

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(Национальный исследовательский университет)
Политехнический институт
Факультет «Заочный»
Кафедра «Материаловедение и физико-химия материалов»
Направление «Металлургия»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, начальник цеха Т-8

_____ Нурмухаметов С.М.

_____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой, д.т.н.,

профессор

_____ Михайлов Г.Г.

_____ 2019 г.

Совершенствование технологического процесса термической обработки
шатунов двигателя трактора.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 22.04.02. 2019.343.ПЗ.ВКР

Руководитель, профессор

_____ Ю.Д. Корягин

_____ 2019 г.

Автор работы

Студент группы ПЗ-343М

_____ Д.А. Ильиных

_____ 2019 г.

Нормоконтролер, профессор

_____ Ю.Д. Корягин

_____ 2019 г.

Челябинск 2019

АННОТАЦИЯ

Ильиных Д.А. Совершенствование технологического процесса термической обработки шатунов двигателя трактора.

– Челябинск; ЮУрГУ, ПЗ-343, 2019 – 72с., 8 таб., 17 рис., Библиографический список – 9 наим.

В данной работе была осуществлена реконструкция участка термической обработки с целью совершенствования технологического процесса для изготовления деталей двигателя серии 6Т. Предстоящая задача обуславливала увеличение мощности двигателя с 600 л/с до 900 л/с.

Для решения данной задачи, необходимо было продлить ресурс эксплуатации самой важной части двигателя, коленчатого вала.

Для достижения данной цели необходимо внедрить в технологию производства процесс поверхностного ионного азотирования в тлеющем разряде.

Данная ХТО (химико-термическая обработка) позволила нам увеличить степень нагрузки на коленчатый вал, тем самым увеличив мощность двигателя до необходимых параметров.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Ильиных Д.А.</i>			Совершенствование технологического процесса ТО	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Корягин Ю. Д</i>					3	72
<i>Н. Контр.</i>		<i>Корягин Ю.Д.</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Михайлов Г.Г.</i>						

ВВЕДЕНИЕ

Наибольшее предпочтение в последние годы отдается технологическим процессам, основанным на использовании ионных и плазменных потоков. Одним из наиболее существенных достоинств ионно – плазменных технологий является точность и эффективность управления технологическими параметрами процесса. Среди большого разнообразия технологических способов обработки деталей потоками заряженных частиц следует выделить одно из основных направлений, которое позволяет существенным образом изменять свойства на глубине несколько сотен микрон от поверхности: изменение состава поверхностного слоя металла, основанное на диффузионных химико – термических процессах.

Среди большинства методов ХТО, изученных и известны к настоящему времени, азотирование является наиболее распространенным и применяемым, наравне с цементацией и ТВЧ-закалкой, способом упрочнения в машиностроении. Данный метод поверхностной обработки при температурах порядка 500 °С (не выше) позволяет значительно увеличить твердость и износостойкость обрабатываемых изделий, а также обеспечить высокую коррозионную стойкость в агрессивных средах. Наиболее современными и эффективными на сегодняшний день являются процессы в жидких расплавах солей и в плазме тлеющего разряда.

В настоящей работе реконструирован участок термической обработки деталей двигателя (коленвалов и шатунов).

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	<i>Лист</i>
<i>зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>докум.</i>	<i>одпись</i>	<i>Дата</i>		4

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	
1.1 Условия работы шатунов.....	6
1.2 Конструкция коленчатых валов и требования к их изготовлению ...	8
1.3 Обоснование выбора марки стали.....	12
1.4 Химический состав и свойства стали 18Х2Н4МА .	13
1.5 Влияния углерода и легирующих элементов стали на технологию ее термообработки.....	16
1.6 Выбор и обоснование параметров термической обработки коленчатых валов... ..	20
1.7 Внедрение ионно-плазменного азотирования.....	22
1.7.1 Общие сведения и предназначение ионного азотирования.....	22
1.7.2 Схема технологического процесса азотирования в тлеющем разряде.....	24
1.8 Контроль качества и анализ возможного брака.....	26
1.9 Маршрут изготовления коленчатого вала для двигателя серии 6Т.....	27
2. ВЫБОР, ОПИСАНИЕ И РАСЧЕТ ОСНОВНОГО, ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	
2.1 Выбор оборудования.....	28
2.2 Описание оборудования.....	29
2.2.1 Оборудование для закалки.....	29
2.2.2 Оборудование для отпуска.....	30
2.2.3 Установка ионно-плазменного азотирования ЭВТ 60.....	31
2.3 Расчет основного оборудования.....	35
2.4 Фонд времени работы оборудования.....	35
2.5 Расчет времени нагрева коленчатых валов.....	36
2.6 Тепловой расчет печи.....	39
2.7 Расчет нагревателей.....	49
3 ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ	
3.1 Размещение оборудования на проектируемом участке.....	54
3.2 Расчет площадей и описание основных элементов здания.....	55
3.3 Описание планировки проектируемого участка.....	58
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	
4.1 Устройство участка ТО.....	59
4.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	60
4.3 Микроклимат.....	61
4.4 Производственный шум.....	62
4.5 Освещение.....	64
4.6 Факторы электрической природы.....	65
4.7 Электробезопасность.....	66
4.8 Меры по технике безопасности на рабочем месте.....	68
5. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	72

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Условия работы шатунов

Шатун служит для передачи усилия давления газов от поршня на шейку коленчатого вала и вместе с кривошипом преобразует поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала. Шатун двигателя 6Т состоит из верхней головки, в котором располагается головной подшипник, стержня шатуна, и нижней головки.

Требования, предъявляемые к шатуну: достаточная прочность и надежность всех элементов шатуна; высокая износостойкость; работоспособность подшипников.

Шатун работает при значительных знакопеременных нагрузках от силы давления газов и силы инерций. Стержень шатуна испытывает напряжения сжатия и изгиба.

В двигателе 6Т во время процессов наполнения и выпуска движущая сила P вызывает растяжение на оси шатуна. Следовательно, шатун при работе двигателя подвергается значительной динамической нагрузке.

Шатунные болты испытывают растягивающие напряжения от предварительной затяжки (материал болтов работает на «усталость»), от переменных сил инерций.

В двигателе 6Т для надежной работы головного подшипника необходимо обеспечить достаточную жесткость головки, чтобы избежать деформаций подшипника. У шатуна фланец стержня создает жесткую опору для подшипников, деформация поперечины компенсируется податливостью подшипников, поэтому при работе сохраняется параллельность оси поперечины и опорных поверхностей подшипников и создаются условия для равномерного распределения нагрузки по всей опорной поверхности, уменьшается максимальная величина удельного давления, повышается долговечность и надежность работы.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

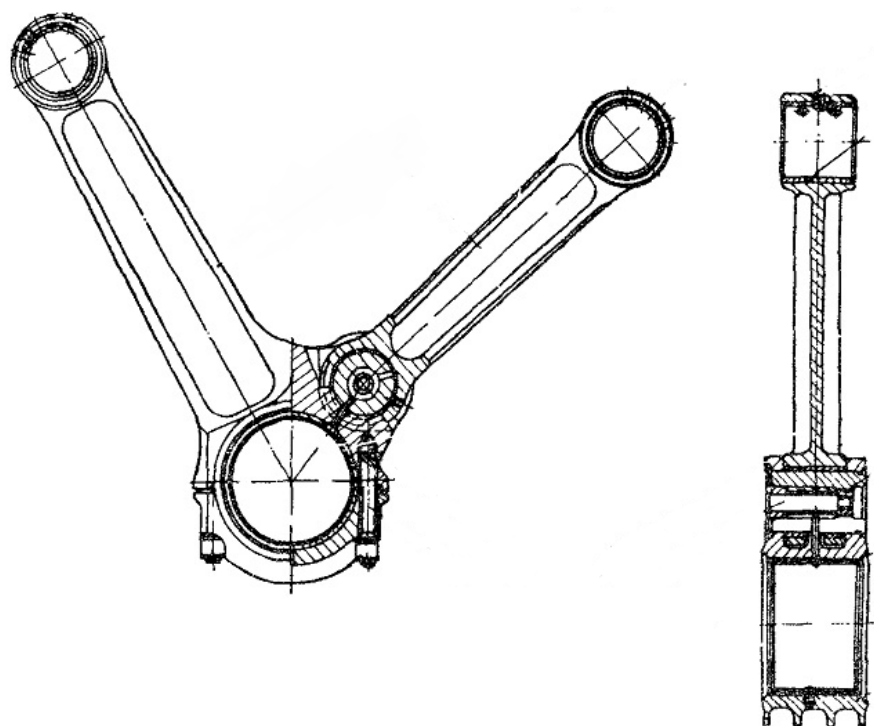


Рисунок 1 – Эскиз шатунной пары двигателя 6Т

Стержень шатуна двутавровый, по сравнению с круглым сечением имеет большой момент сопротивления, что позволяет уменьшать площадь поперечного сечения и вес шатуна, не снижая его прочности. В четырехтактном дизеле 6Т шатунные болты испытывают знакопеременную нагрузку, так как во время процессов наполнения и впуска движущая сила изменяет свое направление. Нижняя головка прикреплена двумя болтами. Наибольшая концентрация возникает в резьбовом соединении: резьба должна быть мелкая, чисто обработана, без заусенцев, забоев, надрывов. Во избежание появления напряжения изгиба при затяжке гайки необходимо обеспечить плотное прилегание опорных поверхностей гайки и головки болта к плоскости кривошипной головки.

Наряду с термической обработкой шатунов на проектируемом участке осуществляется термическая обработка коленчатых валов.

1.2 Конструкция коленчатых валов и требования к их изготовлению

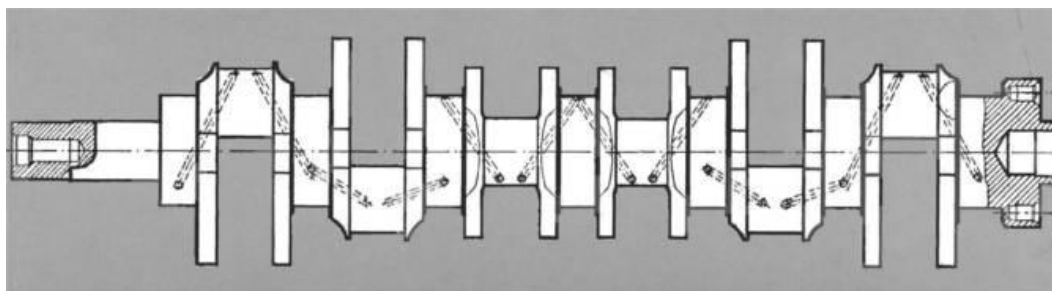


Рисунок 2 – Эскиз коленчатого вала

Коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания являются ответственными и напряженными деталями, работающими при воздействии динамических нагрузок, которые передаются валу через поршень и шатун при рабочем процессе двигателя, и инерционных усилий, возникающих при изменении скорости и направления движущихся масс поршней, шатунов, маховиков и прочих деталей.

Коленчатые валы делают цельными или составными (из отдельных частей или колен). В зависимости от числа и расположения цилиндров коленчатые валы имеют разное число колен и шеек. Основными элементами коленчатых валов являются коренные и шатунные шейки, щеки, соединяющие коренные и шатунные шейки, передний и задний концы, служащие для передачи движения приводным механизмом и механизмами двигателя. В местах переходов от шеек и концов вала к щекам и фланцам имеются галтели. Щеки коленчатых валов делают прямоугольными, круглыми или овальными. Для уменьшения массы вала на щеках в ненагруженных местах снимают фаски и скосы; шейки часто выполняют полыми. На щеках в отдельных конструкциях коленчатых валов установлены противовесы.

Условия работы коленчатых валов и сопряжённых с ними деталей двигателя требуют точного выполнения размеров и правильного взаимного положения отдельных элементов. Эти требования обусловлены ГОСТами

10158-62 и 10167-62. Основные технические требования, предъявляемые к коленчатым валам, следующие:

1. Коленчатые валы должны изготавливаться из углеродистых сталей 35, 40, 45, и 50 Г и легированных сталей, химический состав которых соответствует ГОСТу 4543-61. Марка стали оговаривается в чертеже.
2. Механические свойства валов должны соответствовать показателям, установленным ГОСТом 10158-62 в зависимости от марки стали и категории прочности. Обязательными показателями механических свойств являются предел текучести, относительное сужение, ударная вязкость и твёрдость. Механические свойства материала коленчатых валов после термической обработки проверяются на образцах, вырезанных из детали.
3. Твёрдость HRC шеек, подвергаемых поверхностной закалке, должна быть не менее 52 для валов, изготавливаемых из стали 45 и 50 Г, и не менее 48 для валов из легированных сталей. Галтели закалке не подвергаются.
4. Чистота обработки поверхности шеек диаметром до 100 мм должна быть не ниже 9-го класса, а шеек диаметром более 100 мм и галтелей шеек 8-го класса; чистота обработки коренных шеек, монтируемых на подшипниках качения, должна быть 7-го класса.
5. Диаметры коренных и шатунных шеек требуется обрабатывать по 2-му классу точности. Овальность шеек диаметром до 260 мм не должна выходить за пределы поля допуска скользящей посадки 1-го класса точности, а шеек диаметром более 260 мм должна быть в пределах допуска скользящей посадки 2-го класса точности.
6. Биение коренных шеек и шейки под распределительную шестерню относительно оси вала не должно превышать 0,03 мм для валов с диаметром шеек до 100 мм, 0,04 мм для валов с диаметром шеек 100-180

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

мм; 0,05 мм для валов с диаметром шеек 180-260 мм и 0,06 мм для валов больших размеров.

7. Допускается отклонение радиуса кривошипа не более 0,15 мм на 100 мм радиуса.
8. Смещение углов между коленами кривошипов, а также между шпоночным пазом распределительной шестерни и осью базового кривошипа допускается не более.
9. Биение торцов соединительных фланцев при жёстком креплении маховика или муфты допускается не более 0,005 мм на 100 мм диаметра фланца, при прочих соединениях – не более 0,03 мм на 100 мм диаметра фланца.
10. Каждый вал должен быть динамически сбалансирован. Одно- и двухколенчатые валы, а также валы, работающие с числом оборотов в минуту менее 1000, допускается балансировать статически. Допускаемый дисбаланс указывается в чертеже.

Требования к коленчатым валам, подвергаемые азотированию, хромированию и механическому уплотнению галтелей, указываются в чертеже. Заготовки коленчатых валов получают свободной ковкой, штамповкой и отливкой. Свободной ковкой получают заготовки валов крупных двигателей, выпускаемых мелкими сериями, для которых нецелесообразно делать сложные и дорогие штампы. Сложная конфигурация коленчатого вала не позволяет изготовить свободной ковкой заготовку, в достаточной степени приближающуюся к конфигурации готовой детали, и при обработке шеек приходится удалять большое количество металла. Заготовки валов, выпускаемых значительными сериями, получают штамповкой в закрытых штампах. Штамповку заготовок значительных размеров производят по частям в секционных штампах.

Это позволяет снизить расход металла, улучшить его структуру и снизить трудоёмкость изготовления вала в заготовительных и механических

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

цехах. Заготовку коленчатых валов быстроходных двигателей в серийном производстве получают штамповкой в закрытых штампах из проката последовательно в нескольких ручьях одного штампа или двух штампов. Сначала производят гибку заготовки в гибочном ручье штампа, затем штамповку в предварительном ручье. Потом производят обрезку облоя, окончательную штамповку, обрезку и рихтовку. Фланцы на конце вала обычно штампуют в отдельной операции на горизонтально-ковочных машинах.

При изготовлении коленчатых валов как одно целое с ними отковывают бруски, из которых после совместной термической обработки вырезают образцы для контроля механических свойств материала. Литые заготовки коленчатых валов получают из модифицированного легированного чугуна и высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Крупные валы (для тепловозных и стационарных двигателей) изготавливают в земляных формах; шейки их обычно отливают полыми, что позволяет избежать большой разницы в толщине стенок отливки и обеспечит более равномерную структуру материала. Коленчатые валы небольших размеров (для автомобильных, тракторных и комбайновых двигателей) отливают в оболочковых формах. Литые заготовки коленчатых валов подвергают рентгенографическому контролю для выявления внутренних скрытых раковин.

Каждый годный вал сопровождается документом о качестве, в котором указываются: порядковый номер детали, номер плавки, марка стали, механические свойства, твердость, химический состав и микроструктура.

1.3 Обоснование выбора марки стали

Задание на выпускную работу предусматривает выбор материала для шатунов и коленчатых валов, работающих в условиях высоких динамических знакопеременных нагрузок.

Анализ приведенных в задании требований показал следующее.

Довольно высокие значения прочностных характеристик ($\sigma_B \geq 900-950$ МПа, $\sigma_T \geq 800$ МПа) при хорошей вязкости ($KCU \geq 70-80$ кДж/см²) характерны для средне- и высоколегированных сталей в улучшенном состоянии, то есть после закалки с высоким отпуском. Углеродистые и низколегированные стали с таким уровнем прочности, обычно имеют более низкие пластические и вязкие свойства. Следовательно, искать нужный материал следует в первую очередь среди высоко- и среднелегированных улучшаемых сталей.

Максимальный размер сечения шатуна равен 30 мм, следовательно, именно такой прокаливаемостью должен обладать выбранный материал, чтобы это условие было выполнено. Такая глубина прокаливаемости также характерна для легированных сталей. Для нормальной работы материал должен обладать достаточной теплостойкостью. Работа в условиях приложения знакопеременных нагрузок должна быть обеспечена подбором материала с $\sigma_T \geq 800$ МПа

Для выбора марки материала были проанализированы механические свойства группы улучшаемых сталей, предназначенных для изготовления деталей типа валов, шатунов, осей, зубчатых колес зубчатых венцов, осей и др.

Полностью соответствуют, заданным требованиям стали 50ХН, 40ХНМА и 18Х2Н4МА. Сравнительные характеристики данных марок приведены ниже в таблице 1.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 1 – Механические свойства сталей 50ХН, 40ХНМА и 18Х2Н4МА

Сталь	Режим термообработки (t, С ⁰)	σ_b	σ_T	$\delta\%$	$\Psi\%$	КСУ, Дж/см ²	НВ после отжига не более (МПа)
		МПа		%			
		Не менее					
50ХН	Закалка и отпуск	1080	885	9	40	490	2070
40ХНМА	Закалка и отпуск	1080	930	12	50	780	2690
18Х2Н4МА	Закалка и отпуск	1130	835	12	50	980	2690

Из таблицы 1 видно, что сталь 50ХН во многом проигрывает по своим показателям. Стали 40ХНМА и 18Х2Н4МА в основном схожи, но значительное различие преобладает в ударной вязкости.

Таким образом сравнение данных сталей показало, что по комплексу механических и технологических свойств целесообразно для изготовления шатунов и коленчатых валов применить сталь 18Х2Н4МА.

1.4 Химический состав и свойства стали 18Х2Н4МА

Сталь марки 18Х2Н4МА: хромоникельмолибденовая конструкционная легированная сталь с содержанием углерода 0,18%, до 2% хрома, 4 % никеля и 1% молибдена.

В общем хромоникелевые стали являются высококачественными конструкционными сталями. Подвергаются азотированию и цементации. Применяется для ответственных деталей, к которым предъявляются

требования высокой прочности, вязкости и износостойкости, а также для деталей, подвергающихся высоким вибрационным и динамическим нагрузкам. Сталь может применяться при температуре от -70 до +450°C.

В хромоникелевые стали вводят хром и никель. Никель является дорогой смесью. Хромоникелевые стали являются наилучшими конструкционными сталями; они обладают высокой прочностью и вязкостью, что особо важно для деталей, работающих в тяжелых условиях. Хромоникелевые стали имеют высокую прокаливаемость.

К недостаткам хромоникелевых сталей относятся плохая обрабатываемость их резанием, обусловленная присадкой никеля, и большая склонность к отпускной хрупкости второго рода.

Массовая доля элементов (%) приведена в Таблице 2.

Таблица 2 - Химический состав стали 18X2H4MA

C	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	P	S	Si
0,14 – 0,2	1,35 – 1,65	≤0,30	0,25 – 0,5	0,3 – 0,4	4,0 – 4,4	≤0,025	≤0,025	0,17 – 0,37

Критические точки стали 18X2H4MA показаны в Таблице 3.

Таблица 3 – Температура критических точек °C

Критическая точка	A _{C1}	A _{C3}	A _{r3}	A _{r1}	M _H
°C	700	810	400	350	336

Механические свойства стали 18Х2Н4МА приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Механические свойства вала из стали 18Х2Н4МА после закалки

Механические свойства, не менее					
Временное сопротивление σ_b кгс/мм ² (МПа)	Предел текучести σ_T кгс/мм ² (МПа)	Относительное		Ударная вязкость КСУ Дж/м ²	Твердость Ø отп, мм (НВ)
		Удлинение $\delta\%$	Сужение $\Psi\%$		
105 (1130)	85 (835)	12	50	980	3,15...3,55 (263...375)

С увеличением содержания хрома в средне легированной стали повышается твердость. Это связано с тем, что легирование хромом стали повышает устойчивость переохлажденного аустенита против распада. Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита стали 18Х2Н4МА приведена на рисунке 3.

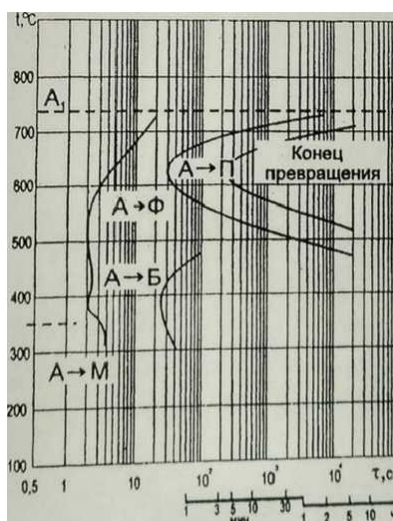


Рисунок 3 – Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита стали 18Х2Н4МА

При полной прокаливаемости сталь имеет лучшие механические свойства, особенно сопротивление хрупкому разрушению, низкий порог хладноломкости, высокое значение работы развития трещины и КСТ и вязкость разрушения. Полоса прокаливаемости изображена на рисунке 4.

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

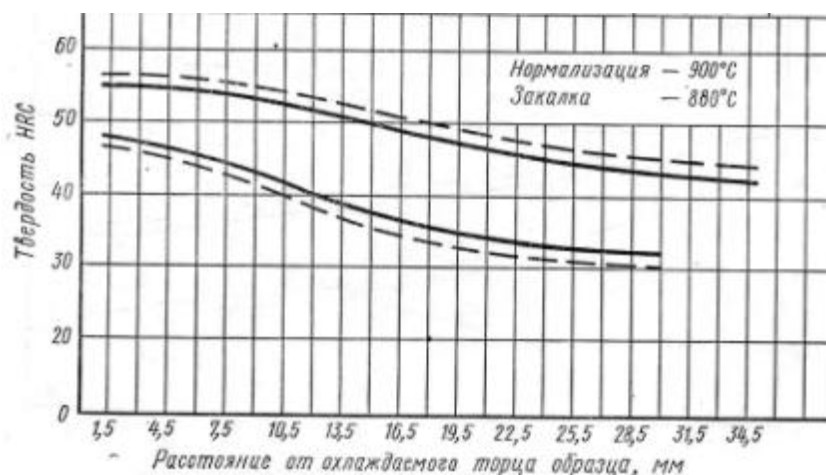


Рисунок 4 – Полоса прокаливаемости стали 18Х2Н4МА

1.5 Влияния углерода и легирующих элементов стали на технологию ее термообработки.

Влияние хрома.

Хром - очень распространенный легирующий элемент. Он повышает точку A_3 и понижают точку A_4 (закрывает область γ -железа). Температура эвтектоидного превращения стали (точку A_1) в присутствии хрома повышается, а содержание углерода в эвтектоиде (перлите) понижается. С углеродом хром образует карбиды (Cr_7C_3, Cr_4C) более прочные и устойчивые, чем цементит. При содержании хрома 3-5% в стали одновременно присутствуют легированный цементит и карбид хрома Cr_7C_3 , а если более 5% хрома, то в стали находится только карбид хрома. Растворяясь в феррите, хром повышает его твердость и прочность, незначительно снижая вязкость. Хром значительно увеличивает устойчивость переохлажденного аустенита.

Влияние никеля.

Никель не образует в сталях карбидов. В сталях он является элементом, способствующим образованию и сохранению аустенита. Никель повышает упрочняемость сталей. В комбинации с хромом и молибденом никель еще больше повышает способность сталей к термическому упрочнению,

способствует повышению вязкости и усталостной прочности сталей. Растворяясь в феррите никель повышает его вязкость. Никель увеличивает сопротивление коррозии хромоникелевых аустенитных сталей в неокисляющих кислотных растворах.

Влияние молибдена.

Молибден с готовностью образует в сталях карбиды. Он растворяется в цементите только немного. Молибден образует карбиды молибдена, как только содержание углерода в стали становится достаточно высоким. Молибден способен обеспечивать дополнительное термическое упрочнение в ходе отпуска закаленных сталей. Он повышает сопротивление сталей ползучести низколегированных при высоких температурах.

Добавки молибдена способствуют измельчению зерна сталей, повышают упрочняемость сталей термической обработкой, увеличивают усталостную прочность сталей. Легированные стали с содержанием молибдена 0,20-0,40 % или такое же количество ванадия замедляют возникновение отпускной хрупкости, но не устраняют ее полностью. Молибден повышает коррозионную стойкость сталей и поэтому широко применяется в высоколегированных ферритных нержавеющей сталях и в хромоникелевых аустенитных нержавеющей сталях. Высокое содержание молибдена снижает склонность нержавеющей стали к точечной (питтинговой) коррозии. Молибден оказывает очень сильное упрочнение твердого раствора аустенитных сталей, которые применяются при повышенных температурах.

Влияние постоянных примесей.

Кроме углерода, в стали присутствуют такие постоянные примеси как кремний, фосфор и сера. Содержание этих элементов в стали 18Х2Н4МА ограничивается следующими верхними пределами: 0.37% Si; 0.025% S; 0.025% P.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Влияние кремния.

Кремний попадает в сталь при раскислении. Кремний необходим для устранения вредных примесей закиси железа, а также вредных сернистых соединений железа. Растворяется в феррите и цементите. Он заметно влияет на свойства стали, повышая прочность в горячекатаных изделиях, изменяя и некоторые другие свойства.

Кремний структурно не обнаруживается, так как полностью растворяется в феррите, кроме той части кремния, которая в виде окиси кремния не успела всплыть в шлак и осталась в металле в виде силикатных включений.

Влияние серы.

Сера, как и фосфор, попадают в металл из руд. При комнатной температуре растворимость серы в феррите практически отсутствует. Поэтому вся сера в стали связана в сульфиды железа и марганца и частично в сульфиды легирующих элементов. С повышением температуры сера растворяется в феррите и аустените, хотя и незначительно, но до вполне определенных концентраций (0,02 % в феррите при 913°C и 0,05 % в аустените при 1365°C). Поэтому сернистые включения могут видоизменяться при термической обработке стали.

Если сера связана в сульфид железа FeS, при относительно низких температурах горячей деформации стали, вследствие расплавления эвтектики сульфида железа (988°C), наблюдается красноломкость стали. При более высоких температурах горячей пластической деформации возможна горячеломкость стали.

Увеличение содержания серы в стали мало влияет на прочностные свойства, существенно изменяет вязкость стали и ее анизотропию в направлениях поперек и вдоль прокатки. Ударная вязкость на образцах вырезанных поперек направления прокатки, уменьшается с увеличением

содержания серы. А в продольном направлении с увеличением содержания серы наблюдается тенденция к повышению ударной вязкости. Это явление связано с усилением полосчатости феррито-перлитной структуры вследствие вытянутости сульфидов строчки вдоль прокатки.

Влияние фосфора

Руды железа, а также топливо и флюсы содержат какое-то количество фосфора, которое в процессе производства чугуна остается в нем в той или иной степени и затем переходит в сталь. Растворимость фосфора в феррите и аустените значительно выше, чем содержание фосфора в стали как примеси. Поэтому фосфор в стали целиком находится в твердом растворе, и его влияние на свойства сказывается через изменения свойств феррита и аустенита. Вредное действие фосфора на свойства может усугубляться из-за сильной склонности его к ликвации.

Действие фосфора на свойства феррита проявляется в его упрочняющем влиянии и, особенно в усилении хладноломкости стали.

Фосфор относится к сильным упрочнителям. Несмотря на то, что содержание его в стали обычно не превышает 0,030...0,040 %, он увеличивает предел текучести феррита на 20...30 МПа. В то же время увеличение содержания фосфора в пределах сотых долей процента может вызывать повышение порога хладноломкости на несколько десятков градусов (-20...25°C на 0,01 % P) благодаря сильному уменьшению работы распространения трещины.

1.6 Выбор и обоснование параметров термической обработки коленчатых валов

В термический цех сталь 18Х2Н4МА поступает в нормализованном состоянии после черновой мех обработки. Микроструктура стали 18Х2Н4МА до заключительной термической обработки состоит из пластинчатого перлита и феррита.

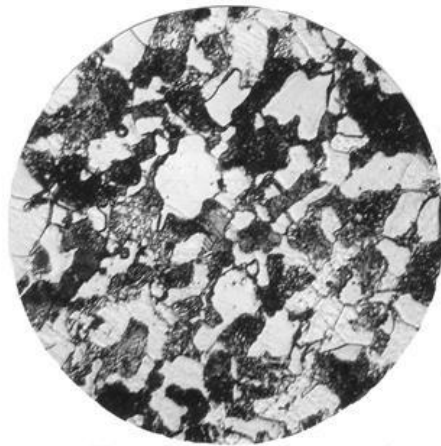


Рисунок 5 – Микроструктура стали 18Х2Н4МА (феррит + перлит)

Затем вал подвергается закалке и высокому отпуску.

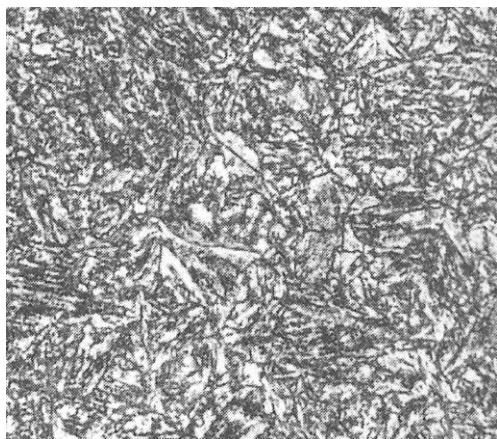


Рисунок 6 – а) микроструктура стали 18Х2Н4МА после закалки (мартенсит)
б) микроструктура стали 18Х2Н4МА после высокого отпуска
(сорбит отпуска Ф+Ц)

Схема термической обработки показана на рисунке 7.



Рисунок 7 – Схема термической обработки коленчатого вала

Коленчатый вал с помощью кран балки загружается в печь на температуру 890 – 910 °С. После выдержки 90 – 120 мин термист достает вал на воздух и укладывает его в правильную машину, где вал остывает до цеховой температуры. Затем коленчатый вал загружают в печь для высокого отпуска на температуру 520 – 560 °С, и выдерживают 7 – 8 часов. После выгрузки на воздух.

Термообработка стали 18Х2Н4МА производится в следующей последовательности:

- Металл загружается в печь после выгрузки предыдущей садки
- После загрузки металла в печь термист заполняет журнал, куда записывает номер детали, номер плавки и время загрузки.
- Режим термообработки приведен на рисунке 5
- Контроль температуры ведется по сводовым термопреобразователям, расположенным по одному в каждой зоне печи

- Контроль над правильным ведением режима ТО осуществляет контролер ОТК и старший мастер участка.
- По окончании ТО металл выгружается из печи
- После охлаждения вала контролер ОТК совместно с термистом проверяют его на коробление и твердость.

1.7 Внедрение ионно-плазменного азотирования

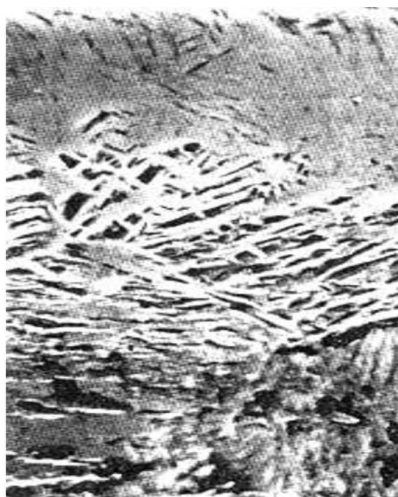
1.7.1 Общие сведения и предназначение ионного азотирования

Для повышения износостойкости высоконагруженных взаимодействующих поверхностей деталей двигателя из стали до сегодняшнего дня наиболее часто используют процесс **цементации** с последующей закалкой. В зависимости от способа цементации и эксплуатационных характеристик детали конструктор определяет не только материал, а и такие значения как твердость поверхности и глубина цементации. Это значит, что зубчатые колеса коробок передач, к примеру для высоконагруженных приводов ветряных электростанций, должны быть науглерожены перед закалкой при температуре свыше 900 °С в течении довольно длительного времени, чтобы достичь глубины упрочненного слоя около 1..2 мм. Закалка после цементации ведет к изменению структуры в обрабатываемом материале и, как следствие, к изменению веса и формы. После закалки детали должны быть дополнительно отпущены для снижения внутренних напряжений и получения необходимой структуры. Для достижения требуемого качества поверхности и веса деталей после термообработки необходима дополнительная механическая обработка.

Альтернативой цементации является поверхностное упрочнение методом **азотирования**. При этом речь идет о термохимическом процессе диффузии для обогащения поверхностного слоя деталей азотом. Азот при этом вступает во взаимодействие с основным металлом и легирующими элементами, образуя химические соединения. В результате азотирования в

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

поверхностной зоне детали возникает азотированный слой с внешней областью (т.н. связующий слой СС) и внутренней областью диффузии (т.н. зона диффузии ЗД). Благодаря твердости азотированного слоя и возникающим в нем напряжениям увеличиваются износостойкость, коррозионностойкость и сопротивляемость длительным нагрузкам, вне зависимости от прочностных характеристик детали. При этом существенным преимуществом азотирования по сравнению с цементацией является то, что для диффузии азота в сталь необходимы температуры, эквивалентные температурам отпуска для улучшаемых и инструментальных сталей. Структурные превращения и связанные с ними коробления, изменение размеров и прочности при азотировании существенно ниже. Кроме того после азотирования, как правило, не требуется дополнительная обработка.



- Внешний слой – ϵ -фаза $Fe_{2-3}N$
- II слой - γ' - Fe_4N
- III слой – азотистый феррит (α)

Рисунок 8 – Микроструктура азотированного слоя стали 18Х2Н4МА

Из всего многообразия технологий азотирования, наиболее современным и качественным/эффективным является ионно-плазменное азотирование (ИПА). Процесс химико-термической обработки (ХТО) поверхности металлов, в результате которого происходит диффузное насыщение азотом поверхностного слоя изделий. Ионное азотирование - это процесс, который осуществляется в плазме тлеющего разряда, созданного в низком вакууме, в азотосодержащей среде. Обычно, азотирование

производится при температуре порядка 500-550°C. В результате модификации поверхностного слоя, изделия приобретают высокую твердость, износостойкость, коррозионную стойкость. В целом, после обработки по данной технологии значительно повышаются различные эксплуатационные свойства изделий, срок их службы. Как следствие снижается себестоимость конечного продукта. Повсеместно ионное азотирование получает всё большее распространение.

1.7.2 Схема технологического процесса азотирования в тлеющем разряде

Поэтапно процесс ионного азотирования представлен в виде диаграммы изображенной на рис.9 из которой видно, что весь технологический процесс состоит из трех основных стадий. Первоначально, после загрузки коленвала, в течении 15 – 60 минут при напряжении $U = 700 - 800$ В и давлении $P = 10 - 50$ Па осуществляется их нагрев в режиме катодного распыления.

А – эвакуации воздуха из рабочей камеры после загрузки садки;

Б – стадия катодного распыления поверхности обрабатываемых деталей при пониженном давлении, которая осуществляется после запуска рабочего газа и зажигания разряда;

В – стадия нагрева деталей, совмещенного с катодным распылением, при постепенном увеличении давления;

Г – стадия изотермической выдержки (непосредственно процесс диффузионного насыщения) при максимальной мощности разряда;

Д – стадия выключения разряда и охлаждения деталей в остаточном вакууме.

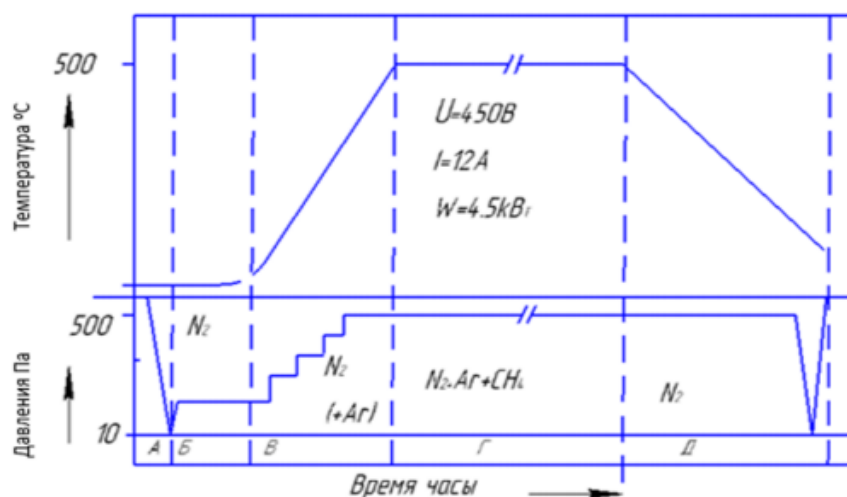


Рисунок 9 – Схема температуры и времени процесса азотирования в плазме тлеющего разряда

Очистка тлеющим разрядом производится при создании на поверхностях обрабатываемых изделий микро дуг, обеспечивающих очистку поверхностей от окалины, ржавчины и оксидных пленок. Длительность периода очистки тлеющим разрядом целиком определяется состоянием поверхности и степенью чистоты изделий. Незначительное повышение давления при очистке тлеющим разрядом и частичном разогреве изделий связано с газовыделением. Скорость нагрева садки определяется конкретному техпроцессом. Она должна обеспечивать равномерный прогрев садки во избежание короблений и поволоков изделий и обычно составляет 100-200°C в час.

1.8 Контроль качества и анализ возможного брака

После термической обработки и ионного азотирования коленчатых валов из стали 18Х2Н4МА в термическом цехе производится контроль:

1. Твердость закаленного слоя должна составлять 3,15...3,55 мм.
2. Биение коренных шеек не должно превышать 1,6 мм.
3. Микроструктура стали
4. Механические свойства
5. Химический состав
6. Глубина обезуглероженного слоя
7. Глубина азотированного слоя

Возможный брак при ТО стали 18Х2Н4МА.

1. Твердость не соответствует заданным параметрам
2. Коробление превышает допустимые пределы
3. Глубина азотированного слоя не соответствует заданным пределам

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.9 Маршрут изготовления коленчатого вала для двигателя серии 6Т

Цех, отдел	Наименование операции
Кузнечный цех	<p>Штамповка. Нормализация, 930+30 °С. Высокий отпуск, 650 – 680 °С. Правка при температуре 600 – 300 °С Контроль твердости на валах, \varnothing отп. = 3,8...4,3 мм. Клеймить № к/вала Отрезка трех темплетов от суточной партии штамповок коленвалов в начале, середине и конце штамповки. Оправка темплетов в НИО на контроль перегрева, Травление, контроль. Транспортирование в мех. цех</p>
НИО	Контроль темплетов на перегрев
Механический цех	<p>Отрезка свидетелей от коленвалов для контроля механических свойств и азотирования. Свидетели клеймить № к/вала. Коленвалы со свидетелями отправить на ТО</p>
Термический цех	<p>Термообработка: Закалка, 890...910 °С., охлаждение на воздухе Отпуск, 510...560 °С. Твердость \varnothing отп. = 3,15...3,55 мм. Замер твердости производить на коленвалах на трех щеках по длине вала и на свидетелях каждого вала. Направить свидетели в НИО на контроль механических свойств. После получения из НИО справки направить коленвалы на правку в кузницу.</p>
НИО	Контроль механических свойств на свидетелях
Кузнечный цех	<p>Горячая правка коленвалов при температуре 350 – 500 °С до биения 1 мм. Очистка от окалины. Отправка коленвалов на механическую обработку.</p>
Механический цех	Механическая обработка
Термический цех	Стабилизирующий отпуск в СШ-40: 200 °С., выдержка 2,5 часа.
Термический цех(участок ионного азотирования)	<p>Ионное азотирование со свидетелями: 490...510 °С., выдержка 17 часов. Контроль в экспресс-лаборатории глубины слоя и твердости. Глубина слоя 0,3...0,6 мм, твердость не менее 500HV</p>
Механический цех	Окончательная механическая обработка.

Таблица 5 – Маршрутная карта коленчатого вала

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ВЫБОР, ОПИСАНИЕ И РАСЧЕТ ОСНОВНОГО, ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

2.1 Выбор оборудования

В основе термической обработки металлов лежат процессы нагрева и охлаждения. Поэтому печи, нагревательные и охлаждающие устройства составляют главное оборудование термических цехов.

Термическое оборудование, применяемое для нагрева под закалку, должно обеспечивать равномерное температурное поле в продольном и поперечном направлениях нагревательной камеры.

Регулировка и контроль температуры печного пространства и садки должны производиться автоматическими самозаписывающими приборами класса 0,5 со шкалой до 1100°C, в этом случае точность и погрешность температуры не превышает 3°C.

Оборудование термических цехов делится на основное (печи, закалочные баки и др.) и вспомогательное, непосредственно не связанное с технологическим процессом термической обработки (твердомеры и др.)

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2 Описание оборудования

2.2.1 Оборудование для закалки

Шахтная печь карусельного типа ШВЗ-130 предназначенная для термообработки коленчатых валов. Печь состоит из кожуха, футеровки, нагревательных элементов, механизм поворота карусели, основная крышка печи, загрузочного и выгрузного окна.

Огнеупорная часть футеровки выполнена из легковесного шамота БЛ-1,0 и шамота Кл.Б, теплоизоляционная из диатомитового кирпича, диатомитового порошка и термоизоляционных плит.

Нагревательные элементы выполнены из проволоки Х20Н80 в виде спиралей, уложенных на полочки на боковых стенках печи. Открывание крышек люков осуществляется вручную. Механизм поворота карусели приводится в действие с помощью давления воздуха.

Печь состоит из 4х тепловых зон:

А) по высоте – 2

Б) по окружности – 2

Мощность печи составляет 23 КВт, Мощность одной зоны 5,7 КВт. Рабочая температура 910 °С. Габаритные размеры печи: диаметр – 2492 мм, высота – 3065 мм.



Рисунок 10 – Шахтная печь карусельного типа ШВЗ-130

2.2.2 Оборудование для отпуска

Для отпуска используется печь камерного типа СДО-14.28.10/10 с выдвижным подом. Камерные печи с выдвижным подом получили широкое применение для нагрева тяжелых изделий или садок крупногабаритных полуфабрикатов. В этих печах загрузку и разгрузку пода производят вне рабочего пространства печи, что позволяет применять общецеховые грузоподъемные устройства. Выдвижной под представляет собой футерованную тележку на колесах с роликовыми подшипниками. Если печь предназначена для тяжелых садок, то часто колеса заменяют роликами. Под свободно перемещается по роликам, опираясь на них специальными направляющими.



Рисунок 11 – Камерная печь СДО-14.28.10/10

Футеровка выполнена шамотным и диатомитовым кирпичом с засыпкой диатомитовым порошком. Рабочая камера футерована огнеупорным, легковесным, шамотным кирпичом объёмным весом 1,0. На внутренней боковой поверхности расположены полки из высокоглиноземистого шамота класса “Б” для укладки на них нагревателей. Пространство между рабочей камерой и кожухом заполнено

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

теплоизоляционным диатомитовым порошком и кирпичом объемного веса 0,5 кг/дм³. Нагреватели, изготовленные из проволоки 4,5 мм из сплава марки Х15Н60 укладываются на полках и закрепляются крючками из проволоки сплава Х15Н60. Спирали нагревателей оканчиваются стержнями 12 мм из стали Х9С2 выходящими наружу сквозь футеровку в керамических трубках и арматуру выводов закрытых кожухом из листовой стали. Присоединение жил питающего кабеля через наконечники осуществляется контактными губками. Дверца печи открывается вручную

Регулирование температуры в печи производится автоматически с помощью термопары, введенное в рабочее пространство через арматуру и прибора теплового контроля установленного в щите управления.

Вентилятор, установленный в торцевой стенке печи способствует равномерному нагреву деталей.

2.2.3 Установка ионно-плазменного азотирования ЭВТ 60

Установки ЭВТ – это простые и надежные вакуумные печи для выполнения широкого круга технологических задач по азотированию и нитроцементации деталей машин и инструмента.



Рисунок 12 – Установка ионного азотирования ЭВТ 60

Отсутствие массивной теплоизоляции обеспечивает минимальную инерционность печи. Применение тлеющего разряда как единственного источника нагрева обеспечивает высокую экономичность работы (нагревается не рабочий объем, а только деталь), особенно при выполнении срочных работ с малым количеством деталей.

Тлеющий разряд активизирует как рабочую среду, так и обрабатываемую поверхность, что сокращает продолжительность азотирования до минимального значения, зависящего только от марки стали и температуры обработки.

Оператор быстро приобретает навыки, необходимые для вывода печи на режим, что существенно сокращает подготовительные операции и обеспечивает универсальность работы печи. Система управления печи автоматически поддерживает заданные значения температуры деталей, давления и состава газовой среды.

Установка ионно-плазменного азотирования состоит из рабочей камеры, шкафа управления, системы откачки, системы водяного охлаждения, соединительный кабелей и магистралей

Рабочая камера состоит из неподвижного основания. В основании камеры размещены откачной патрубков, подвод электропитания, термопарный ввод, газопровод и штуцера системы охлаждения. Катод установлен на опорах, имеющих диэлектрические вставки.

Управление работой установки и контроль за ходом процесса обработки осуществляется автоматически по заданной программе посредством специализированного контроллера и персонального компьютера, встроенный в шкаф управления.

Все этапы установки (вакуумирование камеры, разогрев садки, выдержка и остуживание) автоматизированы. Переход от одного шага процесса к другому осуществляется либо по истечении заданного интервала времени (на выдержке), либо по достижении определенного заданного значения некоторого параметра-температуры либо давления (на разогреве

садки).

Регулировка температуры:

- микропроцессорный программируемый ПИД-регулятор температуры,
- стабильность поддержания номинальной температуры $\pm 5^{\circ}\text{C}$,
- источник питания – управляемый выпрямитель в режимах постоянного напряжения и импульсного напряжения с отдельным регулированием амплитуды и скважности.

Система вакуумной откачки:

- стандартное время откачки до 0,1 Торр – 15 ... 25 мин,
- механический форвакуумный насос с быстротой действия 16...63 л/с

Дополнительные возможности:

- Система подачи рабочих газов:
- встроенный диссоциатор аммиака,
- электронные регуляторы расхода,
- ПИД-регулятор давления.

Система контроля:

- защита от перехода в дуговой режим,
- система блокировок для защиты от отказов в работе печи и от ошибок оператора,
- индикация неисправностей,
- запись температуры на стандартной круговой диаграмме.

Диапазон рабочих давлений:

- от 0,1 Торр в начале процесса до 2-5 Торр при азотировании и остаточное давление или инертный газ при охлаждении.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.И	ЛистЛ	№ докум.№	Подпись	ДатаД		33

Нагревательная камера и зона нагрева:

- двойные стенки из толстолистовой стали с водяным охлаждением,
- крышка с водяным охлаждением и механизмом перемещения с ручным проводом,
- экраны из листовой нержавеющей стали,
- два смотровых окна для визуального контроля.

Ниже представлена схема установки ЭВТ 60.

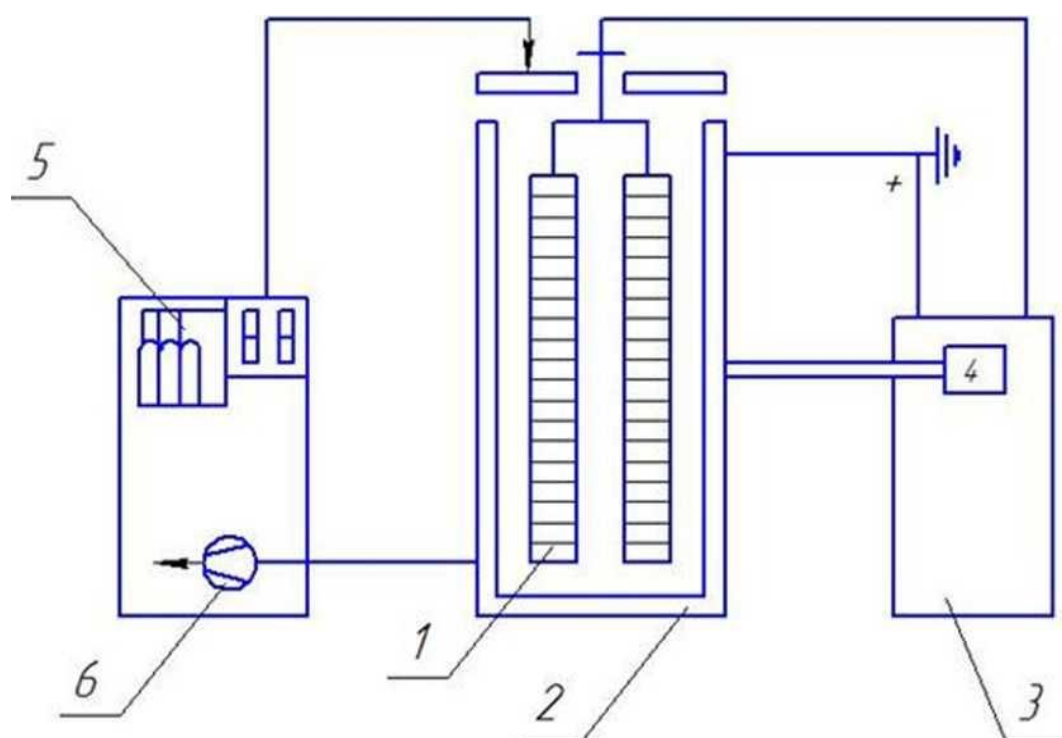


Рисунок 13 – Схема установки ЭВТ 60 (1 – деталь, 2 – вакуумный контейнер, 3 – блок электропитания, 4 – прибор регулирования температуры, 5 – газовая гребенка, 6- вакуум – насос)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР

2.3 Расчет основного оборудования

Количество основного оборудования рассчитывают по его часовой производительности и заданной годовой программе; расчет целесообразно вести, используя данные таблицы 6.

Загрузочная ведомость по выбранному типу оборудованию представлена в таблице 6

Марка стали	Годовая про-грамма (шт)	Вес детали (кг)	Название детали	Процесс	Часовая производи-тельность кг/час	Время выполнения год. программы (Ч)
18X2H4MA	4446	95	коленвал	закалка	200	2112

Таблица 6 - Загрузочная ведомость печи

2.4 Фонд времени работы оборудования

$$\Phi_{\text{н}} = (K - B - П)Д \times C_{\text{м}}, \quad (1)$$

где K – число календарных дней – 365;

B – число выходных дней – 104;

П – число праздничных нерабочих дней – 12;

Д – средняя длительность смены – 7ч;

C_м – число смен – 2

$$\Phi_{\text{н}} = (365 - 104 - 12) \times 7 \times 2 = 3486 \text{ч}$$

Определим эффективный фонд времени работы оборудования: [4]

$$\Phi_{\text{э}} = \Phi_{\text{н}} \times K_{\text{п.об}} \quad (2)$$

где K_{п.об} – коэффициент, учитывающий плановые потери времени на ремонт оборудования.

$$\Phi_{\text{э}} = 0.9 \cdot 3486 = 3137 \text{ч}$$

Расчетное количество оборудования определяется по формуле (3) [4]

$$n = T/\Phi_{\text{Э}} \quad (3)$$

где T – время выполнения годовой программы

$$n = 2112/3137 = 0,6$$

Как видно из расчетов, для выполнения годовой программы нам достаточно одной печи.

2.5 Расчет времени нагрева коленчатых валов

Расчет времени нагрева коленчатых валов определим с помощью критерия Bi . Критерий Bi определяем по формуле (4)[9]

$$Bi = \alpha \times S/\lambda \quad (4)$$

S – характерный геометрический размер изделия 70 мм

α – коэффициент теплоотдачи

λ – коэффициент теплопроводности

коэффициент теплопроводности определяется

$$\lambda_{\text{ср}} = (\lambda_{20} + \lambda_{950})/2 = (38+28)/2 = 33 \text{ ккал/м}\cdot\text{ч}^{\circ}\text{C} = 37,95 \text{ Вт/мК} \quad (6)$$

коэффициент теплоотдачи определяется по формуле (7)

$$\alpha = \alpha_{\text{л}} + \alpha_{\text{к}} \quad (7)$$

$\alpha_{\text{л}}$ – коэффициент теплоотдачи излучением

$\alpha_{\text{к}}$ – коэффициент теплоотдачи конвекцией

Коэффициент теплоотдачи излучением определяется по формуле (8)

$$\alpha_{\text{л}} = C_{\text{пр}} \quad (8)$$

где $T_{\text{п}}$ – температура печи

$$T_{\text{изд.ср}} = 1/3 (t_{\text{мн}} + 2 t_{\text{мк}}) + 273 = 1159 \text{ К}$$

$C_{\text{пр}}$ — приведенный коэффициент излучения = 2,5

$$\alpha_{\text{л}} = 2,5 \cdot = 160,6$$

где $T_{\text{изд.ср}}$ – средняя за время нагрева температура изделия, К

$\alpha_{\text{к}}$ – для электропечей принимаем $\alpha_{\text{к}} = 11,63 \text{ Вт/м}^2$

$$\alpha = \alpha_{\text{л}} + \alpha_{\text{к}} = 160,6 + 11,63 = 172,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град.}$$

$$Bi = (172,2 \cdot 0,07) / 37,95 = 0,31 \geq 0,25 \text{ изделие «массивное»}$$

Определяем время нагрева «массивного» изделия в печах с постоянной температурой.

Время нагрева «массивного» изделия в печах с постоянной температурой определяется по формуле (9)

$$\tau_2 = \frac{Gc}{\alpha F \varphi} 2,3 \cdot \lg \frac{t_{\text{п}} - t_{\text{мн}}}{t_{\text{п}} - t_{\text{мк}}} \quad (9)$$

где G - масса детали, кг

c – средняя удельная теплоемкость, кДж/кгград

$$c = 0,587 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

α – коэффициент теплоотдачи = 172,2 Вт/м² град

F – активная поверхность изделия, $F = 0,78 \text{ м}^2$

φ – коэффициент замедления нагрева.

$t_{\text{п}}$ - температура печи, °С

$t_{\text{мн}}$ и $t_{\text{мк}}$ - начальная и конечная температуры нагреваемого изделия, °С

Коэффициент φ , в свою очередь, определяется по следующей формуле:

$$\varphi = \frac{1}{1 + \frac{1}{3,5} Bi}; \quad (10)$$

$$\varphi = 0,92$$

Следовательно время нагрева «массивного» изделия равно:

$$\tau_2 = 1,64 \text{ ч.}$$

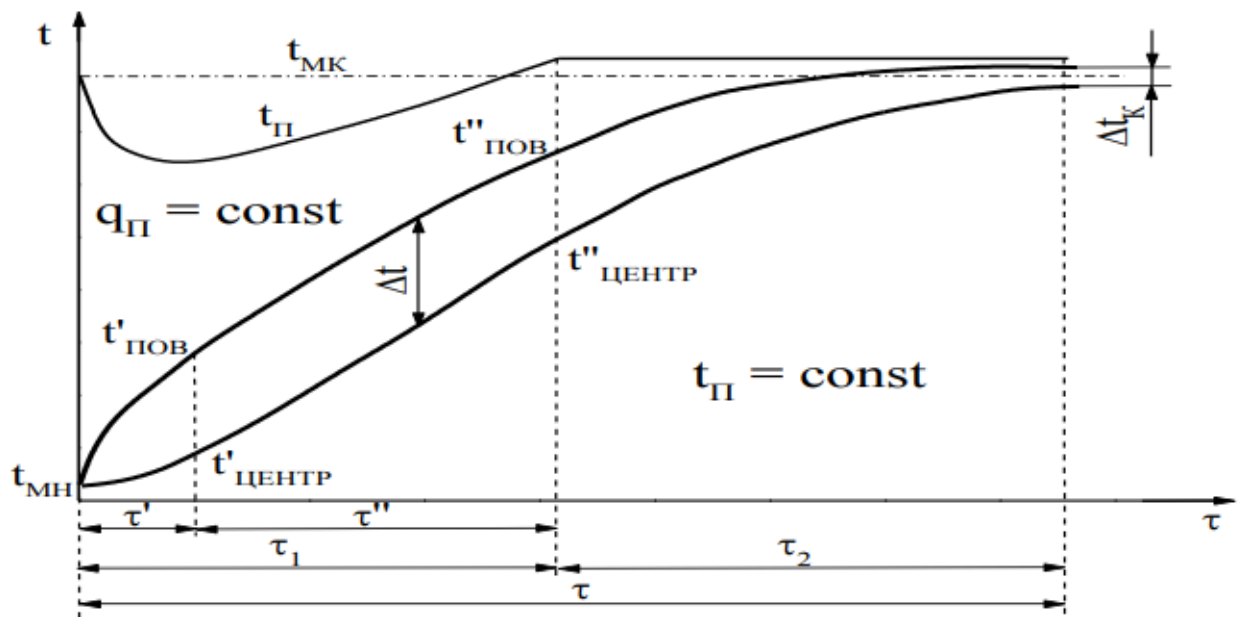


Рисунок 14 – График нагрева массивного изделия в электрической печи периодического действия

2.6 Тепловой расчет печи

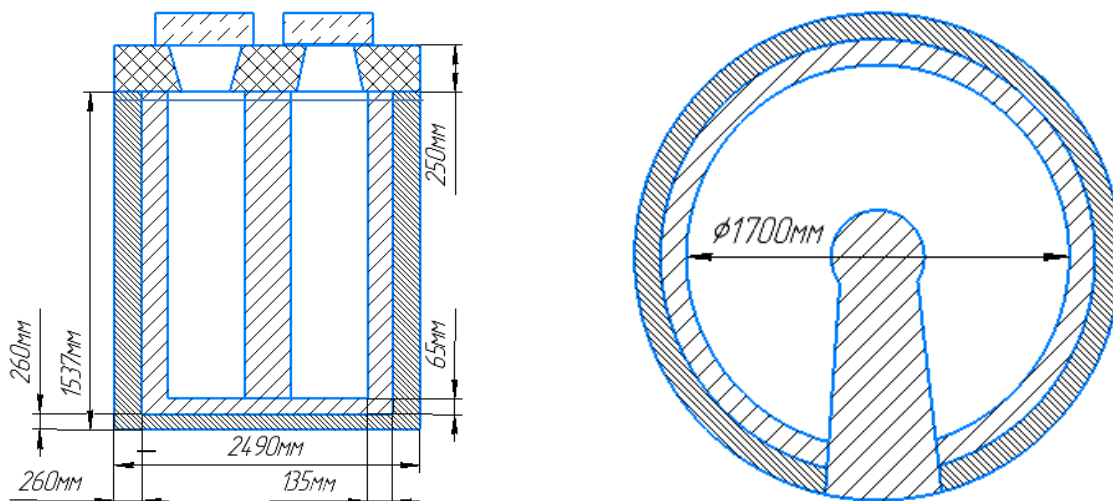


Рисунок 15 – Эскиз шахтной печи ШВЗ-130

Время нагрева τ_H – 1,64 ч

Масса садки G – 95 кг

Масса приспособлений – 12,5 кг

Тепловой расчет печи сводится и определяется статьей теплового баланса.

Приходные статьи

Статьей прихода энергии в электрической печи является теплота, выделяющаяся в нагревательных элементах, которая является сумой всех расходных статей.

Расходные статьи теплового баланса

1. Полезное тепло расходуемое на нагрев металла определим по формуле (11)[9]

$$Q_m = ПС_{\text{ср}} (t_{\text{мк}} - t_{\text{мн}}). \quad (11)$$

Где $П$ – производительность печи;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$C_{\text{ср}}$ — средняя теплоемкость металла в интервале температур от $t_{\text{мн}}$ до $t_{\text{мк}}$;

$t_{\text{мк}}$ — температура выгружаемого из печи металла;

$t_{\text{мн}}$ — температура загружаемого в печь металла.

Для печей периодического действия

$$Q_{\text{м}} = \frac{G}{\tau_{\text{н}}} C_{\text{ср}} (t_{\text{мк}} - t_{\text{мн}}), \quad (12)$$

где G — масса изделий;

$\tau_{\text{н}}$ — время нагрева изделий в печи.

$$C_{\text{ср}} = 0,59 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$$

$$t_{\text{мк}} = 1183 \text{ К}$$

$$t_{\text{мн}} = 293 \text{ К}$$

$$Q_{\text{м}} = \frac{95}{5904} \cdot 590 \cdot (1183 - 293) = 8449,2 \text{ Вт}$$

2. Потери тепла на нагрев приспособления

$$Q_{\text{пр}} = q_{\text{пр}} C_{\text{ср.пр}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}). \quad (13)$$

Где $q_{\text{пр}}$ — масса приспособлений, нагреваемая в единицу времени;

$C_{\text{ср.пр}}$ — средняя теплоемкость металла приспособления в интервале температур от $t_{\text{н}}$ до $t_{\text{к}}$;

$t_{\text{н}}$ — температура загружаемого в печь приспособления;

$t_{\text{к}}$ — температура выгружаемого из печи приспособления.

M

$$(14)$$

$$M = 12,5 \text{ кг}$$

$$C_{\text{ср.пр.}} = 0,576 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$$

$$Q_{\text{пр}} = 0,0021 \cdot 576(1183 - 293) = 1076,5 \text{ Вт}$$

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Тепло, теряемое в следствии теплопроводности кладки печи

Для цилиндрической стенки

$$Q_{ст} = \frac{2\pi l(t_{п} - t_0)}{\frac{l}{\lambda_1 \ln \frac{r^2}{r^1}} + \frac{l}{\lambda_2 \ln \frac{r_{нар}}{r^2}} + \frac{l}{\alpha_B \cdot r_{нар}}}, Вт$$

(15)

Где l – высота цилиндрической стенки;

λ_1, λ_2 — коэффициенты теплопроводности слоев;

$t_{п}$ — температура рабочего пространства печи;

t_0 — температура воздуха в цехе;

$r_{нар}$ – радиус наружной поверхности кладки;

$r_{1,2}$ – радиусы соответствующих слоев кладки;

α_B – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности кладки печи в окружающую среду.

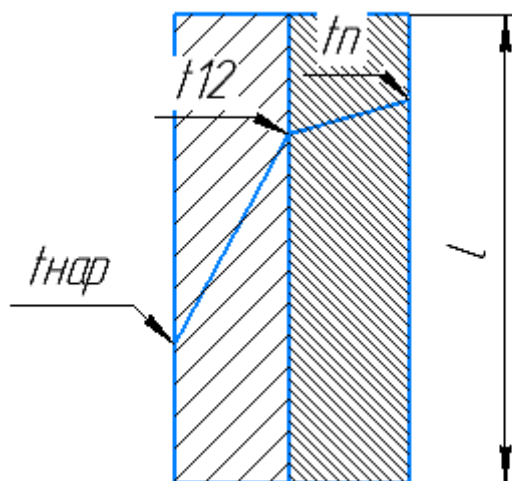


Рисунок 16 – Эскиз стенки печи

Коэффициенты теплопроводности слоев кладки стенки

$$\lambda_1 = 0,442 + 0,535 \cdot 10^{-3} t_1$$

Шамот легковес ШЛ-1,3

$$\lambda_2 = 0,105 + 0,233 \cdot 10^{-3} t_2$$

Диатомит Д-600

где t средняя температура слоя

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Если принять температуру внутренней поверхности футеровки равной температуре печи t и обозначить температуру между отдельными слоями через t_{12} , а температуру наружной поверхности кладки печи через $t_{нар}$, то средние температуры первого и других слоев будут следующими:

$$t_1 = \frac{t_{п} + t_{12}}{2} \qquad t_2 = \frac{t_{12} + t_{нар}}{2}$$

(16)

Чтобы определить температуры слоев кладки и, соответственно, коэффициенты теплопроводности этих слоев, задаемся температурой наружной и температурой на границе слоев:

$$t_{12} = 780 \text{ }^{\circ}\text{C} \qquad t_{нар} = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

тогда:

$$t_1 = 845 \text{ }^{\circ}\text{C}, t_2 = 422,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda_1 = 0,894 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}; \lambda_2 = 0,252 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$$

Пользуясь формулой (17) определяем тепловые потери через кладку[9]

$$Q_{кл} = \frac{2\pi l(t_{п} - t_0)}{R^1 + R^2 + R_{нар}}, \text{Вт} \qquad (17)$$

Здесь R_1, R_2 — тепловые сопротивления слоёв кладки;

$R_{нар}$ — сопротивление передаче тепла от поверхности кладки окружающей среде.

$$R^1 = \frac{l}{\lambda^1 \ln(r^2)}$$

$$R^2 = \frac{l}{\lambda^2 \ln \frac{r_{нар}}{r^2}}$$

$$R_{нар} = \frac{l}{\alpha_{в} \cdot r_{нар}}$$

Отсюда найдем:

$$R_1 = 0,199$$

$$R_2 = 1,125$$

$$R_{нар} = 0,08$$

Определяем тепловые потери через кладку

$$Q_{кл} = \frac{2\pi \cdot 1,212(910 - 20)}{0,199 + 1,125 + 0,08} = 4827,3 \text{ Вт}$$

Сделаем проверку:

$$t_{12} = t_{п} - Q_{ст} \cdot R_1 = 910 - 4827,3 \cdot 0,199 = 771 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{нар} = t_{п} - Q_{ст} \cdot (R_1 + R_2) = 910 - 4827,3 \cdot 1,324 = 57 \text{ }^\circ\text{C}$$

Полученные температуры отличаются от заданных не более 10 °С, значит температура выбрана верно.

Найдем тепло теряемое через свод.

$$Q_{свод} = \frac{S^1 \cdot (t_{п} - t_{о})}{\frac{S^1}{\lambda^1 F^1} + \frac{S^2}{\lambda^2 F^2} + \frac{1}{\alpha_{в} \cdot F_{нар}}}, \text{ Вт}$$

(18)

Далее рассчитываем средние площади отдельных слоев

$$F_1 = \pi r^2 = 1,245 \cdot 3,14 = 3,9 \text{ м}^2$$

$$F_2 = F_1 = 3,9 \text{ м}^2$$

Коэффициенты теплопроводности слоев кладки свода:

$$\lambda_1 = 0,442 + 0,535 \cdot 10^{-3} \cdot t$$

Шамот легковес ШЛ-1,3

$$\lambda_2 = 0,110 + 0,232 \cdot 10^{-3} \cdot t$$

Диатомит обожжённый в порошке (засыпке)

где t – средняя температура слоя

Чтобы определить температуру слоев кладки и, соответственно, коэффициенты теплопроводности этих слоев, задаемся температурой наружной и температурой на границе слоев:

$$t_{12} = 810 \text{ }^{\circ}\text{C}; t_{\text{нар}} = 75 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Тогда :

$$t_1 = 860 \text{ }^{\circ}\text{C}; t_2 = 442.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda_1 = 0,9 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К}); \lambda_2 = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К}).$$

Толщина кладки:

$$S_1 = 0,15 \text{ м}$$

$$S_2 = 0,25 \text{ м}$$

Отсюда найдем:

$$R_1 = 0,042$$

$$R_2 = 0,305$$

$$R_{\text{нар}} = 0,021$$

Определяем тепловые потери через кладку:

$$Q_{\text{кл}} = \frac{910 - 20}{0,042 + 0,305 + 0,021} = 2418,5 \text{ Вт}$$

Сделаем проверку:

$$t_{12} = t_{\text{п}} - Q_{\text{ст}} \cdot R_1 = 910 - 2418,5 \cdot 0,042 = 808 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{нар}} = t_{\text{п}} - Q_{\text{ст}} \cdot (R_1 + R_2) = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Полученные температуры отличаются от заданных не более 10 °С, значит температура выбрана верно.

Найдем тепло теряемое через под:

Рассчитаем тепловой поток, проходящий через под. Так как печь устанавливается на фундамент, то потери тепла через под, приближенно можно считать равным потерям через стенку шамота толщиной 1 м.

$$\lambda = 0,923 + 0,438 \cdot 10^{-3} \cdot t$$

Шамот класса Б (ШБ)

Пусть $t_{нар} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{пода} = \frac{t_n - t_0}{\frac{S^1}{\lambda^1 F^1} + \frac{1}{\alpha_{в} \cdot F_{нар}}}, \text{Вт}$$

S_1 – толщина стенки = 1 м

F_1 и $F_{нар}$ – соответственно внутренняя и наружная толщина стенки.

$$F_1 = 3,14 \cdot 1,245 = 3,9 \text{ м}^2$$

$$Q_{пода} = 1203 \text{ Вт}$$

Проверим температуру:

$$t_n = t_n - Q_{пода} \cdot (S_1 / \lambda \cdot F_1) = 63 \text{ }^\circ\text{C}$$

Отличается от заданной на $7 \text{ }^\circ\text{C}$, значит расчет произведен верно.

Определим тепло, теряемое вследствие теплопроводности кладки печи

$$Q_{кл} = Q_{ст} + Q_{св} + Q_{пода} = 8448,8 \text{ Вт}$$

4. Потери тепла излучением через открытые загрузочные и разгрузочные окна и другие отверстия в футеровке.

Расчет потерь тепла излучением в окружающую среду производится по формуле (19)[9]

$$Q_{\text{луч}} = 5,7 \varepsilon F \varphi \left[\left(\frac{T_{\text{п}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{в}}}{100} \right)^4 \right] \Delta \tau, \quad (19)$$

где ε — степень черноты излучаемого тела (стенки печи, печные газы, нагретый металл);

F — площадь отверстия;

φ — коэффициент диафрагмирования;

$T_{\text{п}}$ — абсолютная температура излучающего тела;

$T_{\text{в}}$ — абсолютная температура воздуха в цехе;

$\Delta \tau = \frac{\tau_{\text{откр}}}{\tau_{\text{обш}}}$ — относительное время, в течение которого дверца бывает открытой;

$\tau_{\text{откр}}$ — суммарное время, когда дверца бывает открытой во время работы печи;

$\tau_{\text{обш}}$ — общее время работы печи.

φ — коэффициент диафрагмирования, зависящий от соотношения ширины и высоты отверстия и от толщины стенки. Коэффициент диафрагмирования для обычных окон может быть принят равным примерно 0,9. Для малых и узких отверстий в толстых стенках он уменьшается до 0,5 (в результате уменьшения угла лучеиспускания). Для окон, закрытых металлическими экранами $\varphi=0,5$.

$$Q_{\text{луч}} = 5,7 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,46 \cdot \left(\frac{T_{\text{п}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{в}}}{100} \right)^4 \cdot 0,007 = 324 \text{ Вт}$$

5. Потери тепла обусловленные «тепловыми короткими замыканиями».

Для термических печей многих типов потери тепла вследствие нарушения сплошности кладки (термопарными трубками, выводами нагревателей, направляющими и осями роликов и т.п.) рекомендуется оценивать величиной, равной 50% от потерь тепла стенками.

$$Q_{\text{ткз}} = 0,5 \cdot 4827,3 = 2413,6 \text{ Вт} \quad (20)$$

6. Затраты тепла на нагрев контролируемой атмосферы.

$$Q_{\text{ат}} = q_{\text{ат}} C_{\text{ср}} (t_{\text{к}} - t_0) \quad (21)$$

где $q_{\text{ат}}$ — средний расход атмосферы [10];

$C_{\text{ср}}$ — средняя теплоемкость атмосферы в интервале температур $t_{\text{к}} \dots t_0$;

$t_0, t_{\text{к}}$ — начальная и конечная температуры атмосферы.

$$Q_{\text{ат}} = 7,225 \cdot 1,3(910 - 20) = 2710 \text{ Вт}$$

Вычислим общие потери тепла:

$$Q_{\text{расх.общ.}} = 8449,2 + 1076,5 + 8448,8 + 324 + 2413,6 + 2710 = 23422,1 \text{ Вт}$$

Результаты расчета всех расходных и приходных статей сводятся в таблицу 7

Статьи прихода	Вт	%	Статьи расхода	Вт	%
Тепло выделяемое электрическими нагревателями при прохождении электрического тока.	23422,1	100	Полезное тепло на нагрев металла	8449,2	36,07
			Потери тепла вследствие теплопроводности кладки печи	8448,8	36,04
			Потери тепла излучением через открытые загрузочные и разгрузочные окна и другие отверстия в футеровке	324	1,4
			Потери тепла вследствие тепловых коротких замыканий	2413,6	10,3
			Потери тепла на нагрев приспособлений	1076,5	4,6
			Затраты тепла на нагрев контролируемой атмосферы	2710	11,59
Итого	23422,1	100	Итого	23422,1	100

Таблица 7 – Тепловой баланс электрической печи сопротивления [3]

Тепловая мощность печи и коэффициент полезного действия:

Для электрических печей установленная мощность определяется по формуле:

$$N_{уст} = k \cdot N_{расч}, \text{ Вт} \quad (22)$$

$$N_{уст} = 1.5 \cdot 23422,1 = 35133,15 \text{ Вт}$$

где k – коэффициент запаса мощности, принимаемый в пределах 1.2...1.6;

$N_{расч}$ – общий расход теплоты, Вт.

Обычно коэффициент полезного действия электрических печей 50...80%. КПД для печи определяется по формуле:

$$\eta = \frac{Q_M}{Q_{расх}} \cdot 100\% \quad (23)$$

где Q_M - полезное тепло, идущее на нагрев металла, Вт;

$Q_{расх}$ – суммарные затраты тепла печью выбранной конструкции, Вт.

$$\eta = \frac{8449,2}{23422,1} \cdot 100\% = 36,07\%$$

2.7 Расчет нагревателей

Рассчитать проволочный нагреватель электрической печи

Исходные данные для расчета:

N_{Σ} - установленная мощность печи (зоны), кВт:

$$N_{\Sigma общ} = 23 \quad N_{\Sigma зоны} = 5,7$$

Мощность всех зон одинакова, значит рассчитываем нагреватели для одной зоны

U – напряжение В;

$$U = 380 \text{ В}$$

$t_{п}$ – рабочая температура печи

$$t_{п} = 910 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Выбираем материал для нагревателей. При температуре печи 950°C целесообразней использовать нагреватели из материала Х20Н80-Н, имеющих максимальную рабочую температуру 1000 – 1100 $^{\circ}\text{C}$.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

ρ_t - удельное сопротивление материала нагревателя, мкОм м;

Материал нагревателя принимаем нихром Х20Н80-Н

$$\rho_t = 1,14$$

F_M и $F_{ст}$ – соответственно активная тепловоспринимающая поверхность садки металла и теплоизолирующая поверхность стенок рабочей камеры печи (зоны), на которых размещены нагреватели, м;

ϵ_M и ϵ_H – соответственно конечная температура металла и нагревателей, °С;

Задаем температуру нагрева

$$t_H = 910 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_H = t_H + 100$$

$$t_H = 1,01 \cdot 10^3$$

n – число нагревателей в печи (1 зоны), обычно принимают кратным 3, тогда

$$n = 3 \quad N_1 = \frac{N \Sigma_{1 \text{ зоны}}}{n} = 1,9 \text{ кВт} \quad (24)$$

где N_1 – мощность одного нагревателя.

В идеальном случае допустимая удельная поверхностная нагрузка определяется по формуле (25)

$$W_{ид} = C_{пр} \cdot \quad \cdot 10^{-4} \text{ Вт/см}^2 \quad (25)$$

$$T_M = 910 \quad T_H = 1010 \quad C_{пр} = 3,9 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{K}^2)$$

$$W_{ид} = 1,436 \text{ Вт/см}^2$$

Связь реально допустимой удельной поверхностной мощности W_d с идеальной $W_{ид}$ выражается зависимостью

$$W_d = W_{ид} \cdot \alpha_{эф} \cdot \alpha_{г} \cdot \alpha_{с} \cdot \alpha_{р} = W_{ид} \cdot \alpha_{\Sigma}$$

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$\alpha_{эф}$ – коэффициент эффективности излучения, который экспериментально определен для нагревателей различной конструкции при минимальном допустимом относительном межвитковом расстоянии

$$\alpha_{эф} = 0,32$$

$\alpha_{г}$ – коэффициент шага, зависит от относительных межвитковых расстояний. При минимальных относительных межвитковых расстояний

$$\alpha_{г} = 1,18$$

$\alpha_{с}$ – коэффициент, учитывающий зависимость $W_{д}$ от $S_{пр}$, когда степень черноты нагревателя $\epsilon_{н}$ или $\epsilon_{м}$ и тем более обе не равны 0.8 или соотношение $F_{м}/F_{ст}$ меньше 0.8

$$\alpha_{с} = \frac{3,9}{3,3} = 1,182$$

$\alpha_{р}$ – коэффициент соотношения тепловоспринимающей $F_{м}$ и теплоизлучающей поверхностей $F_{ст}$, учитывает влияние размеров садки и зависит от отношения $F_{м}/F_{ст}$

$$\alpha_{р} = 1$$

$$W_{д} = W_{ид} \cdot \alpha_{эф} \cdot \alpha_{г} \cdot \alpha_{с} \cdot \alpha_{р} = 1,436 \cdot 0,32 \cdot 1,18 \cdot 1,182 \cdot 1 = 1,18 \text{ Вт/см}^2$$

переходим к расчету конструктивных параметров нагревателя

$$U = 380$$

$$d = 34,3 \cdot \quad \quad \quad (26)$$

$$d = 5,776$$

по ГОСТ 12766-67 принимаем $d_l=5.6\text{мм}$

и длина

$$l_{\text{пр}} = 0,926 \cdot \sqrt[3]{\frac{N1 \cdot U^2}{\rho t \cdot W_{\text{нд}}}} \text{ м} \quad (27)$$

$$l_{\text{пр}} = 75,392$$

Общая длина нагревателей:

$$l = l_{\text{пр}} \cdot n = 75,392 \cdot 3 = 226,176 \text{ м}$$

Для размещения нагревателя находят их длину в свернутом L

$$d_l = 5,6 \quad t = 2,4 \cdot d_l = 13,44$$

$$L_c = \frac{l_{\text{пр}} \cdot t}{\pi \cdot D} \text{ м} \quad (28)$$

$$D = d_l \cdot 6,33 = 35,448$$

$$L_c = 9,152 \text{ м}$$

Общая длина нагревателей в свернутом виде:

$$L_o = L_c \cdot n \quad L_o = 9,152 \cdot 3 = 27,456 \text{ м} \quad (29)$$

Общая площадь, занимаемая нагревателями

$$F_o = L_o \cdot D \quad F_o = 27,456 \cdot 0,375 = 10,296 \text{ м}^2 \quad (30)$$

Проволочная спираль

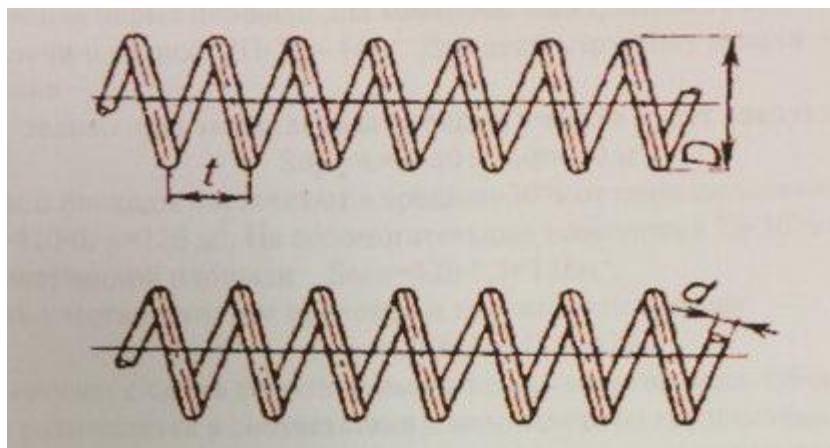


Рисунок 17 – Эскиз проволочной спирали

d – диаметр проволоки, мм

$d = 5,6$ мм

D – диаметр спирали, мм

$D = 35,5$ мм

t – шаг спирали, мм

$t = 13,4$ мм

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР

Лист

53

3 ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ШАТУНОВ И КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

3.1 Размещение оборудования на проектируемом участке

Термические цеха в своем составе имеют:

- 1) производственные участки;
- 2) вспомогательные отдельные (склады);
- 3) склады готовой продукции, вспомогательных материалов, приспособлений;
- 4) служебные и бытовые помещения.

Состав площадей изменяется в зависимости от размера и структуры цеха, характера технологических процессов и других особенностей.

В основу расстановки оборудования на плане и разрезах цеха должны быть положены

- 1) Намеченная компоновочная схема технологического грузопотока, не допускающая пересечения путей движения обрабатываемых изделий. Исключение может быть только для цехов индивидуального и мелкосерийного производства, но при этом общий грузопоток должен идти в одном направлении.
- 2) Возможность обслуживания и ремонта оборудования.
- 3) Организация межоперационного транспорта обрабатываемых изделий.

При установлении схемы расположения оборудования необходимо учесть, что печи должны располагаться вдоль наружных остекленных стен.

Участки с токсическим, шумопроизводящим оборудованием должны быть расположены в обособленных помещениях, изолированных от печного зала. К такому оборудованию относятся участки для приготовления защитных атмосфер, воздуходувки высокого давления, установки для очистки дробью.

Проходы желательно размещать по периметру с обязательным расположением ворот и дверей у наружных стен.

3.2 Расчет площадей и описание основных элементов здания

Для расчета проектируемого участка цеха, с вредными газовыделениями и значительными избытками тепла (более 20 ккал\м³ час), как правило должно использоваться одноэтажное здание прямоугольной формы, обеспечивающее наиболее эффективное удаление вредных веществ естественным путем.

При необходимости размещения термического цеха в многоэтажном здании, допустимо только как исключение, термический цех должен быть расположен на верхнем этаже достаточной высоты.

При компоновке термического цеха в общем корпусе с другими цехами изготовителями (механический, кузнечный), цех следует располагать наиболее протяженной стороной вдоль наружной стены корпуса с целью улучшения операций. При этом согласно строительным нормам СН 245,64 не менее 60 % стен здания должны быть свободными от застройки вспомогательным и дополнительным оборудованием.

Все элементы здания термического цеха относятся к категории Т по приказу пожарной безопасности и должны выполняться из не сгораемых материалов, отвечающим 1 и 2 ступеням огнеопасности.

Ширина пролетов равна 12, 18, 21, 30 и 36 м, устанавливается в зависимости от схемы размещения оборудования и требуемой ширины проездов.

В проектируемом цехе принимаются следующие сетки колонн 12 x 18, 12 x 24, для крановых зданий 12 x 24, 12 x 30 для зданий оборудованных кранами. Пролеты 6, 9, 12 метров. Высота пролета принимается в зависимости от условий работы.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

На участке применяем светоаэрационные фонари «П» - образного профиля.

Покрытия полов на участке используем не скользкое, и легко очищаемое от загрязнений.

Для монтажа и ремонта оборудования используется подвесное оборудование (кран балка).

Термические цеха характеризуются большим количеством инженерных коммуникаций, установка и монтаж которых затрудняет нормальное проведение технологического процесса и не удовлетворяет требованиям промышленной эстетики. Вопрос рационального размещения коммуникаций, вспомогательного оборудования и складских помещений может быть решен путем сооружения, туннелей подвала или технологического этажа.

Для определения геометрических параметров участка необходимо рассчитать его площадь.

Общая площадь участка по назначению делится на:

- 1) производственную;
- 2) вспомогательную
- 3) контрольно-бытовую.

К производственно-бытовой площади относятся площади производства, на которых производится обработка изделий, а также площади для хранения изделий до и после термической обработки.

В состав вспомогательных площадей входят:

- 1) участки контроля термической обработки;
- 2) проезды для внутреннего транспортирования грузов;
- 3) площади, занимаемыми установками для приготовления газовых смесей.

Подсчет площади участка осуществляется путем умножения количества оборудования на укрупненную норму площади, занимаемую этим оборудованием.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		56

Укрупненная норма площади для шахтной электропечи ШВЗ-130 40 м^2 , для камерной электропечи СДО-14 40 м^2 , для установки ионного азотирования ЭВТ – 60 60 м^2 . Для пескоструйных машин – отдельное помещение.

Следовательно, производственная площадь участка будет следующая:

$$S_{\text{пр.уч.}} = 40 + 40 + 60 = 140 \text{ м}^2$$

Проезды и проходы составляют в среднем 30% от производственной площади: $S_{\text{прох.}} = 100 \cdot 0,3 = 30 \text{ м}^2$. На вспомогательные помещения 25-30% от производственной площади $S_{\text{всп}} = 100 \cdot 0,3 = 30\text{ м}^2$.

Площадь участка с учетом проходов и проездов следующая:

$$S_{\text{уч}} = 140 + 30 + 30 = 200\text{ м}^2$$

Затем наносится схема колонн, намечается грузопоток цеха. Оборудование на участке размещается в соответствии с направлением грузопотока. Большие агрегаты располагаются подлине пролета. Между агрегатами необходимо предусмотреть проход шириной 2м. Оборудование устанавливается на расстоянии от стены не менее 1м. Оборудование должно быть установлено так, чтобы к нему был открыт свободный доступ для ремонта и обслуживания.

Для транспортировки продукции, возможности монтажа и демонтажа оборудования, завоза материалов должны быть предусмотрены проезды.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

3.3 Описание планировки проектируемого участка

Участок термической обработки коленчатых валов из стали 18Х2Н4МА располагается в пролете термического цеха. Его площадь составляет 200 м². Ширина участка составляет 18 м, длина – 12 м.

Ширина цехового транспортного проезда для электропогрузчиков 4 м, движение двухстороннее. Для перемещения деталей во время технологического процесса, а также для ремонта и монтажа оборудования используется подвесной кран-балка грузоподъемностью 5 тонн.

Планирование участка произведено с учетом того, чтобы схема технологического грузопотока не имела пересечений.

На участке имеется 2 складских помещения - склад сырой продукции и склад готовой продукции. На склад сырой продукции коленвалы падают с участка черновой механической обработки. Со склада готовой продукции детали уходят на участок окончательной механической обработки.

Также на участке располагаются две правильные машины коленчатых валов «Лунет». Они применяются для уменьшения коробления при закалке.

В непосредственной близости находится пост контроля ОТК, включающий в себя универсальный заточной станок, твердомер (прибор Бринелля), и стол контроля.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		58

4 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

4.1 Устройство участка термической обработки

На участке осуществляется термическая обработка коленчатого вала двигателя серии 6Т. Операции термической обработки сопровождается выделением избыточного тепла. Поэтому производственное здание нужно выбирать так, чтобы оно смогло создать наиболее благоприятные условия для протекания производственного процесса и устранить возможность пожара.

Здание цеха, где расположен участок термической обработки, одноэтажное и имеет форму параллелепипеда. Каркас здания изготовлен из прочных несущих конструкций. Колонны имеют консоли, на которых размещаются подкрановые балки. Наружные стены здания термического цеха делают из блоков легковесного бетона толщиной 400-500 мм. Внутренние стены цеха окрашиваются огнеупорной краской холодных тонов (синей, зеленой). Толщина стен в цехе должна быть такой чтобы исключить возможность конденсации влаги на внутренней поверхности в зимний период.

Ширина пролетов должна составлять 18 м. Пролеты должны оборудоваться светоаэрационными фонарями для естественного освещения и вентиляции. Светоаэрационные фонари должны быть снабжены площадками для их очистки. В цехе под фонарями должны быть закреплены сетки во избежание попадания разбитых стекол на рабочие места.

Крыша здания изготавливается из прочного материала, легко поддающегося чистке от пыли, копоти, снега. По краю крыши установлены прочные крепежа высотой 1 метр. В стенах здания для проветривания имеются оконные проемы.

Пол на термическом участке должен быть изготовлен из нескольких материалов, легко поддаваться чистке, не реагировать с активными

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

веществами. С учетом этих требований пол выполнен из стальных рифленых плит.

Расстояние между оборудованием не менее 2 метров. Транспортировка продукции осуществляется с помощью электрокар и мостового крана. Для свободного проезда электрокар, прохода людей, а также возможности монтажа и демонтажа проезд шириной не менее 4 метров. Расстояние от оборудования до ближайших элементов здания составляет не менее 1 метра. Места безопасного прохода людей выделены белой краской.

Внутри участка предусмотрены средства пожаротушения. Помещение участка должно отвечать требованиям санитарных норм СН 245-71, а так же требованием строительных и противопожарных норм.

4.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

На участке термической обработки могут быть следующие опасные и вредные производственные факторы:

1)Физические:

- движущиеся части оборудования, механизмы, поддоны и детали. Рабочий может получить ушибы, переломы, сотрясение, контузию;
- повышенная температура оборудования и обрабатываемых деталей;
- электрический ток, который может вызвать поражение (внешнее и внутреннее) организма человека. Это может выразиться в остановке дыхания и прекращении работы сердца.

2)Химическое: удушающие (окись углерода). При вдыхании окись углерода вступает в соединение с гемоглобином крови, в результате чего наступает кислородное голодание (окись углерода препятствует процессу усвоения кислорода живыми тканями). В случае сильного отравления наступает потеря сознания, потом прекращается дыхание.

3)Психофизиологические: нервно- психические перегрузки (монотонность труда).

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Действие всех этих опасных и вредных производственных факторов может привести к несчастному случаю или профессиональному заболеванию.

4.3 Микроклимат

От микроклимата на рабочем месте зависит состояние здоровья человека и его работоспособность. Не имея возможности эффективно влиять на протекающие в атмосфере климатообразующие процессы, люди располагают качественными системами управления факторами воздушной среды внутри производственных помещений.

Микроклимат производственных помещений — это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной 101 влажностью и скоростью движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей (ГОСТ 12.1.005 "Общие санитарные гигиенические требования к воздуху рабочей зоны").

Длительное воздействие на человека неблагоприятных условий резко ухудшает его самочувствие, снижается производительность труда, и приводит к заболеванию.

1) воздействие высокой температуры быстро утомляет, может привести к перегреву организма, тепловому удару или профессиональным заболеваниям.

2) низкая температура – местное или общее охлаждение организма, причина простудных заболеваний или обморожения.

3) высокая относительная влажность при высокой температуре способствует перегреву организма; при низкой усиливает теплоотдачу с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению.

4) низкая влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей. Проект относится к работе средней тяжести (категория

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Пб), микроклиматические условия на рабочих местах должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 8:

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19-24	15-75	<0.1
Теплый	средняя	20-28	15-75	<0.2

Таблица 8 – Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте (СанПиН 2.2.4.54896)

При обеспечении допустимых показателей микроклимата температура внутренних поверхностей конструкции, ограждающих рабочую зону (стен, потолка, пола) не должна превышать предел допустимых величин температуры воздуха.

В холодный период года следует применять средства защиты рабочего места от радиационного охлаждения от остекленных поверхностей оконных проемов, в теплый период от попадания прямых солнечных лучей.

Температура в рабочей зоне поддерживается отоплением в холодный период и вентиляцией в теплый период.

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидр трубопроводов.

4.4 Производственный шум

Основными источниками шума при выполнении исследовательской работы в помещении являются вакуумная ионно-плазменная установка. Шум в помещении не должно превышать 80 дБ. Уровень шума установлен в ГОСТ

12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБ. Уровень шума на рабочем месте инженеров, работающих с компьютером не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах - 65дБА (ГОСТ 12.1.003-83).

Во время действия шума, превышающего 85...90 Гц, чувствительность слуха снижается. Происходит временное понижение порога слышимости (ВПП), которое исчезает после окончания воздействия шума. Это снижение называется слуховой адаптацией и является защитной реакцией организма. Действие шума на организм человека не ограничивается воздействием на орган слуха. Патологические изменения, возникшие под влиянием шума, рассматривается как шумовая болезнь. Это снижение называется слуховой адаптацией и является защитной реакцией организма.

Мероприятия по защите от шума выполняют с помощью применения средств и методов коллективной защиты, разработкой шум безопасной техники, а также средств индивидуальной защиты. Защита от шума 81 акустическими средствами предполагает звукоизоляцию (устройство звукоизолирующих кабин, кожухов, ограждений, установку акустических экранов); звукопоглощение (применение звукопоглощающих облицовок, штучных поглотителей); глушители шума (абсорбционные, реактивные, комбинированные).

Если невозможно уменьшить шум, действующий на работников, до допустимых уровней, то необходимо использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ) - противочумные вкладыши из ультратонкого волокна “Барыши” одноразового использования, а также противочумные вкладыши многократного использования (эбонитовые, резиновые, из пенопласта) в форме конуса, грибка, лепестка. Они эффективны для снижения шума на средних и высоких частотах на 10–15 дБ. Наушники снижают уровень звукового давления на 7–38 дБ в диапазоне частот 125–8 000 Гц. Для предохранения от воздействия шума с общим уровнем 120 дБ и выше

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

рекомендуется применять шлемофоны, оголовья, каски, которые снижают уровень звукового давления на 30–40 дБ в диапазоне частот 125–8 000 Гц.

4.5 Освещение

Для создания благоприятных условий труда важное значение имеет рациональное освещение. Неудовлетворительное освещение затрудняет проведение работ, ведет к снижению производительности труда и работоспособности глаз и может явиться причиной несчастных случаев и заболеваний их.

На участке имеется искусственное и естественное освещение. Естественное освещение осуществляется через световые проемы в стенах здания (боковое освещение) и световые проемы на крышах-светоаэрационные фонари (верхнее освещение). Искусственное освещение осуществляется ртутными лампами высокого давления. Работы, проводимые на термическом участке, относятся к 5-6 разрядам, для них освещенность рабочих мест при искусственном освещении должна быть 100лк-при наблюдении за ходом производственного процесса; при естественном освещении к.е.о=2% /15%.

На случай аварии на участке предусмотрено аварийное освещение, при котором наименьшая освещенность рабочих поверхностей, составляет 5% нормируемой освещенности.

Для выполнения различного рода ремонтных работ предусмотрено переносное освещение напряжением 12 В.

На участке кроме общего освещения имеется местное. Освещенность шкал контрольно-измерительных приборов и места контроля не менее 200лк.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

4.6 Факторы электрической природы

Корпус электродвигателя или трансформатора, арматура электрического светильника или трубы электропроводки не находятся под напряжением относительно земли благодаря изоляции от токоведущих частей. Однако в случае повреждения изоляции любая из этих частей может оказаться под напряжением, нередко равным фазному. Электродвигатель с пробитой на 85 корпус изоляцией обычно соединен с машиной, которую он приводит в движение.

Поражение электрическим током возникает при соприкосновении с электрической цепью, в которой присутствуют источники напряжения или источники тока, способные вызвать протекание тока по попавшей под напряжение части тела. Обычно чувствительным для человека является пропускание тока силой более 1 мА. Кроме того, на установках высокого напряжения возможен удар электрическим током без прикосновения к токоведущим элементам, в результате утечки тока или пробоя воздушного промежутка. Сила поражения зависит от мощности разряда, от времени воздействия, от характера тока (постоянный или переменный), от состояния человека — влажности рук и т. п., а также от места соприкосновения и пути прохождения тока по организму.

Последствия поражением электрически током:

- Из-за высокого электрического сопротивления человеческих тканей происходит довольно быстрое их нагревание, что может вызывать ожоги.
- Даже сравнительно малые напряжения, порядка 110—230 В, при кратковременном контакте с грудной клеткой могут вызывать сбой в работе сердечной мышцы (60 мА для переменного тока, 300—500 мА для постоянного). Удар током также используется для восстановления работы сердца, таким образом устраняя эффект фибрилляции. Такой прибор называется дефибриллятором.

- Удар током может вызвать сбой в работе нервной системы, например, беспорядочные сокращения мышц. Повторяющиеся удары могут вызвать невропатию. Острая электротравма может стать причиной нарастающей асистолии.

- При поражении головы электрическим током возможна потеря сознания.

Основными мерами защиты от поражения током являются: обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением, для 86 случайного прикосновения; защитное разделение сети; устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования, что достигается применением малых напряжений, применением двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением и др.; применение специальных защитных средств - переносных приборов и приспособлений; организация безопасной эксплуатации электроустановок.

Окружающая среда (влажность и температура воздуха, наличие заземленных металлических конструкций и полов, токопроводящей пыли и др.) оказывает дополнительное влияние на условия электробезопасности. Степень поражения электрическим током во многом зависит от плотности и площади контакта человека с токоведущими частями.

4.7 Электробезопасность

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

Безопасность эксплуатации при нормальном режиме работы установок обеспечивается следующими защитными мерами:

1. применение изоляции;
2. недоступность токоведущих частей;
3. применение малых напряжений;
4. изоляция электрических частей от земли.

Рабочее помещение относится ко второй категории по степени опасности поражения электрическим током – помещения с повышенной опасностью, поскольку в помещении находится сырые с относительной 87 влажностью воздуха более 75%; жаркие с температурой воздуха, длительно превышающей +30°C; с полами из токопроводящих материалов; с большим количеством выделяющейся токопроводящей технологической пыли, оседающей на проводах и проникающей внутрь электроустановок; с размещением электроустановок с металлическими корпусами, имеющих соединение с землей, металлоконструкций зданий и технологического оборудования, допускающих одновременное соприкосновение с ними. Безопасные номиналы $I \leq 0.1 \text{ A}$, $U \leq 36 \text{ В}$, $R_{\text{заземления}} \leq 4 \text{ Ом}$.

Дополнительные электрозщитные средства в электроустановках.

К дополнительным изолирующим электрозщитным средствам относятся диэлектрические перчатки, боты, резиновые коврики и дорожки, изолирующие подставки на фарфоровых изоляторах и переносные заземления. Освобождение пострадавшего от действия тока напряжением свыше 1000 В может быть произведено только одним способом. Это отключение соответствующей части электрической установки специально обученными людьми. Пострадавшему следует оказать посильную доврачебную помощь.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

4.8 Меры по технике безопасности на рабочем месте

1. К работе с электроустановками допускаются лица, имеющие третью либо четвертую группу допуска, устанавливаемые квалификационной комиссией.

2. Лица, не имеющие непосредственного отношения к обслуживанию электроустановок, к работе с ними не допускаются.

3. Все питающие части должны быть заземлены. Сопротивление заземления должно не превышать 4 Ом.

4. При замене (установке) плат расширения необходимо пользоваться браслетом заземления, либо перед осуществлением этой операции избавиться от накопленного на теле статического заряда посредством прикосновения к 96 заниженной части компьютера, в противном случае возможно повреждение чувствительных к статике микроэлементов ЭВМ.

5. Для исключения поражения электрическим током запрещается: часто включать и выключать компьютер без необходимости, прикасаться к экрану и к тыльной стороне блоков компьютера, работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании мокрыми руками, работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании, имеющих нарушения целостности корпуса, нарушения изоляции проводов, неисправную индикацию включения питания, с признаками электрического напряжения на корпусе, класть на средства вычислительной техники и периферийном оборудовании посторонние предметы.

6. Запрещается под напряжением очищать от пыли и загрязнения электрооборудование.

7. Запрещается проверять работоспособность электрооборудования в непригодных для эксплуатации помещениях с токопроводящими полами, сырых, не позволяющих заземлить доступные металлические части.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

8. Недопустимо под напряжением проводить ремонт средств вычислительной техники и периферийного оборудования. Ремонт электроаппаратуры производится только специалистами-техниками с соблюдением необходимых технических требований.

9. Во избежание поражения электрическим током, при пользовании электроприборами нельзя касаться одновременно каких-либо трубопроводов, батарей отопления, металлических конструкций, соединенных с землей.

10. При приближении грозы необходимо оперативно закончить работу на компьютере и отключить его от сети во избежание повреждения последовательного порта и исключения сбоев при возможных скачках напряжения в сети, характерных в подобных случаях.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		69

ЮУрГУ-220402.2019.037.ПЗ.ВКР

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № посл.

№п/п	Наименование оборудования. Модель	Кол-во	Инвентарный номер оборудования	Примечание
1	Шахтная печь ШВЗ-130	1		
2	Станок для правки Коленвала	1		
3	Подставка для охлаждения коленвалов	1		
4	Место для коленвалов после ТО	1		
5	Место для закаленных коленвалов	1		
6	Место для коленвалов на ТО	1		
7	Тележка печи низкого отпуска СДО-14	1		
8	Место для бракованных коленвалов	1		
9	Печь низкого отпуска для коленвалов СДО-14	1		
10	Стол для правки деталей	1		
11	Пресс ручной винтовой	1		
12	Стеллаж для контроля коленвалов	1		
13	Стол для проверки биения коленвалов	1		
14	Плита поверочная	1		
15	Тара для мусора	1		
16	Место для ящика со шламом	1		
17	Тара для мусора	1		
18	Место для ящика со шламом	1		
19	Место для ящика со шламом	1		
20	Место для ящика со шламом	1		
21	Станок полировальный 3Б854	1		
22	Станок точильно-шлифовальный 3Б634	1		
23	Пылеулавливатель ЗИЛ-900	1		
24	Место для деталей, поступающих на контроль	2		
25	Стол 600x800	1		
26	Стол 200x800	1		
27	Стол 1700x800	1		
28	Стол 880x350 с плитой поверочной	1		
29	Стол 700x800 с твердомером ТР	1		
30	Стол 1200x800 с твердомером ТБ для коленвалов	1		
31	Стол 650x1000 с твердомером ТБ	1		
32	Стол 1000x800	1		
33	стол 700x700	1		
34	Стол с наждака 500x700	1		
35	Сейф УТК	1		
36	Сейф УТК	1		
37	Шкаф для техпроцессов	1		
38	Крандалка	1		
39	Пролет для транспортировки	1		
40	Место для готовой продукции			
41	Коланна			
42	Место для коленвалов на азотирование	1		
43	Место для коленвалов после азотирования	1		
44	Генератор для ЭВТ 60	1		
45	Электрощиток	2		
46	Щиток управления ЭВТ 60	1		
47	Расщепитель	1		
48	Установка ЭВТ 60	1		
49	Комната оператора ЭВТ 60	1		

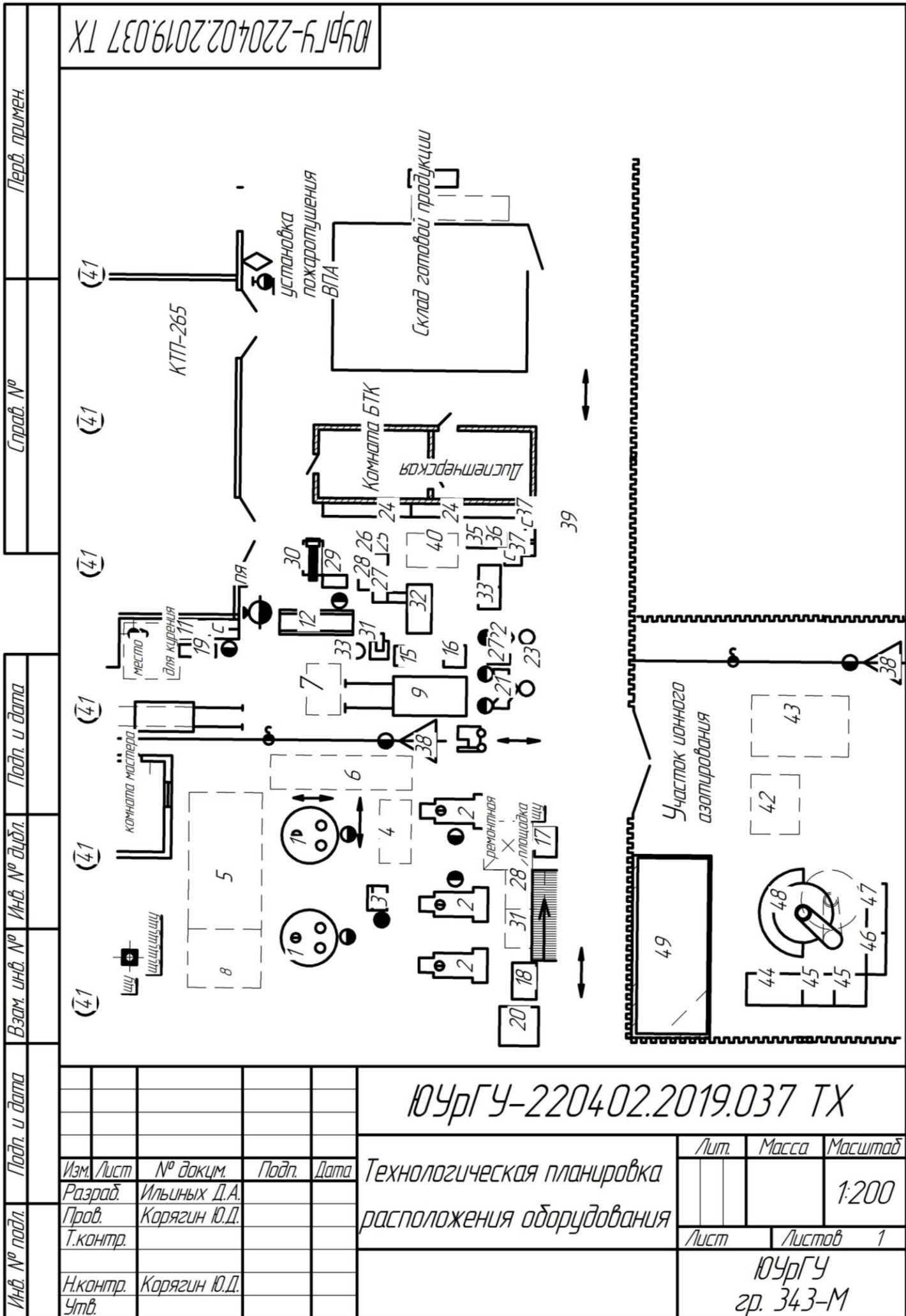
ЮУрГУ-220402.2019.037.ПЗ.ВКР

Совершенствование
технологического процесса ТО

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

гр.-343

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Ильиных Д.А.		
Пров.		Корягин Ю.Д.		
Т.контр.				
Н.контр.		Корягин Ю.Д.		
Утв.		Михайлов Г.Г.		



5 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тылкин, М.А. Справочник термиста ремонтной службы/ М.А. Тылкин – Москва: Изд-во Металлургия, 1981.-648 с.
2. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов: справочник / В.Г. Сорокин, А.В. Волоспикова, С.А. Вяткин и др.; под ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
3. Корягин, Ю.Д. Тепловые и электрические расчеты термических печей: учебное пособие / Ю.Д. Корягин. – 2-е изд. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 178 с.
4. Ильин, С. И. Технология термической обработки сталей: учебное пособие/ С. И. Ильин, Ю. Д. Корягин – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2012. - 120 с.
5. Карева, Н. Т., Лапина. И. В., Ильин. С. И. термическая обработка сталей и сплавов: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2006- 98 с.
6. Попов, А.А. Справочник термиста. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита: справочник / А.А. Попов, Л.Е. Попова. – М.:Машгиз, 1961 – 430 с.
7. Рустем, С.Л. Оборудование и проектирование термических цехов / С.Л. Рустем. – М.: Машиностроение, 1971. – 288 с.
8. Марочник сталей и сплавов: справочник / под ред. А.С. Зубченко, – 2-е изд., - доп. и испр. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
9. Термическая обработка в машиностроении: Справочник Т35 ник/Под ред. Ю. М. Лахтина, А. Г. Рахштадта. – М.: Машиностроение, 1980. – 783с.

					ЮУрГУ-220402.2019.343.ПЗ.ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.И</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.№</i>	<i>ПодписьП</i>	<i>Дата</i>		72