лист

35



Рисунок 2.4 – Рельсосварочная машина К 1000, общий вид

Предназначена для контактной стыковой сварки в стационарных условиях рельсов площадью поперечного сечения от 5000 мм² до 10000 мм² со снятием грата непосредственно после сварки.

По специальному заказу машина может быть изготовлена для сварки других профилей сечением до 18000 мм². Машина оборудована системой управления сварочным процессом, построенной на новейшем контроллере фирмы «Siemens», которая обеспечивает компьютерную паспортизацию технологических параметров сварки каждого стыка.[3]

Таблица 2.10 – Технические характеристики сварочной машины К – 1000

Наименование параметра	Норма
Номинальное напряжение питающей сети, В	380
Частота тока питающей сети, Гц	50
Наибольший вторичный ток, кА	120
Номинальный длительный вторичный ток, кА	19
Мощность короткого замыкания, кВА	800
Мощность сварочная при ПВ=50%, кВА	180
Наибольшее рабочее давление в гидросистеме, МПа	21
Максимальная скорость осадки, мм/с	100
Максимальное усилие осадки, кН	840

Максимальное усилие зажатия, кН	2100
Масса комплекта поставки, кг	12330
Габаритные размеры, мм:	
машины сварочной	5150×1300×2700
шкафа управления	1350×650×1670
станции насосной	1370×720×1620
шкафа для компьютера	770×650×1675

2.5.2 Режимы сварки

Режимы сварки пульсирующим оплавлением на машине контактной сварки К – 1000, для рельса типа Р65 представлены в таблице 2.11.[11]

Таблица 2.11 – Режимы сварки пульсирующим оплавлением

Наименование параметра		Значение параметра для рельсов типа
		Р65
Давление в гидравлической системе, МПа		12-15
Давление осадки, МПа		9-12
Давление зарядки аккумулятора, МПа		10±1
Скорость осадки при холостом ходе, мм/с, не менее		30
Скорость оплавления, мм/с		0,07-0,20
Скорость форсировки, мм/с		0,7-2,5
Напряжение первичной обмотки сварочных трансформаторов, В	Первый период	355-440
	Второй период	250-360
	Третий период	355-440
Перемещение (путь), мм		9-18
Величина осадки, мм		11,5-18,0
Время осадки под током, с		1-2

отказы элементов верхнего строения пути, сокращение межремонтных сроков, рост затрат на содержание пути.

Для исключения случаев поставки железным дорогам некачественных конструкций и элементов верхнего строения пути, повышения ответственности поставщиков и необоснованных убытков, на производственных базах путевых машинных станций и дистанций пути должен обеспечиваться надежный входной контроль поступающих материалов, а также контроль за отказами элементов верхнего строения пути при эксплуатации на протяжении гарантийного и всего срока их службы. На конструкции и элементы верхнего строения пути не прошедшие входного контроля при их поступлении на железные дороги, или не выдержавшие условий гарантии при эксплуатации пути поставщикам должны предъявляться претензии на замену некачественной продукции и возмещение понесенных дорогой убытков.

▪ **Входной контроль рельсов**

Поставляемые железным дорогам рельсы должны отвечать требованиям.[9] При поступлении новых рельсов в РСП они должны подвергаться сплошному входному контролю. На каждом рельсе должно иметься клеймо инспектора-приемщика ОАО «РЖД». При входном контроле проводятся следующие проверки:

- наличие клейма инспектора-приемщика ОАО «РЖД»;
- маркировка;
- наличие поверхностных дефектов;
- прямолинейность концов рельсов;
- химический состав (для рельсов, предназначенных для сварки).

Методика контроля.

Клеймо инспектора-приемщика ОАО «РЖД» проверяется согласно ГОСТ Р 51685-2000 п.6.19.[9]

Маркировка рельсов проверяется согласно ГОСТ Р 51685-2000 п.6.19.[9]

Проверка поверхностных дефектов осуществляется следующим образом. Перед проведением складирования рельсы выкладываются на инспекторский стенд с искусственным освещением не менее 100 Люкс. Проверяющий кроме 2-х метровой линейки и штангенциркуля, должен иметь зубило и молоток для скалывания окалины и счистки ржавчины.

Поверхность рельса должна быть без раскатанных загрязнений трещин, рванин, скворечников, плен, закатов, раковин от окалины, рябизны, подрезов и вмятин, поперечных рисок и царапин.

Допускаемые дефекты поверхности и их характеристика приведены в таблице 2.12.

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

знаки на шейке должны быть сошлифованы на расстоянии 600 мм от торца рельса (от сварного шва не менее 150 мм).

▪ **Контроль качества сварных соединений**

После выполнения операций грубой шлифовки контролер сварочных работ приступает к проверке качества обработки сварного стыка и учета длины рельсовой плети:

- выполняется очистка сварного стыка от окалины, брызг металла с помощью шабера, металлической щетки;

- выполняется визуальный контроль сварного стыка по всему периметру и используя металлическую линейку ШД-1000, прикладываемой серединой к сварному шву и щуп № 2, произвести контроль сварного стыка на прямолинейность;

- используя термометр измерить температуру рельсовой плети;

- используя рулетку 30 м измерить длину рельсовой плети.

Условная начальная длина рельсовых плетей 800 м определяется при температуре рельсов + 20 °С. При температуре рельсов, отличающейся от + 20 °С, в расчетное условное значение вводят поправку:

$$\Delta L = 0,0118L(20 - t); \quad (2.1)$$

где L – измеренная при данной температуре неметаллической лентой длина плети, м;

t – температура рельсовой плети в момент измерения длины плети, °С.

Обработанная поверхность сварных стыков рельсов после шлифования должна быть чистой, без раковин, заусенцев.

Поверхность катания и боковые грани головки рельса должны быть прямолинейными, допуск на прямолинейность на длине 1 м после шлифования ± 0,3 мм.

Прогибы вниз (седловины) в сварных стыках не допускаются.

Вдавленные клейма на рельсе должны отстоять от торца рельса на расстоянии не менее 150 мм (от сварного шва не менее 100 мм), выпуклые знаки на шейке должны быть сошлифованы на расстоянии 150 мм от торца рельса (от сварного шва не менее 100 мм).

Рельсовые вставки должны быть не менее 6 м.

Каждый сварной стык должен иметь порядковый номер, нанесенный масляной краской на шейке рельса. В начале и конце каждой рельсовой плети на расстоянии 1,5 м от первого и последнего сварного стыка на внутренней стороне шейки рельса наносят разметку масляной краской по ГОСТ 10503. [15]

Около каждого сварного стыка наносят его порядковый номер: 1,2,3...и т.д.

Торцы рельса должны быть перпендикулярными к продольной оси, перекос не должен превышать 1 мм, при измерении в любом направлении.

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-150301-071106893-ПЗ					

Поверхности катания рельсов должны быть на одном уровне. Несовпадение торцов стыкуемых рельсов должно быть смещено по высоте на подошву, а по ширине головки - в сторону нерабочей грани.

В обязательном порядке производить визуальный контроль каждого сварного стыка на наличие видимых дефектов типа поджег, поверхностные трещины, волосовины, острые кромки и т.д.

▪ **Чистовая шлифовка**

Чистовое шлифование сварных стыков по поверхности катания и боковым граням головки выполняется абразивными кругами чашечного типа на стационарных шлифовальных машинах СЧР.



Рисунок 2.7 – Машина для чистовой обработки рельсов СЧР

Технические характеристики данной машины представлены в таблице 2.16.

Таблица 2.16 – Технические характеристики СЧР

Параметр	Значение
Электродвигатель трехфазный, 220В, 50Гц, мощность, кВт	1,7
Тип обрабатываемых рельсов	P50, P65, P75
Шлифовальный круг	
наружный диаметр, мм	150
внутренний диаметр, мм	51
высота, мм	63
Окружная скорость, м/с	40
Подача шлифовального круга	



Рисунок 2.8 – Комплекс высокочастотный индукционный нагревательный для термообработки сварных стыков рельсов УИН 001-100/РТ

Состав комплекса:

- преобразователь частоты регулируемой мощности;
- термообрабатывающий модуль, состоящий из нагревательного блока, закалочного устройства и блока управления процессом термообработки;
- станина.

Технические характеристики УИН 001-100/РТ представлены в таблице 2.17.

Таблица 2.17 – Технические характеристики УИН 001-100/РТ

Параметры питающей сети, Гц	380/220 В, 50
Максимальная установленная мощность, кВА	100
Частота преобразования, кГц	8
Температура нагрева, °С	850 ÷ 950
Время индукционного нагрева, не более, сек	240
Время охлаждения, не менее, сек	180
Охлаждение преобразователя частоты	воздушное
Охлаждение индуктора	Водяное
Расход охлаждающей воды, не менее, л/мин	6
Давление охлаждающей воды, не менее, МПа	0,2
Рабочее давление в системе подачи воздуха, МПа	0,5 ÷ 0,8
Расход воздуха, не менее, л/мин	3600
Габариты преобразователя частоты, не более, мм	62x530x1600
Масса преобразователя частоты, не более, кг	170
Масса термообрабатывающего модуля, не более, кг	150

				БР-150301-071106893-ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
					49	

Блок управления технологическим процессом обеспечивает полную автоматизацию с минимальным участием оператора и реализует следующие функции:

- управление комплексом в двух режимах – ручном и автоматическом;
- задание и контроль параметров термообработки (температуры индукционного нагрева, времени нагрева, мощности преобразователя частоты, времени закалки, давления воздуха в закалочном устройстве);
- контроль технического состояния оборудования комплекса по сигналам с датчиков и концевых выключателей;
- создание, накопление и хранение паспортных данных (информации о протекании процесса термообработки) на каждый сварной стык с возможностью их распечатки на встроенном принтере;
- создание сменного рапорта по результатам работы комплекса за смену с выдачей заключения по каждому стыку (годен/не годен) с возможностью распечатки на принтере после окончания смены.

В результате использования данного комплекса повышается качество сварного стыка, а именно выравнивается структура металла в зоне термического влияния сварки, восстанавливается твердость металла головки до уровня основного, возрастает усталостная и хрупкая прочность, ударная вязкость при отрицательных температурах, достигается равнопрочность сварного соединения и основного металла.[10]

▪ **Контроль (УЗД)**

Для надежного обнаружения дефектов каждую зону следует проверять с двух сторон сварного стыка дефектоскопом «Авикон-02Р».



Рисунок 2.9 – Портативный дефектоскоп АВИКОН-02Р

Портативный дефектоскоп АВИКОН-02Р предназначен для контроля электроконтактных и алюминио-термитных сварных стыков рельсов и других металлоизделий, а также для измерения координат обнаруженных дефектов и амплитуд сигналов от них. Контролю подлежат рельсы типа Р50, Р65 и Р75,

									Лист
									50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-150301-071106893-ПЗ				

в подошву с поверхности катания головки выполнять в режиме «КОНТРОЛЬ ОТ ПОВЕРХНОСТИ».

При контроле шейки и участка подошвы под шейкой с поверхности катания преобразователь перемещают в зоне, ограниченной расстояниями 50 и 200 мм от сварного стыка.[16]

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

3. КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

3.1 Введение

В данной главе представлено описание систем управления сварочной машины, представлены закономерности вложенные в память блоков управления, показаны взаимосвязи датчиков управления, визуально представлены диалоговые окна управления сварочной машиной, а также дана информация по схемотехническому решению, системе диагностики, отчетам по сварке. Проведены расчеты необходимых размеров основных величин гидроцилиндров.

3.2 Описание основных узлов и принципов функционирования машины

Система управления обеспечивает:

- управление исполнительными устройствами и механизмами сварочной машины, как в ручном, так и в полуавтоматическом режимах;
- управление технологическим циклом в соответствии с циклограммой работы сварочной машины с программированием его в функции перемещения подвижной станины с непрерывным или пульсирующим оплавлением;
- допусковый контроль и запись параметров сварочного цикла с выдачей паспорта на сваренный стык с указанием его годности или брака.[3]

Состав системы управления.

Система управления сварочной машиной состоит из следующих составных частей:

- шкафа управления (см. рисунок 3.1);
- пульта управления.

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54



Рисунок 3.1 – Шкаф управления рельсосварочной машиной

Система управления выполнена на базе оборудования фирмы SIEMENS:
- управляющий контроллер SIMATIC S7-300 (процессорный модуль типа CPU 314C-2 PtP с дополнительными модулями входов / выходов);
- промышленного компьютера с сенсорным 12 дюймовым ЖК экраном SIMATIC PANEL PC IL 70, связанным с управляющим контроллером по MPI каналу связи (см. рисунок 4.2).

Непосредственное управление сварочной машиной осуществляет контроллер типа SIMATIC S7-300 в соответствии с программным обеспечением, записанным в его память и по технологической программе сварочного процесса, переданной ему по каналу связи из промышленного компьютера.

Промышленный компьютер предназначен для программирования процесса сварки и обеспечения функций допускового контроля основных параметров сварочного процесса, диагностики и визуализации состояния датчиков и исполнительных устройств и механизмов сварочной машины.

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

преобразования сигналов МИП-02, а затем, на аналоговый вход контроллера S7-300.

Схема фазового регулирования работает следующим образом:

Переменное напряжение первичного силового контура машины через развязывающий трансформатор поступает на модуль фазового управления и служит для его синхронизации. Модуль фазового управления формирует последовательность импульсов для включения тиристорного контактора КТ1 с углом включения, задаваемым системой управления. Каждый раз серия импульсов начинается с положительной полуволны питающего напряжения. Особенность работы модуля состоит в принудительном продлении серии импульсов включения тиристорного контактора до окончания отрицательной полуволны напряжения. Необходимость отработки такого алгоритма вызвана недопустимостью включения сварочного трансформатора дважды на одной и той же полуволне питающего напряжения, что связано с сильным насыщением сердечника трансформатора в процессе его работы.

Система диагностики.

Система программирования, контроля, диагностики и визуализации измеряет на протяжении всего цикла сварки и фиксирует с дискретностью 100 мс следующие параметры сварочного процесса:

- ток сварки;
- напряжение сварки;
- первичное напряжение сварочного трансформатора;
- перемещение;
- давление в цилиндре осадки;
- напряжение управления гидрозолотником;
- заданное перемещение.

Система реализована в виде интуитивно понятного оконного меню. Из главного меню возможен выход в соответствующие окна:

- окно выбора состава смены;
- окно состояния машины;
- окно ввода программы;
- окно работы с архивом сварок;
- окно вызова помощи.

В окне «выбора состава смены» осуществляется выбор фамилий мастера, сварщика, кода и номера стыка и номера технологической программы, на режимах которой будет производиться сварка.

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

3.3 Расчеты давления и усилия зажатия

Стыковая сварка относится к термомеханическому классу, поэтому в технологическом процессе присутствуют как электрические показатели, так и механические. Приложение механических усилий необходимо в двух плоскостях:

- в горизонтальной плоскости применение механического усилия необходимо для выполнения осадки (проковки) деталей;
- в вертикальной плоскости применение механического усилия служит для зажатия заготовки сварочными и силовыми электродами, что обеспечивает лучший контакт в системе электрод – деталь, уменьшая сопротивление сварочного тока, а также данное усилие должно исключать проскальзывание при осадке.

Для того что бы избежать проскальзывания при осадке необходимо провести расчет силы зажатия электрода. На рисунке 3.6 представлена схема распределения механических сил в двух плоскостях.

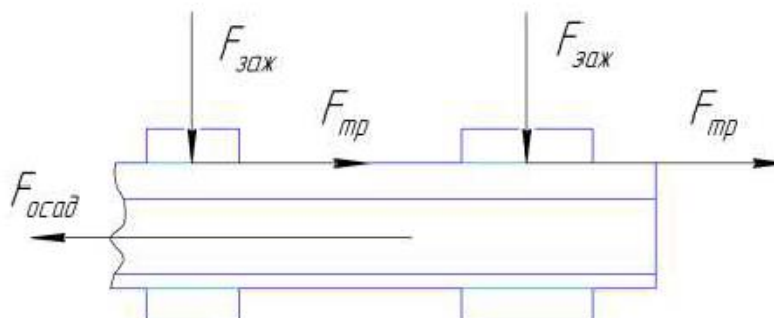


Рисунок 3.6 - Схема распределения действующих механических сил при процессе осадки

Сила трения всегда направлена вдоль поверхности соприкосновения в сторону, противоположную приложенной силе ($F_{осад}$), и описывается равенством:

$$F_{тр} = \mu \cdot F_{норм}; \quad (3.1)$$

где $F_{тр}$ – сила трения, Н;

μ – коэффициент трения;

$F_{норм}$ – сила нормального давления, которое прижимает тело к опоре, Н;

Для данного случая примем:

$$F_{норм} = F_{заж}; \quad (3.2)$$

Давление – это действие приложенной силы на определенную площадь, данное определение можно выразить в виде:

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-150301-071106893-ПЗ				

$$P_{\text{заж}} = \frac{F_{\text{заж}}}{S}; \quad (3.3)$$

где: $P_{\text{заж}}$ – давление зажатия, Па;

$F_{\text{заж}}$ – сила зажатия, Н;

S – площадь соприкосновения, м².

Из формулы 3.3 выразим $F_{\text{заж}}$:

$$F_{\text{заж}} = P_{\text{заж}} \cdot S. \quad (4.4)$$

Для исключения проскальзывания необходимо чтобы выполнялось данное неравенство:

$$F_{\text{пр}} \geq F_{\text{осад}}; \quad (3.5)$$

Из справочных данных выясним, что коэффициент $\mu = 0,53$; [17]

Из экспериментально полученных данных видно, что максимальная $F_{\text{пр}} \approx 850 \text{ кН}$.

Таким образом необходимо, чтобы $F_{\text{заж}}$ была больше чем 850 кН .

Из рисунка 3.6 мы видим, что при зажатии изделия в контакте находятся 4 бронзовых электрода, поэтому для вычисления общей площади контакта запишем формулу:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4; \quad (3.6)$$

$$S = 200 \cdot 150 + 200 \cdot 80 + 200 \cdot 80 + 200 \cdot 150 = 30000 + 16000 + 16000 + 30000 = 92000 \text{ мм}^2 = 0,092 \text{ м}^2.$$

Показания манометра в гидроцилиндре зажатия, при зажатой заготовке, составляют 200 кгс/см^2 . Известно, что 1 кгс/см^2 равно $98066,5 \text{ Па}$. Тогда переводя единицы измерения получим следующие данные:

$$F_{\text{заж}} = 200 \cdot 98066,5 \cdot 0,092 = 1804423,6 \text{ Н}.$$

Далее можем вычислить:

$$F_{\text{пр}} = 0,53 \cdot 1804423,6 = 956344,5 \text{ Н} = 956,3 \text{ кН}.$$

Неравенство 3.5 выполняется, тем самым проскальзывание изделия во время сварки и проковки исключается.

Тогда вычислим:

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

3.3.1 Расчет гидроцилиндра осадки

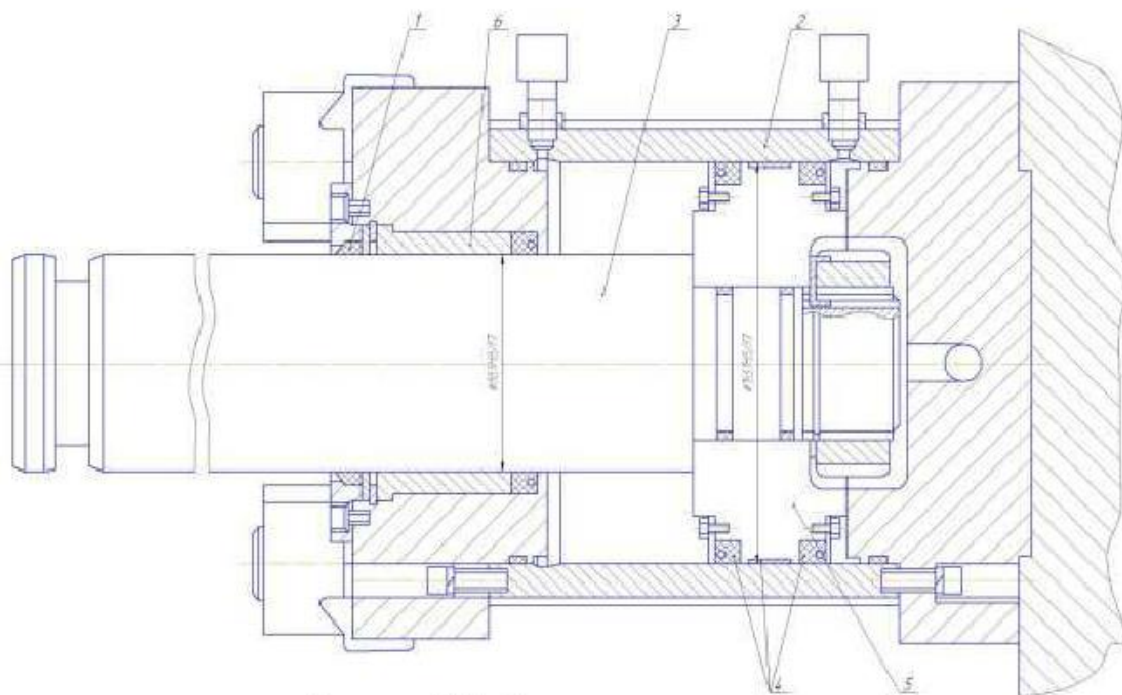


Рисунок 3.7 - Гидроцилиндр осадки

D – диаметр поршня, $D = 165,1$ мм.

d – диаметр штока, $d = 88,9$ мм.

P – рабочее давление гидроцилиндра осадки, $P_{oc} = 15000000$ Па. С учетом коэффициента запаса прочности $k=1,5$, в расчетах принимается значение $P_{oc} = 22500000$ Па.

S – ход поршня, $S = 100$ мм.

- Площадь поршня в поршневой полости:

$$F_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4}; \quad (3.10)$$

$$F_1 = \frac{3,14 \cdot 165,1^2}{4} = 21397,5 \text{ мм}^2 = 0,0214 \text{ м}^2;$$

- В штоковой полости:

$$F_2 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}; \quad (3.11)$$

$$F_2 = \frac{3,14 \cdot (165,1^2 - 88,9^2)}{4} = 15193,5 \text{ мм}^2 = 0,0152 \text{ м}^2;$$

$$\delta_x = 0,433 \cdot 0,229 \cdot \sqrt{\frac{28100000}{16 \cdot 10^7}} = 0,992 \cdot 0,375 = 0,0416 \text{ м} = 42 \text{ мм.}$$

- Диаметр штока, работающего на растяжение и сжатие соответственно:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot R_2}{\pi \cdot [\sigma_p]}}; \quad (3.17)$$

$$d_c = D \cdot \sqrt{\frac{R_1}{[\sigma_c]}}; \quad (3.18)$$

Тогда:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 335000}{3,14 \cdot 16 \cdot 10^7}} = 0,052 \text{ м} = 52 \text{ мм};$$

$$d_c = 0,165 \cdot \sqrt{\frac{472000}{10 \cdot 10^7}} = 0,165 \cdot 0,194 = 0,011 \text{ м} = 11 \text{ мм.}$$

Для нагруженного штока поршня запас по продольной устойчивости не менее 1.6, тогда диаметр штока поршня равен 90 мм. [19]

Диаметр болтов для крепления крышек гидроцилиндров определяют по формуле [20]:

$$d_b = D \cdot \sqrt{\frac{P}{1,2 \cdot n \cdot [\sigma_p]}}; \quad (3.19)$$

где n - количество болтов;

$$d_b = 0,165 \cdot \sqrt{\frac{2,25 \cdot 10^7}{1,2 \cdot 5 \cdot 16 \cdot 10^7}} = 0,165 \cdot 0,153 = 0,024 \text{ м} = 24 \text{ мм.}$$

Диаметр болта для крепления принимаем равным 24 мм.

3.3.2 Расчет гидроцилиндра зажатия

						Лист
					БР-150301-071106893-ПЗ	68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$R_3 = F_3 \cdot P_3 \cdot k_{mp}; \quad (3.22)$$

$$R_3 = 0,103 \cdot 36,75 \cdot 10^6 \cdot 0,98 = 3709,5 \text{ кН}.$$

и

$$R_4 = F_4 \cdot P_4 \cdot k_{mp}; \quad (3.23)$$

$$R_4 = 0,064 \cdot 36,75 \cdot 10^6 \cdot 0,98 = 2305 \text{ кН}.$$

Расчеты на прочность

D_n – наружный диаметр гидроцилиндра, $D_n = 410,55 \text{ мм}$.

D – внутренний диаметр гидроцилиндра, $D = 361,95 \text{ мм}$.

При соотношении $D_n/D < 1,2$ гидроцилиндр называют тонкостенным;

$$\frac{D_n}{D} = \frac{410,55}{361,95} = 1,13.$$

- Толщину стенки тонкостенного гидроцилиндра определяют по формуле:

$$\delta = \frac{P_y \cdot D}{2,3 \cdot [\sigma] - P_y}; \quad (3.24)$$

Тогда:

$$P_y = 1,25 \cdot 36750000 = 45937500 \text{ Па} = 45,9 \text{ МПа};$$

$$\delta = \frac{45900000 \cdot 0,362}{2,3 \cdot 16 \cdot 10^7 - 45900000} = 0,052 \text{ м} = 52 \text{ мм}.$$

- Толщину крышки гидроцилиндра определяют по формуле:

$$\delta_k = 0,433 d_k \cdot \sqrt{\frac{P_y}{[\sigma]}}; \quad (3.25)$$

где d_k - диаметр крышки гидроцилиндра, $d_k = 228,8 \text{ мм}$;

$$\delta_k = 0,433 \cdot 0,52 \cdot \sqrt{\frac{45900000}{16 \cdot 10^7}} = 0,225 \cdot 0,535 = 0,120 \text{ м} = 120 \text{ мм}.$$

- Диаметр штока, работающего на растяжение и сжатие соответственно:

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot R_4}{\pi \cdot [\sigma_p]}}; \quad (3.26)$$

$$d_n = D \cdot \sqrt{\frac{R_3}{[\sigma_c]}}; \quad (3.27)$$

Тогда:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 2305000}{3,14 \cdot 16 \cdot 10^7}} = 0,135 м = 135 мм;$$

$$d_c = 0,362 \cdot \sqrt{\frac{3709500}{10 \cdot 10^7}} = 0,362 \cdot 0,193 = 0,070 м = 70 мм.$$

Для нагруженного штока поршня запас по продольной устойчивости не менее 1.6, тогда диаметр штока поршня равен 225 мм.

- Диаметр болтов для крепления крышек гидроцилиндров определяют по формуле:

$$d_b = D \cdot \sqrt{\frac{P}{1,2 \cdot n \cdot [\sigma_p]}}; \quad (3.28)$$

где n - количество болтов;

$$d_b = 0,362 \cdot \sqrt{\frac{3,67 \cdot 10^7}{1,2 \cdot 18 \cdot 16 \cdot 10^7}} = 0,362 \cdot 0,103 = 0,036 м = 36 мм.$$

3.4 Выводы по разделу

В данном разделе было описано устройство управления машины, описаны последовательности и приведены блок-схемы действия датчиков и других управляющих, измеряющих устройств. Также в данном разделе проводились расчеты необходимых величин для гидроцилиндров зажатия и осадки.

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

4 Экономический раздел проекта

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Введение

В данной главе рассчитываются основные технико-экономические показатели проекта: Нормы времени, количество оборудования и рабочих, капитальные вложения и технологическая себестоимость.

Исходными данными к проекту являются: программа выпуска 10000 сварных стыков /год, режим работы предприятия – 2 смены по 12 часов.

4.1 Расчет нормы времени и фондов времени, оборудования и рабочих

При мелкосерийном производстве рассчитываем штучное время:

$$t_{шт} = t_o + t_{вн} + t_{обс} + t_{отд} \quad (4.1)$$

где $t_{шт}$ – штучное время, н/ч;

t_o – основное время сварки изделия (образование сварного шва), н/ч;

$t_{вн}$ – вспомогательное неперекрываемое время, затрачиваемое на действия рабочего, необходимые для выполнения основной работы: время на установку, кантование в процессе обработки, снятие изделия, клеймение шва, перемещение сварщика с автоматом и инструментом от шва к шву, зачистка свариваемых кромок от окалины, шлака, ржавчины и т.д., н/ч;

$t_{обс}$ – время затрачиваемое рабочим на уход за рабочим местом (механизмом, инструментом), на регулирование и поддержание заданного режима (подналадка оборудования), включение и выключение оборудования и механизмов, н/ч;

$t_{отд}$ – время на отдых и личные надобности рабочего, н/ч;

$$t_o = 0,2 \text{ н/ч. (учитывая термообработку)}$$

Принимаем $t_{вн}$ равное 0,2 н/ч.

$T_{обс}$ рассчитываем в процентах от оперативного времени ($t_o + t_{вн}$).

$T_{обс}$ составляет 10% от ($t_o + t_{вн}$);

$$t_{обс} = 0,1 \cdot (0,2 + 0,2) = 0,04 \text{ н/ч.}$$

$T_{отд}$ составляет 7% от ($t_o + t_{вн}$);

$$t_{отд} = 0,07 \cdot (0,2 + 0,2) = 0,028 \text{ н/ч.}$$

$$T_{шт} = 0,2 + 0,2 + 0,04 + 0,028 = 0,468 \text{ н/ч.}$$

Расчет действительного фонда времени работы оборудования производим по формуле:

									Лист
									73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-150301-071106893-ПЗ				

$$F_d^O = F_{\text{НОМ}} \cdot \kappa_{\text{ППР}} \quad (4.2)$$

где F_d^O – действительный фонд времени работы оборудования, ч/год;
 $F_{\text{НОМ}}$ – номинальный годовой фонд времени работы оборудования, ч/год;
 $\kappa_{\text{ППР}}$ – коэффициент, учитывающий время по плану на капитальный и средний ремонты, текущее планово-предупредительное обслуживание.
 При односменном режиме работы $\kappa_{\text{ППР}}=0,97$.

Номинальный годовой фонд работы оборудования определим следующим образом:

$$F_{\text{НОМ}} = \frac{D_r \cdot r_n}{D_n} \quad (4.3)$$

где D_r – число дней работы в году (календарные дни за минусом праздничных и выходных)
 r_n – число часов работы в неделю.
 D_n – число дней работы в неделю.

Суточный режим работы на предприятии – в две смены по 12 часов.
 Принимаем $D_r=252$ дней.

$$F_{\text{НОМ}} = \frac{252 \cdot 168}{7} = 6048 \text{ ч / год}$$

$$F_d^O = 6048 \cdot 0,97 = 5866,56 \text{ ч / год}$$

Действительный фонд времени рабочего F_d^P рассчитаем по формуле:

$$F_d^P = F_{\text{НОМ}} \cdot \kappa_O \quad (4.4)$$

где κ_O – коэффициент, учитывающий время по плану на отпуска, болезни, выполнение общественных и государственных обязанностей.

Принимаем κ_O равное 0,88.

Так как режим работы на предприятии двухсменный четырехбригадный, то для рабочего номинальный годовой фонд работы составит:

$$F_{\text{НОМ}} = \frac{6048}{4} = 1512 \text{ ч / год}$$

$$F_d^P = 1512 \cdot 0,88 = 1330,56 \text{ ч / год}$$

4.2 Расчет потребности в оборудовании и количестве рабочих

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Коэффициент занятости рабочих $\eta_{зан}$ рассчитаем как отношение расчетного количества рабочих к принятому:

$$\eta_{зан} = \frac{P_p^o}{P_{пр}^o} \quad (4.8)$$

$$\eta_{зан} = \frac{2,93}{3} = 0,98.$$

4.3 Расчет капитальных вложений

Общие капитальные вложения:

В сварочном производстве обычно ограничиваются расчетом капитальных вложений в оборудование $K_{об}$ и в приспособления $K_{пр}$.

$$K_{общ} = K_{об} + K_{пр} \quad (4.9)$$

В данном случае $K_{пр} = 0$, т.к. установка представляет собой комплекс, включающий все необходимые приспособления

Капитальные вложения в оборудование:

Стоимость установки для сварки рельс – 15200000 рублей.

$$K_{общ} = 15200000 \text{ руб.}$$

4.4 Расчет текущих затрат /12/

Технологическая себестоимость C_T сварочных работ на один стык включает затраты на сварочные материалы C_M , на технологическую электроэнергию $C_э$, заработную плату $C_з$, расходы на эксплуатацию и содержание оборудования $C_{об}$:

$$C_T = C_M + C_э + C_з + C_{об} \quad (4.10)$$

Затраты на сварочные материалы:

$$M_{св} = M_э + (M_в + M_{воз}) \cdot K_б; \quad (4.11)$$

где $M_{св}$ – затраты на сварочные материалы, руб.;

$M_э$ – затраты на окисление электродов из бронзы, руб.;

$M_в$ – затраты на охлаждающую воду, руб.;

$M_{воз}$ – затраты на сжатый воздух, руб.

Затраты на электроды:

$$M_э = m_э \cdot Ц_э, \quad (4.12)$$

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

где $M_э$ – затраты на электроды, руб;
 $m_э$ – масса необходимых электродов, т;
 $C_э$ – цена за тонну медных электродов, руб. $C_э = 1200000$ руб.
 Масса электродов, затрачиваемых на один стык:

$$m_э = m_{год} / (N * K_б); \quad (4.13)$$

где $m_э$ – масса электродов затрачиваемых на одно изделие, т;
 $m_{год}$ – масса электродов расходуемых на одну машину в год, т;
 $K_б$ – коэффициент учета брака.
 Тогда согласно формуле (4.13) получаем:

$$m_э = \frac{0,05}{10000 * 1,1} = 2,27 * 10^{-5} \text{ т.},$$

Тогда согласно формуле (4.12) получаем:

$$M_э = 2,27 * 10^{-5} * 1200000 = 27,27 \text{ руб.}$$

Расход воздуха определяем по формуле 4.14:

$$P_{воз} = P_{воз.ч} * t_{шт}, \quad (4.14)$$

где $P_{воз}$ – расход воздуха на одно изделие, м^3 ;
 $P_{воз.ч}$ – нормативный расход воздуха для сварочной машины, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 $t_{шт}$ – штучное время, ч.

$$P_{воз} = 20 * 0,094 = 1,88 \text{ м}^3.$$

Расход воды:

$$P_в = P_{вч} * t_{шт}, \quad (4.15)$$

где $P_в$ – расход воды, л;
 $P_{вч}$ – нормативный расход воды, л/ч.

Однако, поскольку вода циркулирует по замкнутому контуру, принимаем $P_в \approx 0$

Стоимость сжатого воздуха:

$$M_{воз} = P_{воз} * C_{воз}, \quad (4.16)$$

где $M_{воз}$ – стоимость сжатого воздуха, руб.;

									Лист
									77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	БР-150301-071106893-ПЗ				

Штучное время на сварку одного стыка составляет $t_{шт}=0,468$ н/ч.

Часовую тарифную ставку сварщика 5-го разряда по данным завода принимаем: 100 руб./ч.

Принимаем $k_d=1,6$

$$Z_o = 0,468 \cdot 100 \cdot 1,6 = 74,88 \text{ руб / изделие.}$$

Дополнительную заработную плату производственных рабочих рассчитаем в процентах от основной заработной платы:

$$Z_d = Z_o \cdot \frac{D}{100} \quad (4.21)$$

где D – процент дополнительной заработной платы (оплата рабочим отпусков, льготных часов подростков, оплата перерывов кормящим матерям, оплата времени рабочего на выполнение государственных и общественных обязанностей).

Принимаем D в размере 15%.

$$Z_d = 74,88 \cdot \frac{15}{100} = 11,23 \text{ руб / стык.}$$

Отчисления на социальные нужды определим в процентах от суммы основной и дополнительной заработной платы:

$$O_c = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{C}{100} \quad (4.22)$$

где C – процент отчислений на социальные нужды.

Принимаем C в размере 31,2%.

$$O_c = (74,88 + 11,23) \cdot \frac{31,2}{100} = 26,87 \text{ руб / изделие.}$$

Итого заработная плата за сварку одного стыка составит:

$$C_z = 74,88 + 11,23 + 26,87 = 112,98 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования $C_{об}$ включают амортизационные отчисления A_o , затраты на текущий ремонт и обслуживание $Z_{тр}$ сварочного оборудования:

$$C_{об} = A_o + Z_{тр} \quad (4.23)$$

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Затраты на амортизацию сварочного оборудования по изделию определим исходя из его балансовой стоимости и норм амортизационных отчислений:

$$A_o = \frac{\sum S_i \cdot n_i \cdot H_A \cdot \eta_{\text{загр}}}{N \cdot 100} \quad (4.24)$$

где S_i – балансовая стоимость единицы оборудования i -типоразмера;
 n_i – количество единиц оборудования i -типоразмера;
 H_A – норма амортизационных отчислений;
 $\eta_{\text{загр}}$ – средний коэффициент загрузки оборудования при сварке изделия;
 N – годовая программа выпуска изделий.

$$A_o = \frac{15200000 \cdot 27 \cdot 0,95}{10000 \cdot 100} = 389,88 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт и обслуживание оборудования определим по формуле:

$$З_{\text{ТР}} = \frac{P_o \cdot \sum S_i \cdot n_i \cdot \eta_{\text{загр}}}{N \cdot 100} \quad (4.25)$$

где P_o – процент отчислений на текущий ремонт оборудования от его балансовой стоимости S_i .

Принимаем $P_o=10\%$.

$$З_{\text{ТР}} = \frac{15200000 \cdot 11 \cdot 0,95}{10000 \cdot 100} = 158,84 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{об}} = 389,88 + 158,84 = 548,72 \text{ руб.}$$

Итого технологическая себестоимость сварки одного стыка составит:

$$C_T = 27,28 + 32,64 + 112,98 + 548,72 = 721,62 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты:

$$W = (c_i + E_H \cdot k_i) \cdot N_i \quad (4.26)$$

где c_i – текущие затраты на производство единицы продукции, руб.;;
 E_H – коэффициент экономической эффективности;
 k_i – удельные капитальные вложения;
 N_i – годовая программа выпуска продукции.

$$W = (721,62 + 0,25 \cdot \frac{15200000}{10000}) \cdot 288 = 11016200 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости сварочного оборудования определим по формуле:

						Лист
					БР-150301-071106893-ПЗ	80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении ВКР был проведен обзор способов сварки рельсов, представлен технологический процесс изготовления сварной нити бесстыкового пути, рассчитаны рабочие размеры и показатели гидроцилиндров зажатия и осадки, также была описана система управления и диагностики. Проводился организационно экономический анализ.

					БР-150301-071106893-ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

