

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(Национальный исследовательский университет)

Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»
Кафедра «Материаловедение и физико-химия материалов»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, ()
_____()
_____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
_____(Винник Д.А.)
_____ 2020 г.

УЧАСТОК ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ
ДЕТАЛЕЙ ТРУБОПРОВОДОВ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ ЮУрГУ–
22.04.02.2020.155.ПЗ ВКР

Руководитель работы, Доцентк.ф-м.н.,

_____ В.Л Ильичев
_____ 2020 г.

Автор проекта
студент группы П - 243

_____ Д.Г Трубчик
_____ 2020г.

Нормоконтролер, Доцентк.ф-м.н.,

_____ В.Л Ильичев
_____ 2020 г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Трубчик Д.Г. Участок термической обработки соединительных деталей трубопроводов. – Челябинск: НИУ ЮУрГУ, ПЗ-243, 71 с., 16 ил., 15 табл., библиогр. список – 9 наим.

Соединительные детали трубопроводов - это необходимые соединительные элементы для трубопроводов, которые служат для плавного перехода направления труб в процессе монтажа при помощи сварки однотипных труб. Соединительные детали трубопроводов расположены в местах разветвлений и поворотов, а также в местах перехода трубы на иной диаметр. Такие детали являются ответственным продуктом, так как они должны обеспечивать надежность эксплуатации и герметичность труб, а также их долговечность.

За счёт термической обработки, детали получают определённый комплекс свойств прочности и пластичности, в зависимости от условий эксплуатации и требований к самим деталям.

В настоящей работе спроектирован усовершенствованный технологический процесс термической обработки тройников на базе АО «Трубодеталь».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЗАДАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	10
1.1 Химический состав и свойства стали 09Г2С	10
1.2 Выбор и обоснование режима	22
2. ВЫБОР, ОПИСАНИЕ И РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ.....	28
2.1 Выбор и описание оборудования для термической обработки.....	29
2.2 Техническая характеристика выбранного оборудования	29
3 РАСЧЁТ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА.....	33
3.1 Исходные данные для расчёта	33
3.2 Расчёт продуктов сгорания	33
3.3 Составление материального баланса	34
3.4 Определение температуры горения.....	36
4 РАСЧЁТ ВРЕМЕНИ НАГРЕВА МЕТАЛЛА	38
4.1 Тепловой расчет электрической печи	42
4.2 Полезное тепло, расходуемое на нагрев металла	42
4.3 Тепло, теряемое вследствие теплопроводности кладки печи	42
4.4 Потери тепла излучением через открытое загрузочное окно.....	48
4.5 Потери тепла вследствие коротких замыканий $Q_{\text{ткз}}$	48
4.6 Потери тепла на нагрев приспособления.....	49
4.7 Расчет КПД электрической печи	50
4.8 Планировка участка термической обработки	50

5 АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОГО БРАКА.....	53
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	54
6.1 Опасные и вредные факторы	54
6.2 Вредные вещества.....	54
6.3 Нерациональное освещение.....	56
6.4 Шум	57
6.5 Микроклимат.....	58
6.6 Воздействие электрического тока.....	60
6.7 Мероприятия по обеспечению безопасных условий труда.....	61
6.7.1 Мероприятия по уменьшению влияния вредных веществ	61
6.7.2 Мероприятия по снижению запылённости на участке	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	65

ВВЕДЕНИЕ

Переход — деталь, которая предназначена для соединения труб на тех участках трубопровода, на которых нужно произвести изменение диаметра трубопровода с большего диаметра на меньший и наоборот. В результате такого изменения происходит уменьшение или увеличение движущегося потока вещества. Переход по своей форме представляет усеченный конус. Переходы, в зависимости от своего назначения, могут быть изготовлены из различных сталей таких как 20 12Х1МФ 13ХФА и другие. В данной работе рассмотрим сталь 09Г2С. Они бывают небольших диаметров и держат невысокое давление.

По технологии изготовления переходы подразделяются на:

- штампованные (цельные),
- штампосварные,
- сварные.
- точеные

В зависимости от того, какую форму имеет переход стальной, принято выделять две разновидности этих деталей: концентрический и эксцентрический. Обратите внимание на то, что и тот, и другой тип применяются в строго определенной области. Например, концентрический переход используют в трубопроводе, имеющем вертикальный вид. Концентрические переходы чаще всего используют для соединения между собой трубопроводов, внутри которых должно осуществляться смешивание субстанций. По своей форме они отдаленно напоминают сильно усеченный конус – собственно, именно по этой причине данный вид стальных переходов стали называть концентрическими. Эксцентрические переходы используются для горизонтальных трубопроводов. Они применяются для расширения или сужения тока среды. По форме стальные переходы данной разновидности имеют сечение в форме прямоугольный треугольника. Именно на детали данного типа приходится максимально

возможная нагрузка. Ни один из иных видов стальных переходов никогда не подвергается при применении настолько высокому давлению. Или перепаду температурного режима.

Установленные на трубопроводах переходы подвергаются значительным динамическим нагрузкам и действию относительно высоких температур и давлений. Поэтому к ним предъявляют повышенные требования по прочности и надежности.

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Химический состав и свойства стали 09Г2С

Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций, марка стали 09Г2С широко применяется при производстве труб и другого металлопроката. Использование в промышленности: различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающих при температуре от -70°C до $+425^{\circ}\text{C}$ под давлением. В состав стали входят элементы, представленные в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 09Г2С, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
0.12	0.5 - 0.8	1.3 - 1.7	до 0.3	до 0.04	до 0.035	0,3 -	0.008 -	до 0.3	0.08	96

Чаще всего прокат из данной марки стали используется для разнообразных строительных конструкций благодаря высокой механической прочности, что позволяет использовать более тонкие элементы чем при использовании других сталей. Устойчивость свойств в широком температурном диапазоне позволяет применять детали из этой марки в диапазоне температур от -70°C до $+450^{\circ}\text{C}$. Также легкая свариваемость позволяет изготавливать из листового проката этой марки сложные конструкции для химической, нефтяной, строительной, судостроительной и других отраслей. Применяя закалку и отпуск изготавливают качественную трубопроводную арматуру. Высокая механическая устойчивость к низким температурам также позволяет с успехом применять трубы из 09Г2С на севере страны.

Также марка широко используется для сварных конструкций. Сварка может производиться как без подогрева, так и с предварительным подогревом до 100°С -120°С. Так как углерода в стали мало, то сварка ее довольно проста, причем сталь не закаливается и не перегревается в процессе сварки, благодаря чему не происходит снижение пластических свойств или увеличение ее зернистости. К плюсам применения этой стали можно отнести также, что она не склонна к отпускной хрупкости и ее вязкость не снижается после отпуска. Вышеприведенными свойствами объясняется удобство использования 09Г2С от других сталей с большим содержанием углерода или присадок, которые хуже варятся и меняют свойства после термообработки. Для сварки 09Г2С можно применять любые электроды, предназначенные для низколегированных и малоуглеродистых сталей, например Э42А и Э50А. Если свариваются листы толщиной до 40 мм, то сварка производится без разделки кромок. При использовании многослойной сварки применяют каскадную сварку с током силой 40-50 Ампер на 1 мм электрода, чтобы предотвратить перегрев места сварки. После сварки рекомендуется прогреть изделие до 650°С, далее продержать при этой же температуре 1 час на каждые 25 мм толщины проката, после чего изделие охлаждают на воздухе или в горячей воде – благодаря этому в сваренном изделии повышается твердость шва и устраняются зоны напряженности.

Верхняя критическая скорость закалки может быть определена по формуле Грэнджа и Кифера (1.1) с помощью диаграммы переохлажденного аустенита (рисунок. 1.1)

$$V_{\text{вкз}} = \frac{1}{\sqrt{t}} , V_{\text{вкз}}=122 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1.1)$$

где t - температура, при которой наблюдается минимальный инкубационный период;

$V_{\text{вкз}}$ - координата носа с-кривой, которого касается луч $V_{\text{вкз}}$;

A_1 – критическая точка;

Коэффициент 1,5 учитывает смещение вправо с-кривой и начало превращения аустенита переохлажденного при непрерывном превращении по сравнению с изотермическими условиями.

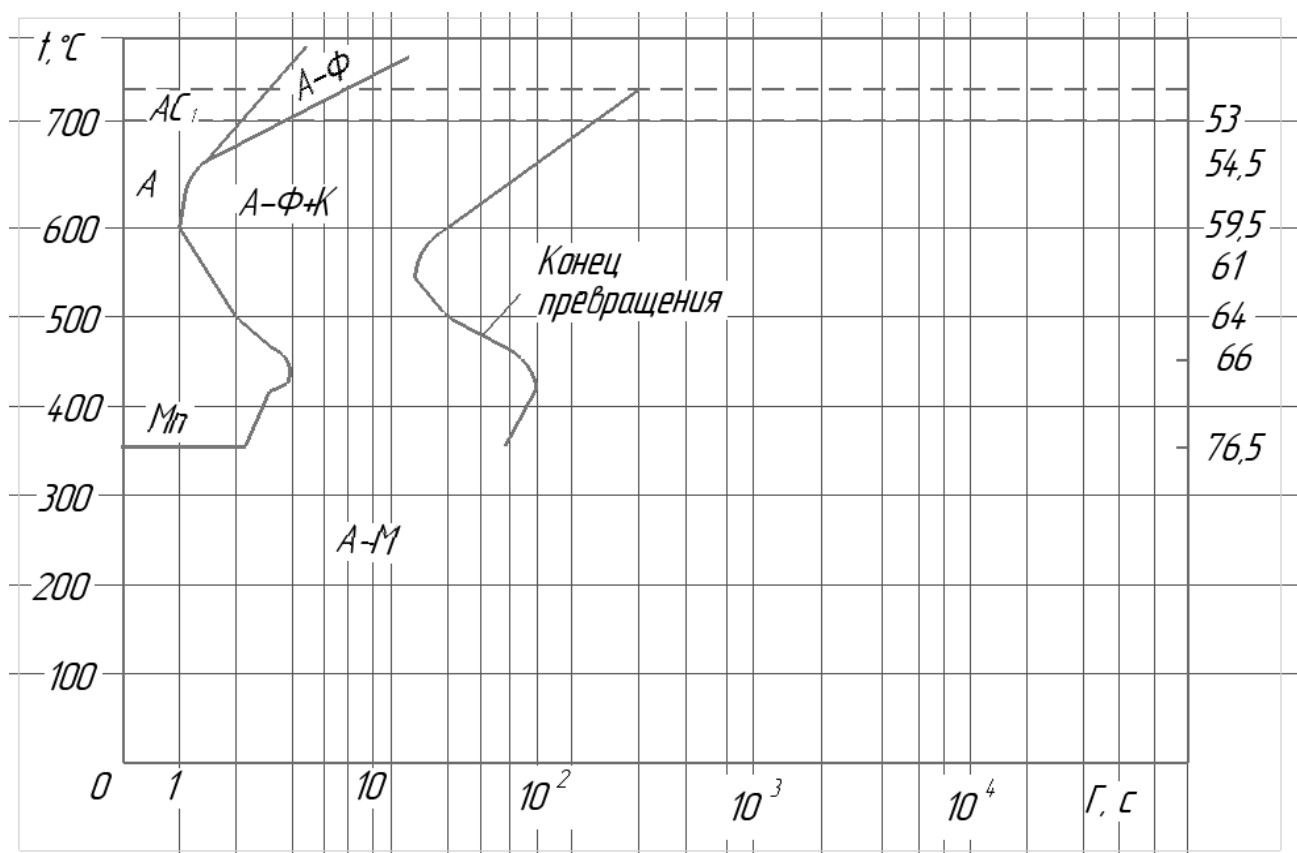


Рисунок 1 – Диаграмма распада переохлажденного аустенита

Для стали 09Г2С значения критических точек при нагреве (A_c) и охлаждение (A_r) представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Критические точки стали 09Г2С

Температура критических точек, °С				
A_{c1}	A_{c3}	A_{r1}	A_{r3}	M_n
725	860	625	860	270

Сталь 09Г2С обеспечивает высокую прокаливаемость которая необходима для трубных сталей.

Прокаливаемость – это способность стали закаливаться с образованием мартенсита на определенную глубину. Одним из наиболее распространенных

методов определения прокаливаемости является метод торцевой закалки по Джоними. Он используется в случае конструкционных углеродистых и легированных сталей, инструментальных, а также подшипниковых сталей. Этот способ не применим для высоколегированных сплавов, закаливающихся на воздухе, у которых устойчивость аустенита против распада велика. Для определения прокаливаемости таких материалов применяют массивные образцы, утепляемые экраном, или прибегают к методу объемной закалки. Исключение составляют также и стали с очень низкой прокаливаемостью. В соответствии с ГОСТ 5657-69 величина прокаливаемости в конструкторской или технологической документации может быть задана одним из следующих способов: а) по максимальной или минимальной твердости на определенном расстоянии от охлаждаемого торца. Это требование записывается так П..... На рисунке 2 оно обозначено токами 1 и 1'. Из приведенного примера следует, что необходимо обеспечить твердость HRC 60 (максимальная) или HRC 46 (минимальная) на расстоянии 15 мм от охлаждаемого торца, что записывается в следующей форме:

Н или Н—

б) по минимальному или максимальному значению твердости на заданном расстоянии от охлаждаемого водой торца. Это требование записывается так:

П. На рисунке 2 оно обозначено точками 1 и 1'. Это означает, что необходимо обеспечить твердость в пределах от HRC 46 до HRC 60 на расстоянии 15 мм от охлаждаемого водой торца;

в) по минимальному или максимальному расстоянию от охлаждаемого водой торца образца до сечения с определенной твердостью. Это требование записывается следующим образом П (точки 2 и 2' на рисунке 2);

г) по величине минимального значения твердости на разных расстояниях от охлаждаемого торца (точки 2 и 1' на рисунке 2). Записывается это требование так: П, П. Это означает, что на расстоянии от 12,5 до 15,0 мм от охлаждаемого водой

торца одного и того же образца твердость должна изменяться в пределах от HRC 50 до HRC 46;

д) по величине максимального значения твердости на разных расстояниях от охлаждаемого водой торца. На (рисунке 2) это требование обозначено точками 1 и 2'. Записывается это требование так: Π_{1-2} — . Это означает, что на одном и том же образце на расстоянии от 15 до 27,5 мм от охлаждаемого торца твердость должна находиться в указанных пределах. Опыты показали, что основным критерием выбора стали по величине прокаливаемости является минимальное ее значение. В этом случае при закалке обеспечивается получение заданной твердости в наибольшем сечении детали.

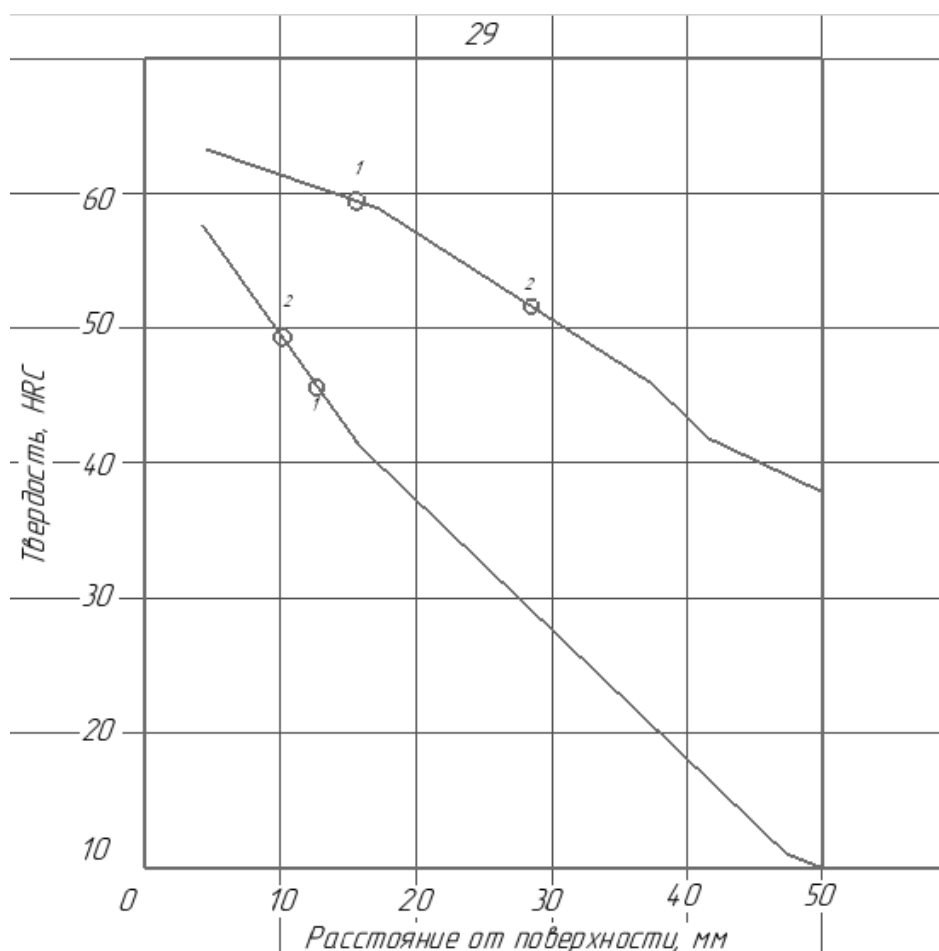


Рисунок 1.2 – Способы задания величины прокаливаемости

К свойствам стали относится целый комплекс различных свойств таких как: механические, физические, химические и технологические. Рассмотрим механические свойства стали при комнатной температуре таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Механические свойства стали 09Г2С при $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ [6]

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
19281-89	Сортовой и фасонный прокат	до 10	345	490	21
19281-89	Листы полосы (образцы поперечные)	от 10 до 20 вкл.	325	470	21
		от 20 до 32 вкл	305	460	
		от 32 до 60 вкл	285	450	
		от 60 до 80 вкл	275	440	
		от 80 до 160 вкл	265	430	
19281-89	Листы после закалки и отпуска (образцы поперечные	от 10 до 32 вкл.	365	490	19
		от 32 до 60 вкл.	315	490	17

Исходя их данных таблицы 1.3 можно сделать вывод, что прочностные характеристики образцов, подвергнутых термообработке, особенно значения условного предела текучести возрастают, в то время как предел прочности

практически не изменяет своего значения. Относительное удлинение заметно уменьшается на образцах, которые были подвергнуты термообработке. В таблице 1.4 представлены механические свойства стали 09Г2С при повышенных температурах.

Таблица 1.4 – Механические свойства стали 09Г2С при повышенных температурах

Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
Нормализация от 930-950 °С				
20	30	460	31	63
300	220	420	25	56
475	180	360	34	67

Стиль В результате, представленных данных в таблице 1.4, придём к заключению, что с повышением температуры испытания падают значения условного предела текучести, предела прочности, при этом относительные удлинение и сужение практически неизменны. Ударная вязкость КСУ (Дж/см²) при низких температурах, представлена в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Ударная вязкость КСУ (Дж/см²) при низких температурах

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	КСУ при +20°С	КСУ при -40°С
19281-89	Сортовой и фасонный прокат	от 5 до 10	64	39
		от 10 до 20 вкл	59	34
		от 20 до 100 вкл	59	34
19281-89	Листы и полосы	от 5 до 10	64	39
		От 10 до 60 вкл	59	34
19281-89	Листы после закалки, и отпуска	От 10 до 60 вкл	-	49

	(образцы поперечные)			
--	----------------------	--	--	--

Ударная вязкость согласно таблице 1.5 определялась при температурах испытания $t = 20^{\circ}\text{C}$ и $t = -40^{\circ}\text{C}$ соответственно. Значения КСУ, полученные на образцах с круглым надрезом вне зависимости от сечения заготовки диаметра схожи. К значимому физическому свойству стали относятся коэффициент температурного расширения (α , —), который характеризует величину изменения линейных размеров тела с изменением температуры :

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L \Delta t}$$

Приведем значение коэффициента α в зависимости от температуры для стали 09Г2С в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Значения коэффициента температурного расширения в зависимости от температуры

Температура, град	$\alpha \times 10^6$, —
100	11,4
200	12,2
300	12,6
400	13,2
500	13,8

Сталь 09Г2С по своим технологическим свойствам не склонна к отпускной хрупкости, к поражению флокенами, без ограничений сваривается, если сталь не подвергается подогреву и термообработке, ограниченно сваривается при подогреве до $100-120^{\circ}\text{C}$ и последующей термообработке.

Области применения этой марки стали весьма разнообразны. Из нее изготавливаются элементы и детали сварных металлических конструкций. Используется 09Г2С и для производства листовых конструкций в нефтяной и химической промышленности, судостроении и машиностроении. После закалки и отпуска из этого сплава можно изготавливать детали трубопроводной арматуры.

Устойчивость к низким температурам позволяет применять трубу из стали 09Г2С в условиях крайнего севера для прокладки нефте- и газопроводов.

В данной работе рассматривается изготовление переходов штампованных (рис. 3) по ТУ 1469-010-67983609-2014.

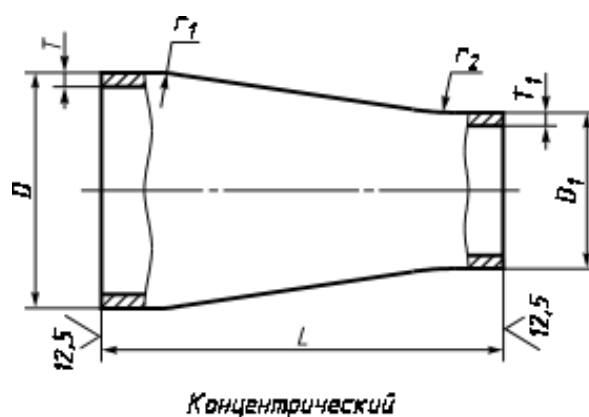


Рисунок 1.3 – Переход штампованный

Технология изготовления переходов штампованных заключается в гидроштамповке трубной заготовки в штампе. Штамп представляет собой две разъемные полуматрицы, имеющие полости под трубную заготовку определенной длины, а также полость под горловину перехода. В процессе штамповки происходит обжим трубной заготовки двумя пуансонами по торцам. После обжима через патрубки в пуансонах в полость трубной заготовки подается техническая вода, нагнетаемая мультипликатором.

В результате движения пуансонов на встречу друг другу, а также давлению внутри заготовки происходит формоизменение (течение металла в полость ответвления). После рабочего хода штамп раскрывается и полуфабрикат проходит термическую обработку по режиму высокого отпуска ($t=500-600^{\circ}\text{C}$), выполняющего роль обжига поверхности полуфабриката от маслографитной смазки и снятия напряжения после штамповки. После этого заглушка и часть катушек отрезается с обеих сторон ленточнопильным станком или газовым резаком (при толщине исходной трубы более 12 мм).

Штамповка переходов из стали 09Г2С обеспечивает плавное протекание процесса без нарушения геометрических параметров штампа (без износа поверхности матриц).

Для контроля качества переходов штампованных, изготовленных в соответствии с ТУ 1469-010-67983609-2014 применяют такие методы неразрушающего контроля, как ультразвуковой, капиллярный и магнитный.

Ультразвуковой метод основан на регистрации колебаний, возбуждаемых или возникающих в контролируемом объекте. Его применяют для обнаружения поверхностных и внутренних дефектов (нарушений сплошности, неоднородности структуры, межкристаллической коррозии и т.д.). Также этот метод позволяет контролировать геометрические параметры. Более про него напиши

Ультразвуковой контроль прочности является методом неразрушающего контроля, а это значит, что контролируемый объект не подвергается разрушению, изменению, повреждению. Это является его главным преимуществом. Кроме того, он достаточно быстрый в производстве, недорогой по стоимости проведения работ и абсолютно безопасный для человека. Применение данного метода позволяет выявить такие повреждения труб, как нарушение герметичности, изменение состояния напряженности, нарушение швов и стыков, разгерметизация.

Так же помимо УЗК можно использовать капиллярный метод. Он основан на капиллярном проникновении капель индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов. При контроле этим методом на очищенную поверхность детали наносят проникающую жидкость, которая заполняет полости поверхностных дефектов. Затем жидкость удаляют, а оставшуюся в полостях дефектов часть обнаруживают с помощью проявителя, который образует индикаторный рисунок. Капиллярный метод позволяет обнаружить термические и шлифовочные трещины, волосовины, закаты и т.д.

Так же еще существует магнитный метод основан на регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами. Этот метод позволяет обнаружить дефекты типа несплошности материала (трещины, волосовины, закаты).

Для выработки критериев, которые могут служить для забракования изделия после контроля, проводятся работы по изучению влияния дефектов на эксплуатационную надежность изделий, а также исследование корреляции размеров дефектов с теми параметрами, которые могут быть оценены при неразрушающих методах контроля.

Браковочные нормы, обычно выражающиеся в значениях минимальных недопустимых дефектов, приводятся в технических условиях на продукцию.

Помимо перечисленных неразрушающих методов контроля на предприятии осуществляется гидроиспытание изделий, которое заключается в

моделировании процесса эксплуатации трубопровода и проверки прочности и плотности металла при создании внутри трубы испытательного давления. Трубопровод состоит из собственно перехода, к которому присоединяют посредством сварки катушки (трубные заготовки длиной не менее 250-300 мм) и заглушки.

По результатам проведенных гидравлических испытаний составляется протокол, в котором дается заключение о годности или непригодности данной детали. Испытательное давление рассчитывается инженером-конструктором, исходя из требований технических условий, чертежей, марки стали изделия, типоразмера и класса прочности, который характеризуется определенными значениями механических свойств.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод о том, что основные преимущества неразрушающего метода контроля это:

- испытания проводятся непосредственно на изделиях, которые будут применяться в рабочих условиях.
- испытания можно проводить на любой детали, предназначенной для работы в реальных условиях.
- испытания можно проводить на целой детали или на всех ее опасных участках.
- неразрушающие методы контроля позволяют применить повторный контроль данных деталей в течение любого периода времени.
- неразрушающие методы контроля кратковременны и требуют меньшей затраты часов, чем разрушающие методы контроля.

К недостаткам неразрушающих методов контроля относят:

- испытания обычно качественные и редко – количественные. Обычно они не дают возможности измерения разрушающих нагрузок и срока службы до разрушения даже косвенно.
- обычно требуются исследования на специальных образцах для интерпретации результатов испытаний [7].

Из разрушающих методов контроля для проверки качества продукции применяют лабораторные механические испытания, такие как испытание на твердость методом Виккерса (реже Бринелля), испытание на статический изгиб, испытание на ударную вязкость, испытание на статическое растяжение. При покупке труб для изготовления отводов по ТУ 1469-010-67983609-2014 учитывают требования к исходному материалу, а также требования к готовому изделию, которые в первую очередь обусловлены механическими свойствами. Поэтому самая главная задача завода - это правильно выбранный режим термической обработки, обеспечивающий комплекс необходимых свойств готового изделия.

1.2 Выбор и обоснование режима

Двухфазные – ферритно-мартенситные стали (ДФМС) — это низкоуглеродистые низколегированные стали, структура которых представляет собой мелкозернистую ферритную матрицу с 15—25% мартенсита в виде отдельных островков. В структуре также может присутствовать небольшое количество остаточного аустенита, бейнита и дисперсных карбидов.

Проявление из межкритического интервала закалки применяется при термической обработке доэвтектоидных сталей очень важным параметром материала является ударная вязкость эту величину можно достичь на сталях к которым относятся 09Г2С. Ее отличие от обычной заключается в том, что сталь подвергают нагреву до температур, превышающих критические точки A_{c1} но ниже точки A_{c3} . В нагреве возникает двухфазная структура, складывающаяся из аустенита и феррита. При дальнейшем стремительном охлаждении аустенит испытывает превращение и переходит в мартенситную структуру. Поскольку существует часть феррита при нагреве не подвергается полиморфному превращению, это вполне соответствует такому виду термической обработки как неполная закалка. Когда провели закалку из МКИ прочность сталей стала меньше, чем после нормальной закалки. Но, ее использование предполагает создать необходимую совокупность механических свойств.

При выдержке доэвтектоидной стали в МКИ протекает перераспределение углерода между ферритом и аустенитом. Скопление углерода в аустените многочисленно превышает его среднее содержание в стали. Иначе ситуация с содержанием углерод в феррите проявляется его снижение.

Обогащение аустенита углеродом в процессе выдержки в МКИ приводит к увеличению его устойчивости при охлаждении в температурном интервале диффузионного превращения, что облегчает осуществление закалки. Мартенсит который образовался при закалке на месте обогащенного углеродом аустенита, обладает наиболее высокой твердостью, чем при закалке при нагреве выше A_{c3} . К тому же отделение феррита от атомов внедрения (углерод и азот) обеспечивает высокую пластичность этой составляющей.

Двухфазная структура, состоящая из мелкозернистого феррита и дисперсных участков мартенсита формируемая при закалке из МКИ. Эта двухфазная структура расположена преимущественно по границам ферритных зерен. Изменяя температурно-временные условия нагрева можно наладить количество структурных составляющих. Обычно их выбирают так, чтобы

получить от 10 до 30% мартенсита. Твердые мартенситные участки имеют обычно глобулярную форму, то они не оказывают резко отрицательного влияния на пластичность. В следствии этого имеется высокая ударная вязкость и пластичность после закалки МКИ при достаточно высоком пределе прочности.

Причиной высокой ударной вязкости отпущенных сталей, закаленных из МКИ является присутствие в структуре пластичных участков феррита, способствующих релаксации возникающих при нагружении пиковых напряжений и притормаживающих развитие и зарождени трещин.

При выборе составов и режимов термообработки ДФМС основной главной целью являются не допустить формирования перлита и конкретного соотношения между количеством феррита и упрочняющей фазы (мартенсита). Для достижения этих целей необходимо установить закономерности распада переохлажденного аустенита, сформировавшегося при различных температурах.

Нужно производить охлаждение из МКИ от температур образования 40...60 % аустенита, что позволяет достичь оптимального распределения структурных составляющих. Требуемое количество аустенита образуется в промежутке температур 790...830 °С для исследуемой стали 09Г2С. Исходя из полученных результатов, сравним комплекс механических свойств, получаемого в стали 09Г2С. Были выбраны следующие температуры нагрева: 930°С (однофазная аустенитная область), 790 и 820°С (МКИ – двухфазная феррито-аустенитная область), закалка из этих температур и высокий отпуск (670-680°С).

На рисунке 4 приведены зависимости изменения некоторых, наиболее важных механических свойств, от времени отпуска, при варьировании температуры закалки

Из графика (рисунок 4 а) предполагается, что значения предела прочности, достигаемые при отпуске исследуемой стали предварительно

закаленной от температуры 930°C выше, чем значения предела прочности для стали подвергнутой двойной закалке $930\text{--}790^{\circ}\text{C}$. Разница в значениях $\sigma_{\text{в}}$ после 90 минут выдержки составляет 70 МПа. Повышение температуры нагрева в МКИ до 820°C приводит к снижению разницы в прочностных свойствах на 25 МПа (выдержка при отпуске 90 мин.), что связано с увеличением объемной доли упрочняющей фазы, получаемой в результате закалки.

Пластичность, в частности общее удлинение (рисунок 4б), меняется обратным образом. Т.е. повышение температуры нагрева под закалку, в рассматриваемых пределах, ведет к снижению относительного удлинения исследуемой стали. Так общее удлинение исследуемой стали после закалки от 930°C и высокого отпуска, продолжительностью 90 мин., ниже на 13 % чем после двойной закалки $930\text{--}790$ и высокого отпуска.

Зависимость изменения ударной вязкости от времени отпуска показана на рисунке 5. На графике явно видно, что сталь после закалки из МКИ имеет более высокие значения ударной вязкости.

По итогам исследований, было установлено, что формирование двухфазных ферритно-мартенситных структур в стали 09Г2С при закалке из МКИ возможно при спреерном охлаждении труб с толщиной стенки до 11 мм. Ферритно-мартенситную структуру получить не удастся в изделиях с большей толщиной стенки, так как происходит распад по первой ступени с образованием пластинчатого перлита.

В сталях 09Г2С в трубах со стенкой более 11 мм предварительно проводится полная закалка для получения двухфазной ферритно-мартенситной структуры.

Известно, что применение закалки из межкритического интервала допускает варьировать количество избыточного феррита в конечной структуре, влияя на изменение отношения прочностных и вязкостных свойств. Так двукратная закалка с нижней области межкритического интервала температур позволяет повысить ударную вязкость на 11 % при снижении предела текучести на 18 % за счет формирования развитой субзеренной структуры феррита.

Двукратная закалка с верхних значений межкритического интервала температур приводит к снижению предела текучести на 12 % при выигрыше в вязкости в 7,5 %.

Было установлено, что мартенсит, независимо от химического состава матрицы в стали 09Г2С, обладает одинаково низкой коррозионной стойкостью. Выделение мартенсита, приводящее к образованию феррито-карбидной смеси с зернистой морфологией карбидов (выделение сорбита) (рис. 6), приводит к увеличению коррозионной стойкости в 8 раз. Более того, увеличение сопротивления в основном определяется морфологией и равномерностью распределения выделившихся карбидных фаз.

Установлено, что на поверхности материала с любой из исследуемых структур вокруг неметаллических включений наблюдаются области, скорость коррозионного растворения которых отличается от скорости растворения матрицы. Эти участки при загрязненности неметаллическими включениями, сопоставим с высококачественной сталью, на первых этапах коррозии могут составлять при различном наборе структурных составляющих от 40 до 80 % всей корродирующей поверхности.

2. ВЫБОР, ОПИСАНИЕ И РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ

2.1 Выбор и описание оборудования для термической обработки

Одним из определяющих факторов выбора конструкции термических печей является способ механизации загрузки, выгрузки и движения деталей по печи. В серийном производстве наиболее пригодными являются универсальные камерные печи периодического действия с выдвижным подом.

2.2 Техническая характеристика выбранного оборудования

Основное оборудование:

1) Камерная электрическая печь.

Вид выбранной камерной электрической печи показан на рис.6. Печь имеет рабочую камеру 7, выложенную шамотным огнеупорным кирпичом 8 и изолированную теплоизоляционной засыпкой 9. Наружная поверхность печи покрыта листовым железом 4. Электронагреватели 5 расположены на боковых стенках печи и под подовой плитой 2. В своде рассматриваемой электрической камерной печи помещают термопару 6. Подъем дверцы печи 3 производится нажатием педали 1, что облегчается грузом 11, переброшенным через блок 10; этот груз подбирают примерно равным весу дверцы.

Электронагреватели для таких печей изготавливаются в виде лент или проволоки из сплавов, обладающих высоким электросопротивлением.

К таким сплавам относятся константан (Cu и Ni), который используется при нагреве до температур 500°, нихромы (Ni и Cr) — при нагреве до 1100° и карборунд — минерало-керамический сплав, используемый при нагреве до температур свыше 1100°.

2) Бак закалочный водяной

Закалочный бак представляет собой герметично сваренную емкость из листовой и профильной стали, оснащенной нагревательным устройством. В состав устройства входят трубчатые электронагреватели (ТЭН), обеспечивающие нагрев закалочной среды до требуемой температуры.

Закалочная ванна оборудована системами перемешивания и охлаждения закалочной среды, обеспечивающими требуемую однородность температуры в объеме ванны. Охлаждение закалочной среды производится в пластинчатом теплообменнике проточной водой. В процессе термообработки изделий ванна закрывается крышкой. В конструкции ванн предусмотрены тэны для предварительного подогрева масла. Для удобства загрузки мелких деталей ванны оснащаются специальной корзиной.

Бак закалочный масляный ВМ 12.9.6/0,6 мощностью 12 кВт рассчитан на массу закаливаемой садки до 130 кг и максимальную температуру нагрева воды до 80°C [7].

3) Термическая камерная печь с выкатным подом.

Термическая печь с выкатным подом предназначена для нагрева под термическую обработку – высокий отпуск соединительных деталей трубопроводов диаметром 57-530 мм. Ширина печи 2000 мм, высота от подины до свода 2000 мм, длина печи по внутренней кладке 4000 мм, размеры и площадь пода $1800 \times 3600 = 6,48 \cdot 10^6 \text{ мм}^2$.

Камерная термическая печь с выкатным подом состоит из следующих основных элементов: собственно печи; системы теплового контроля и автоматики; механизма подъёма заслонки и механизма выката пода. Контроль температуры печи осуществляется двумя следующими термоэлементами: одним двойным термоэлементом, встроенным в свод печи. И вторым, который оснащён сигнализатором граничной температуры. Независимо от системы управления, термоэлемент выключает горелки после достижения заданной температуры в данной зоне.

Печь отапливается природным газом с теплотой сгорания = 34355 кДж/м³. Часовой расход топлива 170 м³/ч.

Термическая изоляция стен и двери печи сделана из керамического волокна и футеровки пода, выполненной из огнеупорного бетона. Устройство

контроля пламени для 12 горелок с оптической и акустической сигнализацией помех, встроенных в коробках управления горелками включительно, свободно программируется управлением (SPS)

3 РАСЧЁТ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА

3.1 Исходные данные для расчёта

Для газа следующего состава с теплотой сгорания $Q_H^P=34355$ кДж/м³ определить расход воздуха, количество и состав продуктов горения, и температуру горения.

Принимаем следующий состав сухих газов, приведённых в табл.1.7

Таблица 1.7

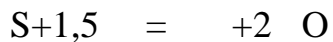
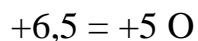
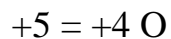
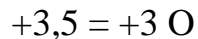
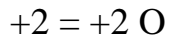
Состав газа							
CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	CO ₂	H ₂ S
77,8	4,4	1,7	0,8	0,6	13,5	0,2	1

Коэффициент расхода воздуха $n = 1,05$.

Пирометрический коэффициент 0,8.

Температура подогрева воздуха $t_B = 400^\circ\text{C}$

Запишем реакции горения для определённого количества [3]:



3.2 Расчёт продуктов сгорания

Расчет расхода воздуха, состава и количества продуктов горения производим в табличной форме. Расчет ведется на 100 м³ газа. Увеличение коэффициента избытка воздуха, как будет видно из табл.1.8, приводит к увеличению количества продуктов и изменению состава.

Таблица 1.8 – Расход воздуха, составы и количество продуктов сгорания газа

Участвуют в горении					Продукты сгорания, м ³			
Смешанный газ		Воздух						
Состав	Содержание, % (м ³)	O ₂ , м ³	N ₂ , м ³	Всего, м ³	CO ₂	H ₂ O	N ₂	Всего
CH ₄	77,8	155,6	191• • 3,762= =718,542	191+ +718,542= =909,542	77,8	155,6	724,373	–
C ₂ H ₆	4,4	15,4			8,8	13,2	–	–
C ₃ H ₈	1,7	8,5			5,1	6,8	–	–
C ₄ H ₁₀	0,8	5,2			3,2	4	–	–
C ₅ H ₁₂	0,6	4,8			3	3,6	–	–
N ₂	13,5	–			–	–	13,100	–
CO ₂	0,2	–			0,2	–	–	–
H ₂ S	1	1,5			–	1,5	–	–
Суммарное значение n=1,0		191	724,373	916,923	98,1	184,7	737,473	1020,273
n=1,05		200,55	760,592	962,769	103,005	193,935	774,347	1071,287

3.3 Составление материального баланса

Правильность расчета проверяем составлением материального баланса.

Таблица 1.9 – материальный баланс

Поступило:		Получено:	
Газ	100 м ³	Продукты сгорания	1071,287 м ³
В том числе кг:		В том числе кг:	
СН ₄	77,8 $\frac{16}{22,4}$ =55,571	СО ₂	103,005 $\frac{44}{22,4}$ =202,3313
С ₂ Н ₆	4,4 $\frac{30}{22,4}$ =5,893	Н ₂ О	193,935 $\frac{18}{22,4}$ =155,84
С ₃ Н ₈	1,7 $\frac{44}{22,4}$ =3,339	Н ₂	774,347 $\frac{28}{22,4}$ =967,933
С ₄ Н ₁₀	0,8 $\frac{58}{22,4}$ =2,071	Всего	1326,105
С ₅ Н ₁₂	0,6 $\frac{72}{22,4}$ =1,929		
Н ₂	13,5 $\frac{28}{22,4}$ =16,875		
СО ₂	0,2 $\frac{44}{22,4}$ =0,393		
Н ₂ С	1 $\frac{34}{22,4}$ =1,518		
Всего	87,589		
Воздух	962,769 м ³		
В том числе кг:			
О ₂	200,550 $\frac{32}{22,4}$ =286,5		
Н ₂	760,592 $\frac{28}{22,4}$ =950,740		
Всего	1237,240		
Всего поступило	1324,829		

Расхождение, определяемое погрешностью расчета, составляет 1,276 кг. Плотность компонента газа и продуктов сгорания находим как частное от деления молекулярной массы на объем, занимаемый одним киломолем компонента.

Плотность газа:

$$\rho = \frac{87,589}{100} = 0,876 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Плотность продуктов горения:

$$\gamma = \frac{1326,105}{1071,287} = 1,237 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

3.4 Определение температуры горения

Действительная температура горения зависит от продолжительности процесса горения во времени, прямой теплоотдачи в окружающее пространство, химического и механического недожога. Приблизительно действительную температуру горения можно определить по формуле:

$$t_d = \eta_{\text{пир}} t_k$$

где $\eta_{\text{пир}}$ – пирометрический коэффициент;

t_k – калориметрическая температура горения, °С.

Калориметрическая температура горения – температура продуктов сгорания при действительных значениях температуры газа и воздуха и коэффициента расхода воздуха.

Калориметрическую температуру находим методом исследовательных приближений, используя понятие энтальпии.

Начальную энтальпию продуктов горения находим по формуле:

$$= \frac{Q_{\text{в}}^{\text{п см}}}{\text{п.г.}}$$

где $t_{\text{в}} = 532,08 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$ – энтальпия воздуха при 400°С;

v – объем воздуха, приходящегося на единицу сгоревшего топлива, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

п.г. – объем продуктов сгорания, приходящихся на единицу сгоревшего топлива, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

$$= \frac{34355 + 532,08 \cdot 9,628}{10,736} = 3677,143 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$$

Температура	$t_k = 2100^\circ\text{C}$	$t_k = 2200^\circ\text{C}$
C_2	$0,096 \cdot 5186,81 = 498,715$	$0,096 \cdot 5465,2 = 525,48$
H_2	$0,181 \cdot 4121,79 = 746,167$	$0,181 \cdot 4358,83 = 789,08$
O_2	$0,723 \cdot 3131,96 = 2263,841$	$0,723 \cdot 3295,84 = 2382,297$
	$_{2100}=3508,724$	$_{2200}=3696,859$

Находим энтальпию продуктов горения при температурах 2100 и 2200°C.

По результатам расчетов установлено, что начальная энтальпия продуктов горения расположена в интервале между энтальпиями продуктов горения при температурах 2100 и 2200°C.

Определяем калориметрическую температуру горения.

$$t_k=2100 + \frac{3677,143 - 3508,724}{3696,859 - 3508,724} \cdot 100 = 2189,5^\circ\text{C}$$

Определяем действительную температуру горения.

$$t_d = 0,8 \cdot 2189,5 = 1751,6^\circ\text{C}$$

где 0,8 – пирометрический коэффициент.

Исходные данные для расчёта приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 — Исходные данные для расчётов

Эскиз детали		
Характеристика Детали	d, мм	273
	l, мм	140
	Марка стали	09Г2С
Температура нагрева, °С		820
Размеры рабочего пространства печи, мм	B	600
	L	800
	H	500
Толщина слоев кладки боковой стенки, мм	Шамот класса «А»	125
	Диатомитовый кирпич Д-500	175
Толщина слоев кладки торцевой стенки, мм	Шамот класса «А»	115
	Диатомитовый кирпич Д-500	150
Толщина слоев кладки свода, мм	Шамот класса «Б»	115
	Диатомитовый кирпич Д-500	150
Толщина слоев кладки пода, мм	Шамот класса «А»	230
	Шамот-легковес ШЛ-1,3	150

Рассчитаем время нагрева изделий из стали 09Г2С в электрической печи периодического действия. Шесть деталей диаметром 273 мм, длиной 140 мм расположены в специальном приспособлении с расстоянием между ними $0,5d = 20$ мм. Температура нагрева изделий 820°C , температура печи 850°C .

После загрузки холодного изделия в печь происходит интенсивный нагрев его поверхностных слоев. Нагрев центральных слоев протекает с меньшей скоростью из-за термического сопротивления изделия.

Величина перепада температур по толщине изделия зависит от отношения термического сопротивления изделия к термическому сопротивлению передачи тепла к его поверхности. Чем больше указанное отношение, тем больше перепад температуры по толщине изделия. В теории теплообмена отношение внутреннего термического сопротивления к внешнему термическому сопротивлению на его поверхности определяется числом Био:

$$Bi \quad (2)$$

где S – характерный геометрический размер изделия: в нашем случае для цилиндра – его радиус;

λ - эффективная теплопроводность металла, Вт/(м·К);

α - коэффициент теплоотдачи, Вт/м² ·К.

За условную границу между тонкими и массивными изделиями принимается такое сечение, для которого число Био равно 0,25. Таким образом, если Био меньше 0,25, то изделие теплотехнически тонкое, если же Био больше 0,25, то изделие теплотехнически массивное. При расчетах продолжительности нагрева изделий необходимо также знать их теплофизические свойства, прежде всего плотность ρ , удельную теплоёмкость c и коэффициент теплопроводности λ . Для металлов и сплавов указанные параметры изменяются с изменением температуры. Однако, при выполнении практических расчетов они принимаются постоянными. [2] Зная температуру нагрева металла $t_n=820^\circ\text{C}$ определим значения теплофизических констант:

$$\lambda = 27 \text{ Вт/(м·К);}$$

$$c = 0,538 \text{ кДж/(кг·К);}$$

$$\rho = 7820 \text{ кг/м}^3.$$

Коэффициент теплоотдачи считают равным сумме коэффициентов лучеиспусканием α_l и конвекцией α_k :

$$\alpha = \alpha_l + \alpha_k. \quad (2)$$

Коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием в печи с постоянной температурой определяется по формуле:

$$\alpha_l = C_{np} \cdot \frac{\left[\left(\frac{T_{п}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{Mcp}}{100} \right)^4 \right]}{T_{п} - T_{M}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \quad (3)$$

где $T_{п}$ – текущее значение температуры печи, К;

T_{Mcp} – средняя за время нагрева температура изделия, К;

$$T_{Mcp} = \frac{1}{3}(t_{mn} + 2t_{mk}) + 273, \text{ К}, \quad (4)$$

где t_{mn} и t_{mk} – температуры изделия соответственно в начале и в конце температурного интервала, °С.

$T_{п} = 850 \text{ °С} = 1123 \text{ К}$;

$T_{Mcp} = -$

C_{np} – приведенный коэффициент излучения

$$C_{np} = \frac{C_0}{\frac{1}{\epsilon_M} + \frac{F_M}{F_{п}} \left(\frac{1}{\epsilon_{п}} - 1 \right)}, \quad (5)$$

где $C_{np} = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – константа излучения абсолютно черного тела;

ϵ_M – степень черноты нагреваемого металла;

$\epsilon_{п}$ – степень черноты кладки печи;

F_M – тепловоспринимающая поверхность нагреваемого металла, м^2 ;

$F_{п}$ – поверхность, нагреваемой камеры печи, м^2 ;

$\epsilon_M = 0,8$; $\epsilon_{п} = 0,85$;

$F_M = 2\pi R l = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,0136 \cdot 0,140 = 0,011 \text{ м}^2$;

$F_{п} = 2 \cdot B \cdot L + 2 \cdot H \cdot L + 2 \cdot B \cdot H = 2 \cdot 0,6 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,5 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,6 \cdot 0,5 = 2,36 \text{ м}^2$.

$$C_{\text{пр}} = \frac{\dots}{\dots} = 4,53$$

Найдем коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием:

$$\alpha_{\text{л}} = 4,53 \left(\frac{\dots}{\dots} \right).$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией принимается от 10 до 15.

Принимаем, $\alpha_{\text{к}} = 13 \text{ Вт/}(\dots)$.

Найдем коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha = 171,19 + 13 = 184,19, \text{ Вт/}(\dots) \cdot t_{\text{n}}$$

Геометрический размер изделия: $S = r = 0,011, \text{ м}$.

Рассчитаем число Био:

$$Bi = \dots = 0,075$$

Т.к. значение числа Био меньше 0,25, значит изделие теплотехнически «тонкое».

Время нагрева теплотехнически «тонких» изделий для среднетемпературных печей рассчитывается по следующей формуле:

$$t_{\text{нагр}} = \frac{G}{F_{\text{м}} \cdot \alpha} \ln \frac{t_{\text{мн}} - t_{\text{ок}}}{t_{\text{мк}} - t_{\text{ок}}}, \text{ с} \quad (6)$$

где G – масса нагреваемых изделий, кг;

$t_{\text{мн}}$ и $t_{\text{мк}}$ – температуры нагреваемых изделий соответственно в начале и в конце нагрева, °С;

c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К);

α – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·К;

$F_{\text{м}}$ – тепловоспринимающая поверхность загрузки, м²

Рассчитаем массу нагреваемых изделий:

$$G = \rho \cdot V, \quad (7)$$

где V – объем детали, м³;

$$\rho = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3,14 \cdot 0,011^2 \cdot 0,3 = 0,000113. G = 0,000113 \cdot 7620 = 0,86, \text{ кг}.$$

Для шести деталей $G = 0,86 \cdot 6 = 5,16, \text{ кг}$.

Найдем время нагрева:

$$t_{\text{нагр}} = 82 \text{ мин}$$

4.1 Тепловой расчет электрической печи

Тепловой расчет печи сводится к составлению теплового баланса, который представляет собой уравнение, связывающее приход и расход тепла. При проектировании электрической печи тепловой баланс составляют с целью определения мощности [2].

4.2 Полезное тепло, расходуемое на нагрев металла

Полезное тепло, расходуемое на нагрев металла, для печей периодического действия определяется по формуле: Q_M

$$Q_M = C_M (t_{\text{МК}} - t_{\text{МН}}), \text{ Вт},$$

где M – масса всех изделий, кг;

c_M – средняя теплоемкость металла в интервале температур от $t_{\text{МН}}$ до $t_{\text{МК}}$, Дж/(кг·К);

$t_{\text{н}}$ – время нагрева изделий в печи, с;

$t_{\text{МН}}$ – начальная температура металла, °С;

$t_{\text{МК}}$ – конечная температура нагрева металла, °С [2].

$$Q_M = 0,538 \cdot 10^3 (820 - 20) = 451 \text{ Вт},$$

4.3 Тепло, теряемое вследствие теплопроводности кладки печи

$$Q_{\text{кл}} = 2 \cdot Q_{\text{бок.ст.}} + 2 \cdot Q_{\text{торц.ст.}} + Q_{\text{свода}} + Q_{\text{пода}} \quad (9)$$

Потери тепла через под и стены печи определяются по уравнению (для плоской многослойной стенки):

$$Q_{cr} = \frac{t_I - t_0}{\frac{S1}{\lambda1 \cdot F1} + \frac{S2}{\lambda2 \cdot F2} + \dots + \frac{Sn}{\lambdan \cdot Fn} + \frac{1}{\alpha_B \cdot F_{i\ddot{a}B}}}, \text{ Вт}, \quad (10)$$

где t_{II} – температура рабочего пространства печи, °С;

t_0 – температура окружающего воздуха, °С;

$S1, S2, \dots, Sn$ – толщина отдельных слоев кладки, м;

$\lambda1, \lambda2, \dots, \lambda n$ – коэффициенты теплопроводности слоев кладки, Вт/(м К);

$F1, F2, \dots, Fn$ – средние расчетные поверхности слоев кладки, м² ;

α_B – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности кладки печи в окружающую среду, Вт/(м² К).

$F_{нар}$ – наружная поверхность кладки.

Коэффициенты теплопроводности материалов, используемых в футеровке печи, приведены в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Коэффициенты теплопроводности данных материалов

Наименование и марка материала	λ , Вт/(м·К)
Шамот класса А	$0,980 + 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot t$
Диатомитовый кирпич Д-500	$0,132 + 0,233 \cdot 10^{-3} \cdot t$
Шамот-легковес ШЛ-1,3	$0,442 + 0,535 \cdot 10^{-3} \cdot t$
Шамот класса Б	$0,923 + 0,438 \cdot 10^{-3} \cdot t$

Средние температуры первого, второго и других слоев кладки:

$$t_1 = \frac{t_{II} + t_{1,2}}{2}; \quad t_2 = \frac{t_{1,2} + t_{2,3}}{2}; \quad \dots, \quad t_i = \frac{t_{i-1,i} + t_{i\ddot{a}B}}{2}. \quad (11)$$

где $t_{1,2}, t_{2,3}, \dots, t_{n-1,n}$ – температуры между отдельными слоями кладки, °С;

t_{II} – температура внутренней поверхности футеровки равна температуре печи, °С;

$t_{нар}$ – температура наружной поверхности кладки печи, °С.

Для того чтобы определить температуры слоев кладки и, соответственно, коэффициенты теплопроводности этих слоев, задаемся температурой наружной стенки печи и температурами на границе слоев кладки.

Далее, пользуясь формулой, определяем теплопотери через кладку. После этого уточняем полученные значения.

Тепловые потери через кладку можно представить в виде:

$$Q_{КЛ} = \frac{t_{П} - t_0}{R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{НАР}}, \text{ Вт,}$$

(12)

где R_1, R_2, \dots, R_n – тепловые сопротивления слоев кладки;

$R_{НАР}$ – сопротивление передаче тепла от поверхности кладки окружающей среде.

Так как тепловой поток, проходящий через кладку, постоянен, можно записать:

$$Q_{СТ} = \frac{t_I + t_{1,2}}{R_1}; \quad Q_{СТ} = \frac{t_{1,2} + t_{2,3}}{R_2}; \quad \dots; \quad Q_{СТ} = \frac{t_{i-1,i} + t_{i,i+1}}{R_i}. \quad (13)$$

Откуда:

$$t_{1,2} = t_{П} - Q_{СТ} \cdot R_1; \quad t_{2,3} = t_{П} - Q_{СТ} \cdot (R_1 + R_2); \quad \dots; \quad t_{нар} = t_{П} - Q_{СТ} \cdot (R_1 + R_2 + \dots + R_n).$$

Если полученные в результате проверки температуры будут отличаться от выбранных не более чем на 10 °С, то расчет произведен правильно. Если расхождение превышает эту величину, то задаемся значениями температур $t_{нар}$, $t_{1,2}$, ..., $t_{n-1,n}$, близкими к значениям, полученным при проверке, и снова производим расчет и проверку до тех пор, пока проверка не даст хорошего совпадения [2].

а) Тепло, теряемое вследствие теплопроводности кладки боковой стенки:

$$F_{вн} = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4 \text{ м}^2.$$

$$F_{1,2} = (0,5 + 2 \cdot 0,125) \cdot (0,9 + 2 \cdot 0,125) = 0,97 \text{ м}^2.$$

$$F_{\text{нар}} = (0,5 + 2 \cdot 0,125 + 2 \cdot 0,175) (0,9 + 2 \cdot 0,125 + 2 \cdot 0,175) = 1,8 \text{ м}^2$$

$$F_1 = \sqrt{F_{\text{ВН}} \cdot F_{1,2}} ; F_2 = \sqrt{F_{\text{нар}} \cdot F_{1,2}} .$$

$$F_1 = 0,72 \text{ м}^2 ; F_2 = 1,32 \text{ м}^2 .$$

$$\alpha_{\text{В}} = 15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$S_1 = 0,125 \text{ м}; S_2 = 0,175 \text{ м}$$

$$t_{\text{н}} = 850 \text{ }^\circ\text{C}; \quad t_{1,2} = 680 \text{ }^\circ\text{C}; \quad t_{\text{нар}} = 70 \text{ }^\circ\text{C}; \quad t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$t_2 = \frac{t_{\text{нар}} + t_{12}}{2} = \frac{70 + 680}{2} = 375 \text{ }^\circ\text{C} = 648 \text{ ,К}.$$

$$\lambda_2 = 0,132 + 0,233 \cdot 10^{-3} \cdot 648 = 0,282 \text{ ,Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

$$Q_{\text{бок.ст}} = \frac{\alpha_{\text{В}} \cdot F_1 \cdot (t_{\text{н}} - t_2)}{\lambda_2} = 1288 \text{ Вт}$$

$$\text{Проверка: } t_{12} = 850 - 1288 \cdot 0,137 = 674 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$t_{\text{нар}} = 850 - 624 \cdot (0,137 + 0,47) = 69 \text{ }^\circ\text{C}.$$

б) Тепло, теряемое вследствие теплопроводности кладки торцевой стенки:

$$F_{\text{вн}} = 0,5 \cdot 0,6 = 0,3 \text{ м}^2$$

$$F_{1,2} = (0,5 + 2 \cdot 0,115) (0,6 + 2 \cdot 0,115) = 0,77 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{нар}} = (0,5 + 2 \cdot 0,115 + 2 \cdot 0,15) (0,6 + 2 \cdot 0,115 + 2 \cdot 0,15) = 1,38 \text{ м}^2 .$$

$$F_1 = \sqrt{F_{\text{вн}} \cdot F_{1,2}} ; F_2 = \sqrt{F_{\text{нар}} \cdot F_{1,2}} .$$

$$F_1 = 0,56 \text{ м}^2 ; F_2 = 1,03 \text{ м}^2$$

$$\alpha_B = 15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

$$S_1 = 0,115 \text{ м}; S_2 = 0,150 \text{ м}$$

$$t_{\text{н}} = 850 \text{ }^\circ\text{C}; \quad t_{1,2} = 670 \text{ }^\circ\text{C}; \quad t_{\text{нар}} = 75 \text{ }^\circ\text{C}; \quad t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$t_1 = \frac{t_{\text{н}} + t_{1,2}}{2} = \frac{850 + 670}{2} = 760 \text{ }^\circ\text{C} = 1033 \text{ ,К}.$$

$$\lambda_1 = 0,980 + 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot 1033 = 1,26 \text{ ,Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

$$t_2 = \frac{t_{\text{нар}} + t_{1,2}}{2} = \frac{75 + 670}{2} = 372,5 \text{ }^\circ\text{C} = 645,5 \text{ ,К}.$$

$$\lambda_2 = 0,132 + 0,233 \cdot 10^{-3} \cdot 645,5 = 0,282 \text{ ,Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$$Q_{\text{горн}} = \frac{1140}{\lambda_1 \cdot S_1 + \lambda_2 \cdot S_2} = 1140 \text{ Вт}$$

$$\text{Проверка: } t_{1,2} = 850 - 1140 \cdot 0,163 = 665 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$t_{\text{нар}} = 850 - 1140 \cdot (0,517 + 0,163) = 75 \text{ }^\circ\text{C}.$$

в) Тепло, теряемое вследствие теплопроводности кладки свода:

$$F_{\text{вн}} = 0,5 \cdot 0,7 = 0,48 \text{ м}^2 .$$

$$F_{1,2} = (0,5 + 2 \cdot 0,115) (0,9 + 2 \cdot 0,115) = 1,05 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{нар}} = (0,7 + 2 \cdot 0,115 + 2 \cdot 0,15) (0,8 + 2 \cdot 0,115 + 2 \cdot 0,15) = 1,75 \text{ м}^2$$

$$F_1 = \sqrt{F_{\text{вн}} \cdot F_{1,2}} ; F_2 = \sqrt{F_{\text{нар}} \cdot F_{1,2}} .$$

$$F_1 = 0,813 \text{ м}^2 ; F_2 = 1,35 \text{ м}^2$$

$$\alpha_B = 15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

$$S_1 = 0,115 \text{ м}; S_2 = 0,150 \text{ м}$$

$$t_{\text{н}} = 850 \text{ }^\circ\text{C}; \quad t_{1,2} = 690 \text{ }^\circ\text{C}; \quad t_{\text{нар}} = 80 \text{ }^\circ\text{C}; \quad t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$t_1 = \frac{t_{\text{н}} + t_{1,2}}{2} = \frac{850 + 690}{2} = 770 \text{ }^\circ\text{C} = 1043 \text{ ,К}.$$

$$\lambda_1 = 0,923 + 0,438 \cdot 10^{-3} \cdot 1043 = 1,37 \text{ ,Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

$$t_2 = \frac{t_{\text{нар}} + t_{12}}{2} = \frac{80 + 690}{2} = 385^\circ\text{C} = 658 \text{ ,К.}$$

$$\lambda_2 = 0,132 + 0,233 \cdot 10^{-3} \cdot 658 = 0,28 \text{ ,Вт/(м·К)}$$

$$Q_{\text{свод}} = \frac{\lambda_2 \cdot F_{1,2} \cdot (t_{\text{нар}} - t_{12})}{S_2} = 1563 \text{ Вт}$$

Проверка: $t_{12} = 850 - 1563 \cdot 0,103 = 690^\circ\text{C}$,

$$t_{\text{нар}} = 850 - 1563 \cdot (0,103 + 0,39) = 80^\circ\text{C}.$$

г) Тепло, теряемое вследствие теплопроводности кладки пода: $F_{\text{вн}} = 0,6 \cdot 0,8 = 0,48 \text{ м}^2$.

$$F_{1,2} = (0,6 + 2 \cdot 0,23) (0,8 + 2 \cdot 0,23) = 1,57 \text{ м}^2.$$

$$F_{\text{нар}} = (0,6 + 2 \cdot 0,23 + 2 \cdot 0,15) (0,8 + 2 \cdot 0,23 + 2 \cdot 0,15) = 2,42 \text{ м}^2$$

$$F_1 = \sqrt{F_{\text{вн}} \cdot F_{1,2}}; F_2 = \sqrt{F_{\text{нар}} \cdot F_{1,2}}.$$

$$F_1 = 0,99 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = 1,94 \text{ м}^2.$$

$$\alpha_{\text{в}} = 15 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

$$S_1 = 0,230 \text{ м}; S_2 = 0,150 \text{ м}.$$

$$t_{\text{п}} = 850^\circ\text{C}; t_{1,2} = 370^\circ\text{C}; t_{\text{нар}} = 90^\circ\text{C}; t_0 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_1 = \frac{t_{\text{п}} + t_{12}}{2} = \frac{850 + 370}{2} = 610^\circ\text{C} = 883 \text{ ,К.}$$

$$\lambda_1 = 0,980 + 0,278 \cdot 10^{-3} \cdot 883 = 1,22 \text{ ,Вт/(м·К)}$$

$$t_2 = \frac{t_{\text{нар}} + t_{12}}{2} = \frac{90 + 370}{2} = 230^\circ\text{C} = 503 \text{ ,К.}$$

$$\lambda_2 = 0,442 + 0,535 \cdot 10^{-3} \cdot 503 = 0,711 \text{ ,Вт/(м·К)}.$$

$$Q_{\text{под}} = \frac{\lambda_2 \cdot F_{1,2} \cdot (t_{\text{нар}} - t_{12})}{S_2} = 2546 \text{ Вт}$$

Проверка: $t_{12} = 850 - 2546 \cdot 0,19 = 367^\circ\text{C}$,

$$t_{\text{нар}} = 850 - 2546 \cdot (0,19 + 0,109) = 89^\circ\text{C}$$

Рассчитаем тепловые потери через кладку:

$$Q_{\text{кл}} = 2 \cdot 1140 + 2 \cdot 1288 + 1563 + 2546 = 8965 \text{ ,Вт [2].}$$

4.4 Потери тепла излучением через открытое загрузочное окно

Определяются по формуле (14):

$$Q_{\text{луч}} = C_0 \cdot \varepsilon \cdot \psi \cdot F_{\text{отв}} \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{п}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{в}}}{100} \right)^4 \right] \cdot \Delta \tau, \text{ Вт}$$

где ε – степень черноты излучающего тела;

$F_{\text{отв}}$ – площадь поперечного сечения отверстия, м^2 ;

$T_{\text{п}}, T_{\text{в}}$ – температура соответственно печи и окружающего воздуха, К;

$\Delta \tau$ – доля времени, в течение которого окно открыто, с/с;

ψ – коэффициент диафрагмирования, зависящий от соотношения ширины и высоты отверстия и от толщины стенки [2].

$$F_{\text{отв}} = 0,4 \cdot 0,5 = 0,2 \text{ м}^2$$

Примем степень черноты излучающего тела $\varepsilon = 0,8$

Коэффициент диафрагмирования загрузочного окна: 0,9

Примем $\tau_{\text{откр}} = 2 \text{ мин} = 120 \text{ с}$ и $\tau_{\text{общ}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{выд}} = 4568 + (0,25 \cdot 4568) = 5710 \text{ с}$.

Долю времени, в течение которого окно открыто определяем по формуле:

$$\Delta \tau = \frac{\tau_{\text{откр}}}{\tau_{\text{общ}}} \quad (14)$$

$$\Delta \tau = 120/5710 = 0,021.$$

Таким образом,

$$Q_{\text{луч}} = 5,67 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,3 \cdot \left[\left(\frac{1700}{100} \right)^4 - \left(\frac{300}{100} \right)^4 \right] \cdot 0,021 = 405, \text{ Вт}.$$

4.5 Потери тепла вследствие коротких замыканий $Q_{\text{ткз}}$

Эти потери вызваны нарушением сплошности изоляции в тех местах, где через кладку проходят переемычки из более теплопроводных материалов: термодарные трубки, выводы нагревателей, направляющие, оси роликов, выходящие из печи, закалочные желобки и т.п. В большинстве случаев такие

потери не могут быть точно учтены и их принимают обычно равными 50...100% от потерь теплоты через стенки, то есть:

$$Q_{\text{ткз}} = (0,5 \dots 1,0) \cdot Q_{\text{кл}}, \text{ Вт.} \quad (15)$$

Примем потери тепла вследствие коротких замыканий 0,5 от $Q_{\text{ст}}$, тогда

$$Q_{\text{ткз}} = 0,5 \cdot 8756 = 437 \text{ Вт.}$$

4.6 Потери тепла на нагрев приспособления

Для исключения поводки и коробления детали в процессе нагрева, заготовки помещаются в печь в специальном приспособлении, где они установлены в вертикальном положении. Потери тепла на нагрев приспособления принимаются как 30% от полезного тепла, расходуемого на нагрев металла:

$$Q_{\text{т}} = 15012 \cdot 0,3 = 4503,6 \text{ Вт}$$

Данные статей прихода и расхода, полученные в результате расчетов, приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Данные статей прихода и расхода

Статьи прихода	кВт	%	Статьи расхода	кВт	%
Теплота, выделившаяся в нагревательных элементах	15,012	100	Полезное тепло, расходуемое на нагрев металла	1,552	10,5
			Тепло, теряемое вследствие теплопроводности кладки печи	7,965	60
			Потери тепла через открытое загрузочное окно	0,405	2,5

			Потери тепла вследствие коротких замыканий	4,483	27,8
			Потери тепла на нагрев приспособления	0,498	3,54
Итого	15,012	100	Итого	15,012	100

4.7 Расчет КПД электрической печи

Из составленного теплового баланса печи найдем ее коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{Q_{\text{полез}}}{Q_{\text{затрач}}} \cdot 100, \% \quad (16)$$

Установленная мощность электрической печи:

$$N_{\text{уст}} = k \cdot N_{\text{расч}}; \quad (17)$$

$N_{\text{расч}}$ - общий расход теплоты, Вт (кВт); Для печей с мощностью меньше 100 кВт принимают $k = 1,4 - 1,6$.

Примем $k = 1,5$ $N_{\text{уст}} = 1,5 \cdot 15,012 = 22,518$ кВт.

4.8 Планировка участка термической обработки

Участок термической обработки включает в себя место для складирования изделий перед термической обработкой, камерную электрическую печь для закалки, бак закалочный водяной, бак закалочный водяной, термическая печь для отпуска, участок для охлаждения деталей на воздухе, стеллажи для складирования.

В результате создания отдельного участка по термической обработке повысится эффективность труда. В связи с тем, что всё оборудование теперь находится в одном цехе, это несёт положительный экономический эффект. Экономится время на перевозку деталей из одного участка на другой, компактность цеха позволит работать более удобно и продуктивно.

5 АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОГО БРАКА

Основным условием предотвращения брака при термической обработке является строгое соблюдение технологии процесса. Брак может быть исправимым и неисправимым. Исправимый брак это перегрев, который приводит к образованию крупнозернистой структуры оксидных и сульфидных выделений по границам зерен. Неисправимый брак связан с нарушением химического состава поверхностный слоев металла при окислении, а также с нарушением структуры (пережогом) и сильным короблением изделия. Остальные виды брака могут быть исправлены, но высокое качество термической обработки после исправления брака получить трудно.

Рассмотрим виды брака при термической обработке стали 09Г2С и меры их предупреждения:

- внешние и внутренние трещины металла. Причинами такого брака могут стать: неправильный выбор закалочной среды, несвоевременный отпуск, резкая закалка. Для того, чтобы избежать трещин металла необходимо соблюдать технологический процесс, при несвоевременном отпуске сокращать промежуток времени между закалкой и отпуском, а для устранения резкой закалки использовать ступенчатую закалку в двух охлаждающих средах;
- обезуглероживание поверхности металла. Данный вид брака происходит из-за завышенного времени выдержки металла при нагреве, что происходит из-за несоблюдения технологии процесса;
- крупнозернистая микроструктура. Крупное зерно преимущественно возникает при наличии таких факторов, как нагрев выше заданной температуры, завышенное время выдержки. Рост зерна аустенита и последующее возникновение крупного мартенситного зерна можно избежать при правильном подборе времени и температуры нагрева металла под закалку;
- пониженная твердость. Несоответствующая твердость для стали возникает из-за пониженной температуры нагрева при отпуске или недостаточного времени выдержки. Необходимо строго соблюдать технологический процесс, чтобы

такого вида брака не возникало.

6

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Исходя из анализа технологического процесса можно выделить опасные и вредные производственные факторы, а также добиться безаварийной ситуации, предупреждение травматизма, сохранения здоровья, сохранение качества полезного труда.

Наиболее типичными причинами могут являться аварии, взрывы оборудования, в результате которых может быть создана опасная ситуация, ведущая к травмам:

6.1 Опасные и вредные факторы

В соответствии с ГОСТ 12.0.003 – 80 опасные и вредные производственные факторы классифицируются следующим образом:

- вредные вещества;
- неоптимальный микроклимат;
- неудовлетворительное освещение;
- повышенный уровень шума;
- поражение электрическим током;
- пожароопасность.

6.2 Вредные вещества

Вредные вещества нормируются в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 ССТ И-01.12.81; 02.06.90. Вредные вещества. Классификация, общие требования безопасности и ГН2.2.5.1313 – 03 предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Природный газ является естественной смесью горячих незначительной частью балластных газов и имеет химический состав в процентах: $\text{CH}_4=98,9$; $\text{O}_2=0,3$; $\text{N}_2=0,4$; $\text{CO}_2=0,4$. Удельный вес природного газа $0,73 \text{ кг/м}^3$. Он в 1,8 раза легче воздуха, поэтому выходя через неплотности газопроводов, арматуры

и приборов, поднимается вверх и может скапливаться в плохо вентилируемых помещениях. Природный газ – удушливый, не имеет цвета и запаха.

Оксид углерода (СО) образуется при неполном сгорании газа. При попадании в организм она вступает в реакцию с гемоглобином, образуя карбоксигемоглобин, который предотвращает транспортировку кислорода из лёгких в ткани. Различают три степени отравления:

1) Лёгкой степенью отравления является стук в висках, шум в ушах, учащённое сердцебиение, слабость, боль в суставах, сонливость, тошнота;

2) При среднем отравлении вышеуказанные признаки усиливаются, тошнота доходит до рвоты;

3) При тяжёлой форме отравления возникает возбуждённое состояние с беспорядочными движениями, а затем потеря сознания и остановка дыхания.

Азот – газ без цвета, вкуса, запаха. Не токсичен и не взрывоопасен, легче воздуха, удельный вес $1,25 \text{ кг/м}^3$. Увеличение концентрации азота в воздухе снижает содержание кислорода в нём, в результате чего создаётся удушливая атмосфера. При вдыхании чистого азота человек быстро теряет сознание. Если при этом он продолжает находиться в атмосфере азота, то наступает смерть.

Железосодержащая пыль – дисперсная фаза твёрдого вещества, образующаяся при дроблении или измельчении. А также при отделении окалины от изделия при шлифовке изделий. Пыль взвешанная в воздухе – аэрозоль. Пыль оседающая – аэрогель. Оказывает раздражающее действие на кожу, слизистые, дыхательные пути. Длительное воздействие пыли вызывает хронические заболевания: силикоз, антропокоз.

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосфере воздуха указаны в таблице 2.1.

ГН2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Таблица 2.3 – Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Вещества	ПДК, мг/	Класс опасности
СО	20	4
	0,6	3
Железосодержащая пыль	0,45	3

6.3 Нерациональное освещение

СНиП. 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.

Освещение является одним из важнейших условий нормальной жизнедеятельности. Правильно устроенное освещение обеспечивает хорошую видимость и создаёт благоприятные условия труда.

ГОСТ 12.0.003-80 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

Классификация содержит следующие опасные и вредные факторы, связанные с неудовлетворительным освещением:

- 1) Отсутствие или недостаток естественного освещения;
- 2) Недостаточная освещённость рабочей зоны;
- 3) Повышенная яркость;
- 4) Прямая или отражённая блеклость;
- 5) Повышенная контрастность;
- 6) Повышенная пульсация светового потока.

Воздействия этих факторов вызывает преждевременное утомление, притупляет внимание, снижает производительность труда и качество продукции, и может оказаться причиной несчастного случая. Длительное воздействие указанных факторов может привести к ухудшению зрения.

Нормы освещения должны соответствовать СНиП.23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Нормы освещения для участков печного отделения

Название участка	Освещённость при искусственном освещении		Значение КЕО, %		Разряд зрительных работ
	Комбинированное	Общее	Естественное освещение	Совместное освещение	
Печная зона	-	75	1	0,7	VIII
Рабочее место у печей	200	150	3	1	VII
КИП	300	200	3	1	V

Для освещения участка используются газоразрядные лампы высокого давления типа ДРЛ.

6.4 Шум

Шум возникает в результате движения механизмов: крана, предаточной тележки, работы генератора.

ГОСТ12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

Воздействие шума на человека зависит от его уровня, характера, продолжительности и индивидуальных особенностей человека. Ультразвук изменяет давление, состояние крови, приводит к головной боли, утомляемости, потери слуховой чувствительности.

СНН№ 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых

общественных зданий и на территории жилой застройки.

Таблица 2.5 – Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах

Вид деятельности	Уровень звукового давления, дБл в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц			Уровень звука, эквивалентные уровни звука, дБл
	500	1000	2000	
Все виды работ на постоянных рабочих местах	500	1000	2000	80
	78	75	73	

6.5 Микроклимат

Микроклимат в производственных помещениях должен соответствовать ГОСТ12.1.005 – 88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

Микроклимат производственных помещений – климат, который определяется сочетанием температур, влажности, скоростью движения воздуха и температуры окружающих поверхностей.

При увеличении температуры воздуха поверхностные кровеносные сосуды расширяются, приток крови увеличивается и увеличивается теплоотдача.

Увеличение влажности при температуре воздуха затрудняет теплоотдачу путём испарения, приводит к перегреву. Движение воздуха облегчает теплоотдачу путём конвекции только до температуры 36°C, выше 36°C теплоотдача идёт путём испарения, выше 40°C движение воздуха может привести к перегреву.

Температура окружающих поверхностей - это тепловое облучение от оборудования (печей, отопительных систем, любых источников тепла).

При температуре поверхности более 16°C, но меньше 25°C – состояние теплового комфорта.

Задержка тепла в организме вызывает следующие изменения:

- 1) Увеличивается температура тела;
- 2) Учащается дыхание и пульс;
- 3) Потеря большого количества влаги – в организме сгущается кровь;
- 4) Усиливается нагрузка на сердце.

Перегрев угнетающе действует на центральную нервную систему, поэтому нарушаются все секретные функции почти всех желез пищеварения, печени, желудка, нарушается витаминный и белковый обмен. Перегрев развивается в тепловой удар. Это резкое расстройство центральной нервной системы, которое сопровождается потерей сознания, уменьшением давления, судорогами, происходит резкий подъём температуры тела. Санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны приведены в таблице 2.6

Таблица 2.6 – Допустимые нормы микроклимата на постоянных рабочих местах

Период года	Категории работ	Оптимальные			Допустимые		
		Т, °С	Относительная влажность, %	Скорость воздуха, м/сек	Т, °С	Относительная влажность, %	Скорость воздуха, м/сек
Холодный +10°C ниже	Средней тяжести 2б.	17	40...60	0,2	15	75	0,4
		... 19			... 21		
Летний +10°C выше	Средней тяжести 2б.	19	40...60	0,2	17	75	0,4
		... 21			... 23		

Работы, проводимые на термическом участке, относятся к средней тяжести – категория 2б.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения на рабочих местах от производственных источников приведены в таблице 5.5. (Сан ПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».)

Таблица 2.5 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения на рабочих местах от производственных источников нагрева

Облучаемая поверхность тела, %	Вт/
50 и более	35
25...50	70
не более 25	100

Для нормализации параметров микроклимата на термическом участке предусмотрены системы отопления и вентиляции. При эксплуатации систем отопления и вентиляции должны выполняться следующие требования:

1. Системы отопления и вентиляции подвергаются плановому ремонту;
2. Все проходы воздухопровода изолированы от кровли негорючим материалом;
3. На воздухопроводе установлены огнезадерживающие устройства, которые перекрываются в случае возгорания;
4. Вентиляционные установки оборудованы световой сигнализацией, которая включается при пожарах;
5. Хранение в венткамерах оборудования материалов запрещается.

6.6 Воздействие электрического тока

ГОСТ12.1.019 – 79 ССБТ И – 1.01.86. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защит.

Опасность поражения электрическим током возникает при соприкосновении с токоведущими частями кранов, передаточных тележек, контрольно-измерительных приборов и т.д.

Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает термическое воздействие: ожоги, повышение температуры органов, через которые проходит ток.

В соответствии с ГОСТом 12.1.038 – 82 ССБТ И – 1.04.88. «Электробезопасность». Предельно-допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки, не должен превышать значений, указанных в таблице 5.6.

Участок термической обработки тройников из стали 09Г2С по электробезопасности относится к классу повышенной опасности.

Таблица 2.7 – Значения напряжений прикосновения и токов, проникающих через тело человека

Род тока	U, В	I, А
	не более	
Переменный, 50 Гц	0,2	0,3

6.7 Мероприятия по обеспечению безопасных условий труда

6.7.1 Мероприятия по уменьшению влияния вредных веществ

ГОСТ 12.1.007 – 76 ССБТ И-01.12.81; 02.06.90. Вредные вещества. Классификация. Общие требования безопасности.

На предприятии должны быть выполнены комплексы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий.

Мероприятия по обеспечению безопасности труда при контакте с вредными веществами предусматривают:

1. Выпуск конечных продуктов в не пылящих формах.
2. Органическое содержание примесей вредных веществ в исходных и конечных продуктах;
3. Применение прогрессивной технологии производства (автоматизации; непрерывность процесса; дистанционное управление; автоматический контроль процессов и операций), исключающей контакт человека с вредными веществами;
4. Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
5. Выбор оборудования, не допускающий выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны в количествах, превышающих предельно-допустимые концентрации при нормальном ведении технологического процесса; а также правильную эксплуатацию санитарно-технического оборудования и устройств (отопления, вентиляции, водопровода, канализации);
6. Рациональная планировка промышленных площадок и помещений;
7. Применение средств индивидуальной защиты (очки, экраны) ГОСТ 12.4.003-78;
8. Специальную подготовку и инструктаж обслуживающего персонала;
9. Проведение предварительных и периодических медосмотров, выявляющих противопоказания для работы с конкретными вредными веществами, проведение инструктажа по оказанию до врачебной и неотложной медицинской помощи пострадавшим при отравлении.

6.7.2 Мероприятия по снижению запылённости на участке

В базовом варианте для очистки переходов использовались пескоструйные установки. В проектном варианте очистку переходов производят стальной дробью в дробемётах. В результате чего снижается запылённость помещения в 10-20 раз (до 3 мгм/).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассмотрена марка стали 09Г2С, дан сравнительный анализ этой стали с ближайшими аналогами, на основе чего обосновали выбор данной марки. Приведён химический состав, диаграмма распада переохлажденного аустенита, механические свойства после термообработки.

Выбраны и обоснованы режимы термической обработки, проанализирован возможный брак.

Определили время нагрева стали, а так же составили тепловой баланс термической печи, в результате чего определили расчетную мощность печи, значение которой находят при суммировании расходных статей.

Был определен коэффициент полезного действия печи.

Также выбрано основное, дополнительное и вспомогательное оборудование для участка термической обработки деталей.

Рассчитан эффективный годовой фонд времени работы оборудования, общая площадь термического участка. Спроектирован участок термической обработки переходов.

Приведены пункты по безопасности жизнедеятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гольдштейн, М.И. Специальные стали: учебник для вузов. М.И. Гольдштейн, С.В. Грачёв, Ю.Г. Векслер. – М.: Metallurgy, 1985. – 408 с.
2. Корягин, Ю.Д. Тепловые и электрические расчёты термических печей: учебное пособие./ Ю.Д. Корягин. – 2-е издание. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 178 с.
3. Марочник сталей и сплавов/ В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С. А. Вяткин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
4. Metallovedenie i termicheskaya obrabotka stali: spravочное издание в 3 т. / под ред. Бернштейна М.Л., Рахштадта А.Г. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Metallurgy, 1983. - Т III. Термическая обработка металлопродукции. – 216 с.
5. Ильин, С.И. Технология термической обработки сталей: учебное пособие./ С.И. Ильин, Ю.Д. Корягин. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. — 120 с.
6. Арзамасов, Б.Н. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений./ Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др. / Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 384 с.
7. Седов, Ю.Е. Справочник молодого термиста. – М.: Высш. шк., 1986. – 239 с.
8. Гуляев, А.П. Metallovedenie./ А.П. Гуляев. – 5-е изд. перераб. – М.: Metallurgy, 1977. – 648 с.
9. Соколов, К.Н. Оборудование термических цехов / К.Н. Соколов. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1957. – 420 с.