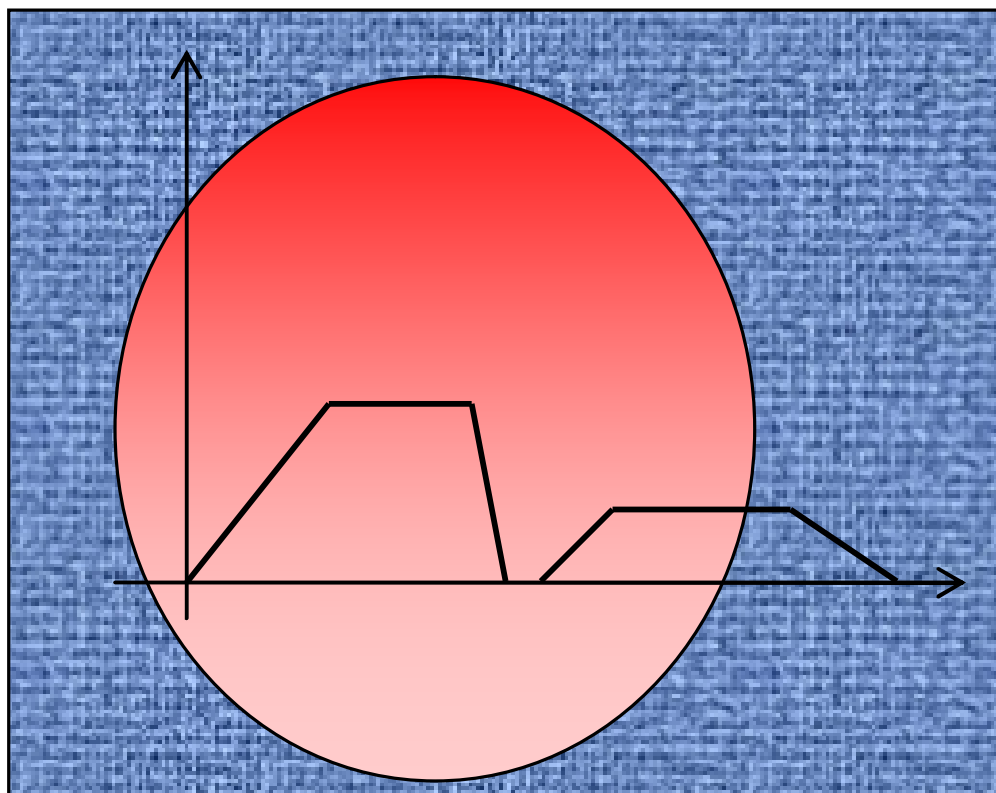


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

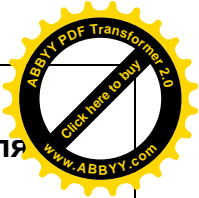
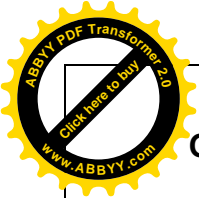
Кисленков В. В.

Оборудование и проектирование термических цехов

Пособие для курсового проектирования



Санкт – Петербург
2011



Оборудование и проектирование термических цехов. Пособие для

курсового проектирования: Учебное пособие /В.В. Кисленков СПб, 2011, 86с

Пособие соответствует государственному образовательному стандарту дисциплины «Оборудование и проектирование термических цехов» бакалаврской подготовки, инженерной подготовки и дисциплине «Проектирование термических печей» магистерской подготовки по направлению 150400 – «Металлургия».

Рассматриваются вопросы и последовательность проектирования технологии термической обработки, выбора оборудования и правил его размещения на производственных площадях.

Предназначено для студентов четвертого курса, обучающихся по направлению 150400 «Металлургия» профиль «Металловедение и термическая обработка металлов» бакалаврской подготовки и студентов пятого курса, обучающихся по магистерской программе 150400.68 «Разработка металлических материалов. Анализ структуры и свойств» (ГОС третьего поколения), студентов пятого курса инженерной подготовки по направлению 150100 «Металлургия» (ГОС второго поколения).

1. Введение

При выполнении курсового проекта студент должен разрешить следующие основные вопросы:

выбрать исходный материал для обрабатываемого изделия, указать его марку, химический состав, механические свойства в соответствии с техническими требованиями, предъявляемыми к изделию;

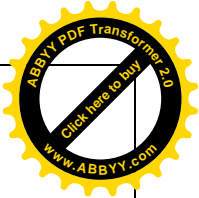
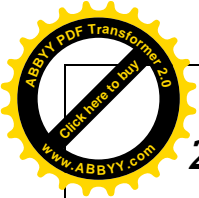
установить план и метод термической обработки изделия, разработать пооперационный технологический процесс обработки, выбрать оборудование, приспособления, контрольно-измерительную аппаратуру, определить нормы времени и методы технического контроля;

разработать технологическую карту термической обработки;

разработать план размещения оборудования в отделении термической обработки;

разработать технико-экономические вопросы, связанные с проектируемым термическим отделением.

Перечисленные материалы, снабженные расчетами, описаниями, схемами, пояснительными эскизами, зарисовками, графиками составляют содержание пояснительной записки к проекту. Кроме пояснительной записки должна быть выполнена графическая часть курсового проекта.



2. Краткий план и содержание курсового проекта

Реферат;

Исходные данные для проектирования (чертежи типовых представителей;

Выбор материала для заданных изделий и разработка технологического процесса термической обработки изделия;

Выбор основного и вспомогательного оборудования;

Разработка приспособления для термической обработки;

Расчет времени нагрева садки;

Разработка технических инструкций на оборудование и основные процессы термической обработки, контроля качества;

Заполнение технологической карты термической обработки заданного изделия;

Установление маршрутной технологии;

Расчет потребного количества оборудования для проведения основных операций термической обработки;

Расчет потребного количества вспомогательного оборудования;

Разработка компоновочной схемы и планировки. Определение площади участка и грузопотоков;

План размещение основного и вспомогательного оборудования;

Схема автоматического регулирования температуры в одной из печей;

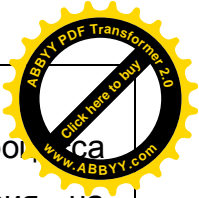
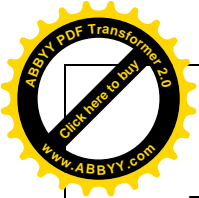
Расчет потребного количества электроэнергии и вспомогательных материалов для технологических нужд;

Технико-экономические показатели работы участка.

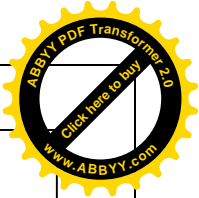
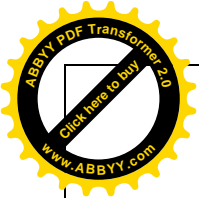
Графическая часть проекта - выполняется на листах чертежной бумаги формата А4, А3 и должна содержать: рабочий чертеж изделий, чертеж основного оборудования и приспособлений для операций термической и химико-термической обработки, технологическую карту процесса термической обработки изделия, графики нагревов и охлаждения, план участка с размещенным оборудованием.

3. Исходные данные для проектирования.

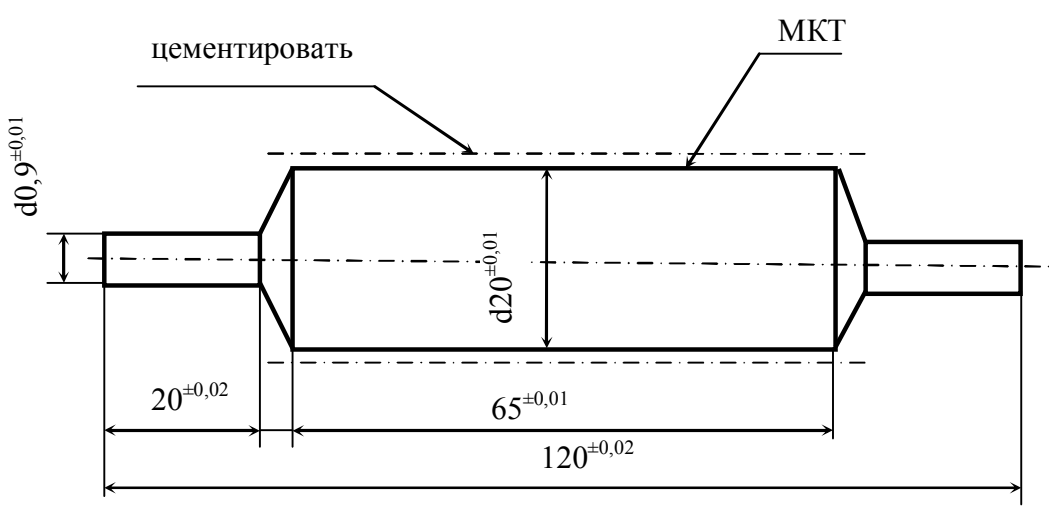
3.1. Чертеж изделия.



Исходными документами для разработки технологического процесса термической обработки является чертеж изделия и технические условия на изготовление. В чертеже указываются: вид и марка материала, из которого должно быть изготовлено изделие - сталь, чугун, цветные металлы и т.д.; твердость, которой должна удовлетворять изделие, по одному из установленных соответствующими стандартами методов измерений (НВ, HRC, HRCэ и т.д.); вид термической обработки (например, отжиг, закалка); вид химико-термической обработки (например, нитроцементация). Для химико-термической обработки указывается норма толщины слоя, а также на каких поверхностях изделия должен быть образован этот слой (рис.1.) Кроме того, на чертеже приводятся допустимые отклонения изделия от номинальных размеров, требования к шероховатости поверхности (класс чистого), состояние поверхности (допускаемые дефекты), методы испытаний, вид излома и микроструктура после термической обработки и др.



1. Цементировать на глубину 1,4-1,7 мм.
2. Твердость поверхности 45-50 HRC.
3. Твердость сердцевины 35-38 HRC.
4. Не допускается наличие карбидов в поверхностном слое.
5. Соотношение мартенсита и троостита соответствует 5 баллу по ОСТ.



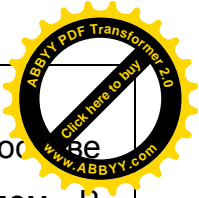
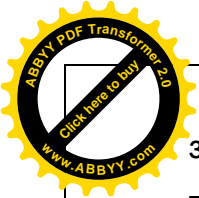
					Материал: сталь 18Х2Н4А					
					ВАЛ		Литера	Масса	М	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
Разработал		Иванов И.							1,7 кг	1:1
Проверил		Кисленков В.								
Т.контр.					Кафедра ИСиСМ	Листов 1		Лист 1		

Рис. 1 Образец оформления чертежа в курсовом проекте

3.2. Технические требования на термическую обработку изделия.

Требования к изделиям после термической обработки разрабатываются исходя из условий работы изделия, применяемого материала. Они должны обеспечивать максимальную работоспособность изделия.

Свойства изделий после термообработки определяются на изделиях (несколько штук от загрузки) или на образцах свидетелях, которые обрабатываются вместе с



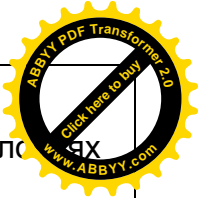
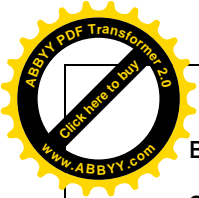
загрузкой после их разрезки по разработанной схеме. Как правило в ос
технических требований – твердость, измеренная соответствующим методом. В
таблице приведены примерные требования и ГОСТы в зависимости от материала:

Марка и сортамент стали	Контролируемые параметры	Стандарт на метод контроля
Конструкционные углеродистые и легированные стали (после ПТО)	Глубина обезуглероженного слоя	ГОСТ 1763 – 68, метод М
	Величина зерна аустенита	ГОСТ 5639 - 82
	Неметаллические включения	ГОСТ 1778 - 70
	Полосчатость феррито-перлитной структуры	
	Видманштеттова структура Грубопластинчатый перлит	
Инструментальные углеродистые стали, легированные стали (после ПТО)	Дисперсность и соотношение зернистого и пластинчатого перлита	
	Остатки цементитной сетки	
	Глубина обезуглероженного слоя	
Быстрорежущие стали (после ПТО)	Карбидная неоднородность	
	Величина зерна аустенита	ГОСТ 5639 - 82
	Глубина обезуглероженного слоя	ГОСТ 1763 – 68, метод М
Подшипниковые стали (после ПТО)	Неметаллические включения	
	Карбидная сетка	
	Структурная полосчатость	
	Карбидная ликвация	
	Микропористость	
	Дисперсность и соотношение зернистого и пластинчатого перлита	
Конструкционные стали (после ОТО)	Соотношение мартенсита и троостита	
	Количество остаточного аустенита	
	Балл зерна мартенсита	
Стали после цементации и ОТО	Наличие карбидов в поверхностном слое	
	Количество остаточного аустенита	
	Балл мартенсита	
	Соотношение мартенсита и троостита	

3.3. Выбор материала для заданного изделия

Обоснованный выбор материала для изготовления заданного изделия является основой проектирования рациональной технологии, так как материал изделия при надлежащей термической обработке определяет его качество, долговечность и надежность в эксплуатации.

Для правильного выбора марки материала необходимо, прежде всего, ознакомиться с условиями работы детали при эксплуатации и составить описание. При анализе условий работы изделия учитываются:



величина максимальной нагрузки, которая может действовать на изделие в условиях

эксплуатации;

характер приложения нагрузки (динамическая, статическая, знакопеременная, знакопостоянная, равномерно распределенная, контактная и т.д.);

температурные условия работы изделия (интервал температуры, постоянная или переменная температура);

наличие агрессивной среды (кислотной, щелочной, газовой);

тип трения (скольжения или качения);

характер износа изделия (абразивный, окислительный)

На основе анализа условий работы изделия разрабатываются требования, которые обеспечивают его максимальную долговечность и наилучшую работоспособность.

При выборе материала учитываются также следующие факторы: выбранная марка материала должна обеспечивать после термической обработки изделия получение такого комплекса механических свойств (прочность, пластичность, вязкость и т.п.), который необходим для надежной и длительной работы данного изделия без разрушения в условиях эксплуатации; выбранная марка материала должна быть технологичной, т. е. обладать высокими технологическими свойствами на операциях изготовления (например, штампуемость, способность воспринимать закалку на определенную глубину, устойчивость против растрескивания при закалке, обрабатываемостью и т. п.); выбранная марка материала должна содержать наименьшее количество легирующих добавок (в особенности никеля, молибдена, ванадия), быть относительно дешевой в металлургическом производстве и экономически выгодной в машиностроении, т.е. обеспечивать минимальную трудоёмкость обработки.

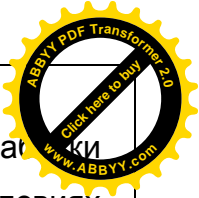
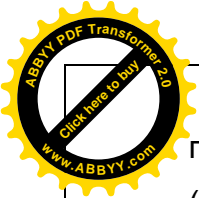
Сравнительный анализ физических и механических свойств марок сталей, из которых изготавливаются аналогичные детали других моделей машин, позволяет технически и экономически грамотно обосновать применяемую марку стали на заданное изделие.

Стали следует сравнивать по следующим свойствам:

по химическому составу;

по физическим свойствам (критическим точкам, склонности стали к росту зерна, склонности стали к отпускной хрупкости, величине теплового расширения, теплопроводности);

по механическим свойствам, жаропрочности, термической стойкости, износостойкости;



по технологическим свойствам при термической и химико-термической обработке (закаливаемости и прокаливаемости, характеру превращений в условиях изотермической выдержки и при непрерывном охлаждении, флокеночувствительности, склонности к старению);

по технологическим свойствам при горячей и холодной обработке давлением (штампуемости, способности к вытяжке, склонности к образованию трещин при ковке и штамповке);

по технологическим свойствам при механической обработке (обрабатываемости резанием, шлифуемости), по другим технологическим свойствам (например, по свариваемости или литейным свойствам стали);

по химической стойкости в условиях воздействия агрессивных сред (стойкости против химически активных сред, стойкости против газовой коррозии)

Если заданные изделия изготавливаются из другого сплава (например, из чугуна, магниевого сплава и т. п.) то вместо таких показателей, как прокаливаемость, закаливаемость, характер превращений вводятся другие показатели, в частности способность сплава к упрочнению при старении и т. п.

Все указанные характеристики свойств должны иллюстрироваться диаграммами и графиками.

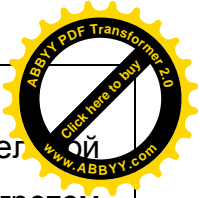
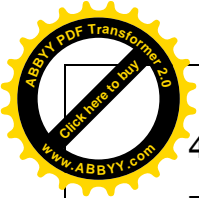
Ниже приведен технологический процесс термической обработки стальной детали: вал коробки передач.

Марка стали: Ст. 25ХНР

Твердость после окончательной термообработки: HRC 60-65 (пов.), HB 363 - 444.

Порядок выполнения:

1. Расшифровать марку заданной стали, описать ее микроструктуру, механические свойства до окончательной термообработки и указать, к какой группе по назначению она относится.
2. Описать характер влияния углерода и легирующих элементов заданной стали на положение критических точек A_{c1} и A_{c3} , A_{cm} . Рост зерна аустенита, закаливаемость и прокаливаемость, на положение точек M_n и M_k , на количество остаточного аустенита и на отпуск. При отсутствии легирующих элементов в заданной марке стали описать влияние постоянных примесей (марганца, кремния, серы, фосфора, кислорода, азота и водорода) на ее свойства.
3. Выбрать и обосновать последовательность операции предварительной и окончательной термообработки деталей, увязав с методами получения и обработки заготовки (литье, ковка или штамповка, прокат, механическая обработка).



4. Назначить и обосновать режим операций предварительной и окончательной термообработки деталей (температура нагрева и микроструктура в нагретом состоянии, охлаждающая среда).

5. Описать микроструктуру и механические свойства материала детали после окончательной термообработки.

1. Расшифровка марки стали.

Сталь марки 25ХНР: хромоникелевая сталь с содержанием углерода 0,25%, до 1% хрома, никеля и 0,001 бора.

Сталь 25ХНР можно классифицировать по следующим признакам:

по назначению - конструкционная (машиностроительная) цементируемая (нитроцементируемая);

по химическому составу - легированная;

по содержания углерода - низкоуглеродистая;

по степени раскисления - спокойная.

Таблица 1 Массовая доля элементов, % по ГОСТ 4543-71

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu	Ti	B
					Не более				
0,16 - 0,23	0,60 - 0,90	0,17 - 0,37	0,70 - 1,10	0,8 - 1,10	0,035	0,035	0,30	0,06	0,001 - 0,005

Таблица 2 Температура критических точек, °С.

A _{с1}	A _{с3}	A _{г1}	A _{г3}
740	830	650	725

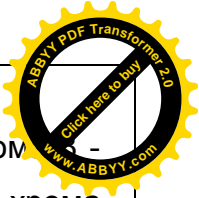
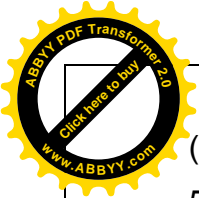
Назначение:

Зубчатые колеса, валы, шестерни, кулачковые муфты, червяки, поршневые пальцы, оси, коленчатые валы, втулки и другие нагруженные крупными деталями, работающие в условиях ударных нагрузок.

Механические свойства стали 25ХНР в состоянии поставки: твёрдость в горячекатаном состоянии - HB2050...2150.

2. Анализ влияния углерода и легирующих элементов стали на технологию ее термообработки и полученные результаты.

Хром - очень распространенный легирующий элемент. Он повышает точку A₃ и понижают точку A₄ (замыкает область γ-железа). Температура эвтектоидного превращения стали (точку A₁) в присутствии хрома повышается, а содержание углерода в эвтектоиде (перлите) понижается. С углеродом хром образует карбиды



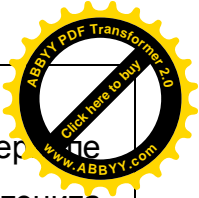
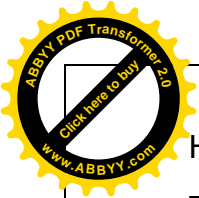
($\text{Cr}_7\text{C}_3, \text{Cr}_4\text{C}$) более прочные и устойчивые, чем цементит. При содержании хрома 5% в стали одновременно присутствуют легированный цементит и карбид хрома Cr_7C_3 , а если более 5% хрома, то в стали находится только карбид хрома. Растворяясь в феррите, хром повышает его твердость и прочность и прочность, незначительно снижая вязкость. Хром значительно увеличивает устойчивость переохлажденного аустенита.

Хром значительно уменьшает критическую скорость закалки, поэтому хромистая сталь обладает глубокой прокаливаемостью. Температура мартенситного превращения при наличии хрома снижается. Хром препятствует росту зерна и повышает устойчивость против отпуска. Поэтому отпуск хромистых сталей проводится при более высоких температурах по сравнению с отпуском углеродистых сталей. Хромистые стали подвержены отпускной хрупкости и поэтому после отпуска детали следует охлаждать быстро (в масле).

Карбидообразующими элементами являются хром и марганец. При растворении карбидообразующих элементов в цементите образующиеся карбиды называются легированным цементитом. При повышении содержания карбидообразующего элемента образуются самостоятельные карбиды данного элемента с углеродом, так называемые простые карбиды, например, Cr_7C_3 , Cr_4C . Все карбиды очень тверды (HRC 70 - 75) и плавятся при высокой температуре (Cr_7C_3 примерно при 1700°C).

Введение легирующих элементов оказывает влияние на перлитное превращение. Температура перлитного превращения под влиянием различных легирующих элементов может понижаться или повышаться, а концентрация углерода в перлите уменьшается. В связи с этим точка S на диаграмме Fe-Fe₃C понижается или повышается и одновременно сдвигается влево. Следовательно, при введении легирующих элементов происходит смещение равновесных точек на диаграмме Fe-Fe₃C.

При наличии карбидообразующих элементов кривая изотермического распада не сохраняет свой обычный C-образный вид, а становится как бы двойной C-образной кривой. На такой кривой наблюдаются две зоны минимальной устойчивости аустенита и между ними - зона максимальной устойчивости аустенита. Верхняя зона минимальной устойчивости аустенита расположена в интервале температур 600 - 650°C . В этой зоне происходит распад переохлажденного аустенита с образованием феррито-цементитной смеси.



Нижняя зона минимальной устойчивости аустенита расположена в интервале температур 300 - 400°C. В этой зоне происходит распад переохлажденного аустенита с образованием игольчатого троостита.

Микроструктура игольчатого троостита

Необходимо иметь в виду, что карбидообразующие элементы только в том случае повышают устойчивость аустенита, если они растворены в аустените. Если же карбиды находятся вне раствора в виде обособленных карбидов, то аустенит, наоборот, становится менее устойчивым. Это объясняется тем, что карбиды являются центрами кристаллизации, а также тем, что наличие нерастворенных карбидов приводит к обеднению аустенита легирующим элементом и углеродом.

При большом содержании хрома в стали находятся специальные карбиды хрома. Твердость такой стали при нагревании до более высокой температуры 400 - 450°C почти не изменяется. При нагревании до более высокой температуры (450 - 500°C) происходит повышение твердости.

2. Выбор вида термической обработки.

Сталь 25ХНР поставляется заказчику в горячекатаном состоянии. После прокатки сталь охлаждают на воздухе. Структура - мелкозернистый перлит и феррит. Твёрдость – НВ 2050...2150. Механическая обработка резаньем стали такой структуры и твёрдостью очень затруднена. С целью улучшения обрабатываемости и подготовки структуры к окончательной термической обработке сталь подвергают предварительной термической обработке.

4. Режим операций предварительной и окончательной термообработки деталей (температура нагрева и микроструктура в нагретом состоянии, охлаждающая среда).

Последовательность операций обработки червяк руля, изготовленного из стали 25 ХНР:

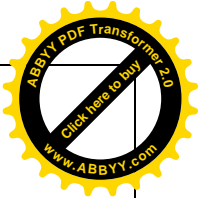
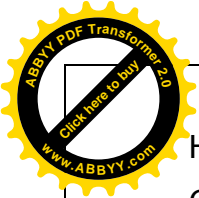
Отжиг - цементация - механическая обработка - закалка отпуск - механическая обработка;

Способ предварительной термической обработки выбирается в зависимости от марки стали. Для заготовки из стали 25ХНР выбираем изотермический отжиг. Отжиг состоит в нагреве до определённой температуры с последующей выдержкой и медленным охлаждением в печи для получения равновесной, менее твёрдой структуры, свободной от остаточных напряжений.

Температура нагрева для отжига рассчитывается по формуле:

$$t_n = AC_3 + (30...50) \text{ } ^\circ\text{C} = 830 + (30...50) \text{ } ^\circ\text{C} = 860...880 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Отжиг производится в следующей последовательности:



Нагрев до температуры 860...880`C;

Сравнительно быстрое охлаждение до 615...635`C;

Выдержка. Время изотермической выдержки определяем по справочнику. Для каждой стали свой график изотермического процесса;

Охлаждение на воздухе.

Окончательная термическая обработка:

Операция окончательной термической обработки выбираются в зависимости от технических требований к заданной детали. Так как по техническим требованиям необходима высокая твёрдость и контактная выносливость, выбираем, с учётом марки стали, следующие операции: цементация, закалка в масле и низкий отпуск. Цементацией называется процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стальных деталей углеродом.

Выбор последовательности всех операций термической обработки.

Назначаем последовательности всех операций изготовления вала первичной коробки передач (от проката до готового изделия). Последовательность операций изображается графически с указанием номера операции в общем техническом процессе изготовления детали.

Назначение режимов окончательной термической обработки.

Температура нагрева рассчитаем по формуле:

$$t_n = AC_3 + (30...50) \text{ } ^\circ\text{C} = 830 + (30...50) \text{ } ^\circ\text{C} = 860...880^\circ\text{C}$$

Время выдержки. Учитывая, что при газовой цементации цементированный слой толщиной 1 мм образуется за 6 - 7 часов, примем время выдержки равное 10 - 12 часам.

3) В качестве закаливающей среды выбираем масло трансформаторное, температурой 170`C.

4) Температура нагрева при отпуске: $t_n = 180^\circ\text{C}$

5) Продолжение отпуска: 1,5-2 часа.

Окончательная структура после термической обработки - мартенсит отпуска с включениями глобулярных карбидов, сердцевина - сорбит, тростит.

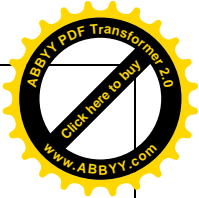
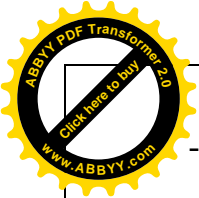
Механические свойства 25ХНР после термической обработки: Твёрдость поверхности - HRC58...63, сердцевины - HRC35...45.

$$\sigma_b = 1080\text{МПа}; \sigma_T = 1080\text{МПа}; \delta = 10\%; KCU = 78 \text{ Дж/см}^2$$

Для отжига - закалочная печь с защитной атмосферой.

Микроструктура мартенсита

Механические свойства стали после термической обработки:



- Твердость HRC 56-62 (пов.), HRC 36-46 (серд.)

- Предельная прочность (σ_B) равна 578 Н/мм²;

Использованная литература.

3.4. Выбор основного оборудования для термической обработки. Техническая инструкция на оборудование

При выборе печей для нагрева деталей необходимо учитывать выполнимость разработанной технологии и возможность максимальной автоматизации и механизации процесса обработки. Технологический процесс термического упрочнения содержит комплекс операций, различных по своим характеристикам. Это укладка деталей на поддон или конвейер, загрузка деталей в печь и нагрев до заданной температуры с регламентированной скоростью нагрева, выдержка, передача деталей или садки на охлаждение, собственно процесс охлаждения, передача на последующие операции мойки, отпуска и др. Следовательно, технологические требования определяют метод и объем загрузки деталей в печь, температурный режим, состав газовой атмосферы и её углеродный потенциал, давление газа в печном пространстве, расход отдельных газов и порядок обмена атмосферы в печи, среду охлаждения и промывки деталей общее время процесса

Общим требованием современного печного оборудования являются:

интенсивное нагревание деталей с минимальным временем для вывода на рабочую температуру;

обеспечение температуры с минимальным колебанием в рабочей зоне;

внедрение методического нагрева, наиболее соответствующего непрерывно-поточному производству.

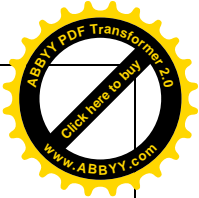
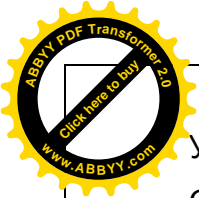
В курсовом проекте решаются вопросы выбора основного оборудования, объясняют преимущества и недостатки приводят эскиз выбранного оборудования и основные технические характеристики.

3.5. Техническая инструкция на оборудование

Марка печи.

Эскиз печи с указанием размеров рабочего пространства и габаритных размеров печи.

Максимальная температура.



Установленная мощность.

Схема автоматического регулирования температуры печи.

Характер печной атмосферы, в которой происходит нагрев деталей или заготовок; если требуется специальная защитная атмосфера, то желательный состав, а также возможный источник получения защитного газа.

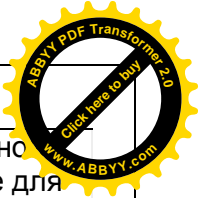
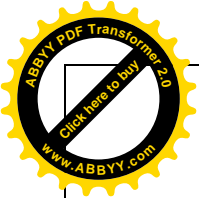
Характер загрузки и выдачи деталей (штучная или массовая).

Характер работы печи непрерывный ли периодический

Вид энергии для нагрева

3.6. Типовые детали и применяемые стали

Углеродистая сталь обыкновенного качества	
Ст0	Для второстепенных элементов конструкций и неответственных деталей: настилы, арматура, шайбы, перила, кожухи, обшивки и др.
Ст2кп Ст2пс Ст2сп	Неответственные детали, требующие повышенной пластичности, малонагруженные элементы сварных конструкций, работающие при постоянных нагрузках и положительных температурах.
Ст3кп	Для второстепенных и малонагруженных элементов сварных и несварных конструкций, работающих в интервале температур от -10 до 400 град С.
Ст3пс Ст3сп	Несущие и не несущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах. Фасонный и листовой прокат (5 категории) толщиной до 10 мм для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках в интервале от -40 до +425 град С для Ст3пс и толщиной до 25 мм для Ст3сп. Ст3пс при толщине проката от 10 до 25 мм для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках в интервале от -40 до +425 град С при условии поставки с гарантируемой свариваемостью. Ст3сп при толщине проката свыше 25 мм для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках в интервале от -40 до +425 град С при условии поставки с гарантируемой свариваемостью.
Ст3Гпс	Фасонный и листовой прокат толщиной от 10 до 36 мм для несущих элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках в интервале от -40 до +425 град С и для элементов сварных конструкций, работающих при переменных нагрузках в интервале от -40 до +425 град С при гарантируемой свариваемости.
Ст4кп	Сварные, клепанные и болтовые конструкции повышенной прочности в виде сортового, фасонного и листового проката, а также для малонагруженных деталей.



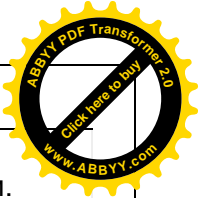
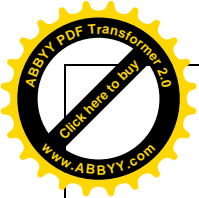
Ст4пс	Сварные, клепанные и болтовые конструкции повышенной прочности в виде сортового и листового проката, а также для малонагруженных деталей типа валов, осей, втулок и др.
Ст5пс Ст5сп	Детали клепанных конструкций, болты, гайки, ручки, тяги, ходовые валики, втулки, цапфы, рычаги, упоры, штыри, пальцы, стержни, звездочки, трубчатые решетки, фланцы и другие детали, работающие в интервале от 0 до +425 град С; поковки сечением до 800 мм.
Ст6пс	Для деталей повышенной прочности: осей, валов, пальцев, поршней и т.д.
Ст6сп	Для деталей повышенной прочности: осей, валов, пальцев и других деталей в термообработанном состоянии, а также для стержневой арматуры периодического профиля.

Углеродистая качественная конструкционная сталь

08кп, 10	Детали, изготавливаемые холодной штамповкой и холодной высадкой, трубки, прокладки, крепеж, колпачки. Цементируемые и цианируемые детали, не требующие высокой прочности сердцевин (втулки, валики, упоры, копиры, зубчатые колеса, фрикционные диски)
15, 20	Малонагруженные детали (валики, пальцы, упоры, копиры, оси, шестерни). Тонкие детали, работающие на истирание, рычаги, крюки, траверсы, вкладыши, болты, стяжки и др.
30, 35	Детали, испытывающие небольшие напряжения (оси, шпиндели, звездочки, тяги, траверсы, рычаги, диски, валы)
40, 45	Детали, от которых требуется повышенная прочность (коленчатые валы, шатуны, зубчатые венцы, распределительные валы, маховики, зубчатые колеса, шпильки, храповики, плунжеры, шпиндели, фрикционные диски, оси, муфты, зубчатые рейки, прокатные валки и др.)
50, 55	Зубчатые колеса, прокатные валки, штоки, бандажи, валы, эксцентрики, малонагруженные пружины и рессоры и др. Применяют после закалки с высоким отпуском и в нормализованном состоянии
60	Детали с высокими прочностными и упругими свойствами (прокатные валки, эксцентрики, шпиндели, пружинные кольца, пружины и диски сцепления, пружины амортизаторов). Применяют после закалки или после нормализации (крупные детали)

Низколегированная тонколистовая и широкополосная универсальная сталь

09Г2	Для деталей сварных конструкций, изготавливаемых из листов. Обработывается резанием удовлетворительно
09Г2С	Для паровых котлов, аппаратов и емкостей, работающих под давлением при температуре -70 - +450 °С; для ответственных листовых сварных конструкций в химическом и нефтяном машиностроении, судостроении. Хорошо свариваются. Обработываются резанием удовлетворительно
10ХСНД	Для сварных конструкций химического машиностроения, фасонных профилей в судостроении, вагоностроении
15ХСНД	Для деталей вагонов, строительных свай, сложных профилей в судостроении. Обладает повышенной коррозионной стойкостью



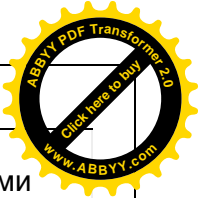
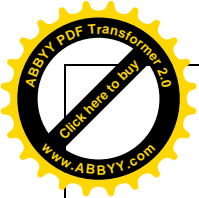
15ГФ	Для листовых сварных конструкций в вагоностроении. Обеспечивает высокое качество сварного шва. Штампуемость удовлетворительная
------	--

Легированная конструкционная сталь

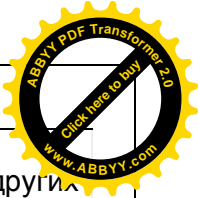
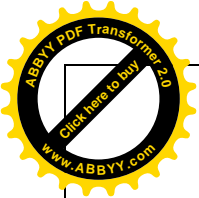
15Х	Пальцы поршневые, валы распределительные, толкатели, крестовины карданов, клапаны, мелкие детали, работающие в условиях износа при трении. Хорошо цементируется
20Х	Кулачковые муфты, втулки, шпиндели, направляющие планки, плунжеры, оправки, копиры, шлицевые валики и др.
40Х	Для деталей, работающих на средних скоростях при средних давлениях (зубчатые колеса, шпиндели и валы в подшипниках качения, червячные валы)
45Х, 50Х	Для крупных деталей, работающих на средних скоростях при небольших давлениях (зубчатые колеса, шпиндели, валы в подшипниках качения, червячные и шлицевые валы). Обладают высокой прочностью и вязкостью
38ХА	Для зубчатых колес, работающих на средних скоростях при средних давлениях
50Г2	Для крупных малонагруженных деталей (шпиндели, валы, зубчатые колеса тяжелых станков)
18ХГТ	Для деталей, работающих на больших скоростях при высоких давлениях и ударных нагрузках (зубчатые колеса, шпиндели, кулачковые муфты, втулки и др.)
20ХГР	Для тяжело нагруженных деталей, работающих при больших скоростях и ударных нагрузках
15ХФ	Для некрупных деталей, подвергаемых цементации и закалке с низким отпускком (зубчатые колеса, поршневые пальцы и др.)
40ХС	Для мелких деталей высокой прочности
40ХФА	Для ответственных высокопрочных деталей, подвергаемых закалке и высокому отпуску; для средних и мелких деталей сложной конфигурации, работающих в условиях износа (рычаги, толкатели); для ответственных сварных конструкций, работающих при знакопеременных нагрузках
35ХМ	Для валов, деталей турбин и крепежа, работающих при повышенной температуре
45ХН, 50ХН	Аналогично применению стали 40Х, но для деталей больших размеров

Коррозионностойкие стали и сплавы

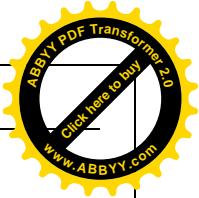
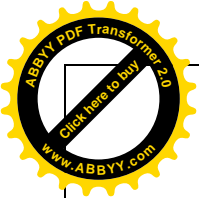
20Х13, 08Х13, 12Х13, 25Х13Н2	Для деталей с повышенной пластичностью, подвергающихся ударным нагрузкам; деталей, работающих в слабоагрессивных средах
30Х13, 40Х13, 08Х18Т1	Для деталей с повышенной твердостью; режущий, измерительный, хирургический инструмент, клапанные пластины компрессоров и др. (у стали 08Х18Т1 лучше штампуемость)
06ХН28МТ	Для сварных конструкций, работающих в средне агрессивных средах (горячая фосфорная кислота, серная кислота до 10% и др.)



14X17H2	Для различных деталей химической и авиационной промышленности Обладает высокими технологическими свойствами
95X18	Для деталей высокой твердости, работающих в условиях износа
08X17T	Рекомендуется в качестве заменителя стали 12X18H10T для конструкций, не подвергающихся ударным воздействиям при температуре эксплуатации не ниже - 20 °С
15X25T, 15X28	Аналогично стали 08X17T, но для деталей, работающих в более агрессивных средах при температурах от - 20 до 400 °С (15X28 - для сплав со стеклом)
20X13H4Г9, 10X14АГ15, 10X14Г14НЗ,	Заменитель сталей 12X18H9, 17X18H9 для сварных конструкций
09X15H8Ю, 07X16H6	Для высокопрочных изделий, упругих элементов; сталь 09X15H8Ю - для уксуснокислых и солевых сред
08X17H5M3	Для деталей, работающих в сернокислых средах
20X17H2	Для высокопрочных тяжелонагруженных деталей, работающих на истирание и удар в слабоагрессивных средах
10X14Г14H4Т	Заменитель стали 12X18H10T для деталей, работающих в слабоагрессивных средах, а также при температурах до 196 °С
12X17Г9АН4, 15X17АГ14 03X16H15M3Б, 03X16H15M3	Для деталей, работающих в атмосферных условиях (заменитель сталей 12X18H9, 12X18H10T) Для сварных конструкций, работающих в кипящей фосфорной, серной, 10 %-ной уксусной кислоте
15X18H12C4ТЮ	Для сварных изделий, работающих в воздушной и агрессивной средах, в концентрированной азотной кислоте
08X10H20T2	Немагнитная сталь для деталей, работающих в морской воде
04X18H10, 03X18H11, 03X18H12, 08X18H10, 12X18H9, 12X18H12Т, 08X18H12Т, 06X18H11	Для деталей, работающих в азотной кислоте при повышенных температурах
12X18H10Т, 12X18H9Т, 06ХН28МДТ, 03ХН28МДТ	Для сварных конструкций в разных отраслях промышленности Для сварных конструкций, работающих при температуре до 80 °С в серной кислоте различных концентраций (не рекомендуются 55 %-я уксусная и фосфорная кислоты)
09X16H4Б	Для высокопрочных штамповых конструкций и деталей, работающих в контакте с агрессивными средами
07X21Г7АН5	Для сварных конструкций, работающих при температурах до - 253 °С и в средах средней агрессивности
03X21H21M4ГБ	Для сварных конструкций, работающих в горячей фосфорной кислоте, серной кислоте низких концентраций при температуре не выше 80 °С, азотной кислоте при температуре до 95 °С
ХН65МВ	Для сварных конструкций, работающих при высоких температурах в серно- и солянокислых растворах, в уксусной кислоте



H70MФ	Для сварных конструкций, работающих при высоких температурах в соляной, серной, фосфорной кислотах и других средах восстановительного характера
Инструментальная нелегированная сталь различных марок	
У7, У7А	Для обработки дерева: топоров, колунов, стамесок, долот. Для пневматических инструментов небольших размеров: зубил, обжимок, бойков. Для кузнечных штампов. Для игольной проволоки. Для слесарно-монтажных инструментов: молотков, кувалд, бородок, отверток, комбинированных плоскогубцев, острогубцев, боковых кусачек и др.
У8, У8А, У8Г, У8ГА, У9, У9А	Для изготовления инструментов, работающих в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки. Для обработки дерева: фрез, зенковок, поволоков, топоров, стамесок, долот, пил продольных и дисковых. Для накатных роликов, плит и стержней для форм литья под давлением оловянно-свинцовистых сплавов. Для слесарно-монтажных инструментов: обжимок для заклепок, кернеров, бородок, отверток, комбинированных плоскогубцев, острогубцев, боковых кусачек. Для калибров простой формы и пониженных классов точности. Для холоднокатаной термообработанной ленты толщиной от 2,5 до 0,02 мм, предназначенной для изготовления плоских и витых пружин и пружинящих деталей сложной конфигурации, клапанов, щупов, берд, ламелей двоильных ножей, конструкционных мелких деталей, в т. ч. для часов и т. д.
У10А, У12А	Для сердечников.
У10, У10А	Для игольной проволоки.
У10, У10А, У11, У11А	Для изготовления инструментов, работающих в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки. Для обработки дерева: пил ручных поперечных и столярных, пил машинных столярных, сверл спиральных. Для штампов холоднел штамповки (вытяжных, высадочных, обрезных и вырубных) небольших размеров и без резких переходов по сечению. Для калибров простой формы и пониженных классов точности. Для накатных роликов, напильников, шаберов слесарных и др. Для напильников, шаберов. Для холоднокатаной термообработанной ленты толщиной от 2,5 до 0,02 мм, предназначенной для изготовления плоских и витых пружин и пружинящих деталей сложной конфигурации, клапанов, щупов, берд, ламелей двоильных ножей, конструкционных мелких деталей, в т. ч. для часов и т. д.
У12, У12А	Для метчиков ручных, напильников, шаберов слесарных. Штампов для холодной штамповки обрезных и вырубных небольших размеров и без переходов по сечению, холодновысадочных пуансонов и штемпелей мелких размеров, калибров простой формы и пониженных классов точности.
У13, У13А	Для инструментов с пониженной износостойкостью при умеренных и значительных удельных давлениях (без разогрева режущей кромки); напильников, бритвенных лезвий и ножей, острых хирургических инструментов, шаберов, гравировальных инструментов.



Рессорно-пружинная сталь

60C2, 60C2A	Для рессор из полосовой стали толщиной 3 - 16 мм и пружинной ленты толщиной 0,08 - 3 мм; для витых пружин из проволоки диаметром 3 - 16 мм. Обрабатываются резанием плохо. Максимальная температура эксплуатации 250 °С
70C3A	Для тяжело нагруженных пружин ответственного назначения. Сталь склонна к графитизации
50ХГ, 50ХГА	Для рессор из полосовой стали толщиной 3 - 18 мм. Обрабатывается резанием плохо
50ХФА, 50ХГФА	Для ответственных пружин и рессор, работающих при повышенной температуре (до 300 °С); для пружин, подвергаемых многократным переменным нагрузкам
60C2ХА	Для крупных высоконагруженных пружин и рессор ответственного назначения
60C2Н2А, 65C2ВА	Для ответственных высоконагруженных пружин и рессор, изготавливаемых из калиброванной стали и пружинной ленты

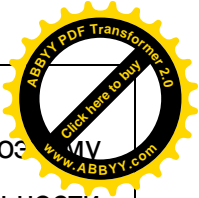
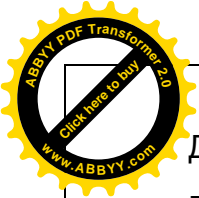
Электротехническая тонколистовая сталь

1211, 1212, 1213, 22110	Для якорей и полюсов электрических машин постоянного тока, для роторов и статоров асинхронных двигателей промышленной частоты мощностью до 100 кВт, для магнитопроводов приборов. Пластичность высокая
1311, 1312	Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью от 100 до 400 кВт. Пластичность хорошая
1411, 1412, 2411	Для роторов и статоров асинхронных двигателей мощностью 400 - 1000 кВт, маломощных силовых трансформаторов, для двигателей повышенной частоты. Пластичность удовлетворительная

Типовые детали машин и механизмов, подвергаемые объемной закалке на машиностроительных заводах, а также применяемые стали, и требуемая твердость приведены в таблице 3. Анализ представленной номенклатуры деталей показывает, что с точки зрения условий работы упрочняемые детали можно условно разделить на три группы.

К первой группе относят детали, работающие в условиях трения качения. Материал и термическая обработка этих деталей должны обеспечивать высокое сопротивление износу и контактным нагрузкам в условиях статического или циклического их действия, твердости поверхности не менее 58 HRC и в большинстве случаев высокую твердость по всему сечению, т.е. сквозную прокаливаемость.

Ко второй группе относят детали, работающие в условиях трения скольжения. Материал и термическая обработка таких деталей должна обеспечивать высокое сопротивление износу, в том числе абразивному. Сквозная прокаливаемость для деталей этой группы, как правило, не требуется, однако получение высокой поверхностной твердости необходимо.

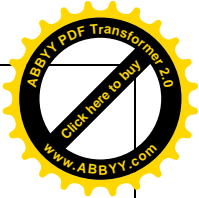
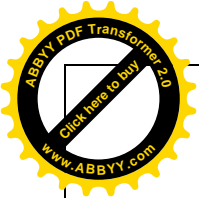


Детали первой и второй группы обычно изготавливают с высокой точностью, после термической обработки их подвергают шлифованию. Сохранение стабильности размеров и формы деталей в эксплуатации является дополнительным требованием, которое предъявляется к материалу и термической обработке деталей указанных двух групп. Большинство этих деталей изготавливают из высокоуглеродистых или легированных сталей.

К третьей группе относятся детали, которые изготавливают из легированных и нелегированных конструкционных сталей с содержанием углерода 0,4 - 0,5 %. Материал и термическая обработка таких деталей должны обеспечивать достаточное сопротивление повышенным статическим, циклическим и динамическим нагрузкам, а также некоторое повышение износостойкости. Детали этой группы обрабатываются на твердость в пределах 40-54 HRC. Указанная твердость должна быть получена главным образом на поверхности и некоторых случаях (например, для валов) по всему сечению.

Таблица 3 Типовые детали машин, подвергаемые объемной закалке

Группа деталей	Требования, предъявляемые к деталям машин		Наименование деталей	Применяемые стали
	По условиям работы	По твердости (HRC*)		
1.	Высокое сопротивление износу и контактными нагрузкам. Стабильность формы и размеров при эксплуатации.	62-66	Детали подшипников: шарики, кольца, ролики	ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ
		58-60	Накладные направляющие качения металлорежущих станков и другого оборудования	ШХ15, 7ХГ2ВМ
		58-60	Ролики толкателей, ходовые винты пар качения металлорежущих станков и другого оборудования	ХВГ, 7ХГ2ВМ, ШХ15
2	Высокое сопротивление износу при трении скольжения в широком диапазоне температур. Стабильность формы и размеров при эксплуатации	58-60	Детали насосов: статоры, роторы, лопасти, клапаны, золотники, плунжеры и др.	ШХ15, 30Х13, 40Х13, Р18, 30Х13Н7С2, 8Х4В9Ф2-Ш
		58-60	Детали кузнечно-прессового оборудования: детали кулачковых механизмов, кулачковые ролики, кулачки, копиры, плунжеры, седла клапанов, цанги, делительные диски, опоры и др.	У8А, У10А, ШХ15, 9ХС, ХВГ, 7ХГ2ВМ

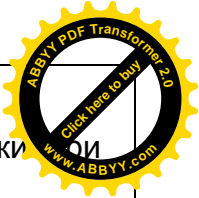
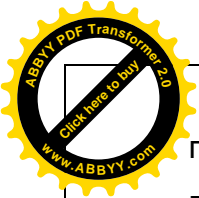


Группа деталей	Требования, предъявляемые к деталям машин		Наименование деталей	Применяемые стали
	По условиям работы	По твердости (HRC*)		
		58-60	Детали металлорежущих станков: направляющие втулки, накладные направляющие скольжения, втулки, упоры, кулачки, катки, опоры, червяки делительных пар, гайки передач – винт-гайка качения, нагруженные валы и др.	ШХ15, ШХ15СГ, ХВГ, ХВГС, 9ХС
		54-58	Винты передач скольжения в металлорежущих станках и др.	ХВГ
		40-50	Крепежные детали: болты, шпильки, гайки и др.	35, 45, 40Х, 40ХФА, 35ХМА, 35ХГСА, 50ХН
3	Повышенное сопротивление износу, статическим, динамическим и циклическим нагрузкам	45-53	Валы, цилиндры, штоки, шатуны, оси, валики, кулаки, копиры, вилки, направляющие, червячные и кулачковые муфты, эксцентрики, шпиндели, и др.	40ХН, 40ХН2МФ, 38Х2Н2МА, 40Р, 40ХН2МА
		40-56	Шпиндели, гильзы, червяки, втулки, толкатели, рычаги, рейки, валы, разные оси, вилки, штоки, плунжеры, зубчатые колеса точных кинематических передач и др.	45, 40Х, 50Х, 40ХН, 50ХН, 40ХГТР

*) Для каждой конкретного наименования детали разброс твердости задается в пределах 3...5 единиц HRC

3.7. Практика термической обработки режущего инструмента

Термическая обработка резцов. Нагрев под закалку осуществляется в газовых печах. Рабочая часть печи представляет собой ряд окон, в которые помещают резцы. Сначала резец подогревают в одном окне до температуры 860 - 880°С, а затем переносят в другое окно для нагрева до 1280° С. Охлаждение резцов в масле или в струе сжатого воздуха и отпуск их при 560° С производятся в соляной ванне или в



печи. В зависимости от профиля и формы сечения резца время выдержки подогреть и при оптимальной температуре закалки различное.

Процесс закалки наплавных резцов можно сочетать с процессом наплавки. Наплавка производится в печи при 560 - 600° С. После наплавки инструмент извлекают из печи и охлаждают на воздухе до 100° С, затем подвергают двух-, трехкратному отпуску при температуре 600 - 625° С.

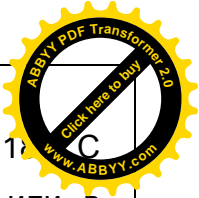
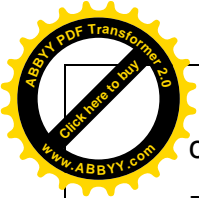
При изготовлении резцов с паяными быстрорежущими пластинками процесс закалки совмещают с процессом пайки. Вначале резец нагревают до температуры 800 - 850° С, а затем вынимают из печи и посыпают припоем, смешанным с бурой, и вновь нагревают до температуры закалки. После выдержки в печи резец охлаждают на воздухе до 1000 - 1050° С, а затем в масле до 100 - 150° С. Дальнейшее охлаждение производят на воздухе.

Термическая обработка сверл. Сверла в основном изготавливаются составными, т. е. рабочая часть сверла выполняется из стали Р6М5К5, а хвостовая - из конструкционной стали. Перед механической обработкой сваренная встык заготовка сверла проходит отжиг и после механической обработки подвергается закалке и отпуску.

Нагрев сварных быстрорежущих сверл производят в соляных ваннах. Удобнее пользоваться соляными ваннами, имеющими несколько тиглей. В первой ванне сверла подогреть до температуры 600 - 650° С, затем их переносят во вторую ванну, подогреть до 800 - 850° С и окончательно нагревают до температуры закалки 1260 - 1280°С в третьей ванне. После выдержки при температуре закалки сверла охлаждают в масле (при 90 - 140° С) до температуры 200 - 250°С или в соляной ванне до 500 - 550° С с последующим охлаждением на воздухе. Отпуск производится в шахтных печах с принудительной циркуляцией воздуха при температуре 550 - 570° С.

Процесс улучшения хвостовой части сверла заключается в погружении хвостовика в соляную ванну (820 - 840° С) и после выдержки и охлаждения в 5-процентном растворе NaCl до температуры 150 - 200° С, а затем на воздухе. После закалки хвостовик отпускают в соляной ванне при 450 - 500° С. Твердость рабочей части сверла диаметром до 5 мм должна быть HRC 62 - 64, диаметром более 5 мм - HRC 62 - 65. Твердость хвостовика - HRC 30 - 45.

Сверла из легированной и углеродистой стали лучше всего нагревать в соляной ванне, охлаждать в селитровой или масляной ванне до температуры 150 - 180° С, а затем на воздухе. Отпуск сверл, изготовленных из различных марок легированных



сталей, кроме стали 9ХС, производят в масляной ванне при температуре 150 - 180° С в течение 1 - 2 ч. Сверла из стали 9ХС отпускают в масляной ванне или в электропечах при температуре 180 - 220° С в течение 1,5 - 2 ч. Сверла из углеродистой стали охлаждают в воде до температуры 150 - 200° С, а затем переносят в масло. Сверла диаметром до 8 - 10 мм охлаждают в масле, а отпускают в масляной ванне до 150 - 180° С в течение 1,5 - 2 ч. Твердость рабочей части сверл из легированной и углеродистой сталей диаметром до 10 мм должна быть HRC 59 - 63 и свыше 10 мм - HRC 61 - 64.

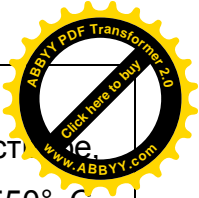
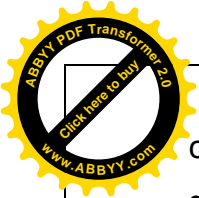
Термическая обработка метчиков. Метчики изготавливаются из углеродистых сталей У12А и У10А, из легированных - ХВГ, 9ХС и ХГ и из быстрорежущих..

Нагрев метчиков под закалку производят в соляной ванне. Это необходимо для того, чтобы закалить поверхностные слои, а сердцевину оставить вязкой. При таком способе закалки уменьшается деформация резьбы и увеличивается стойкость метчика. Быстрорежущие метчики нагревают с одним, а иногда и с двумя подогревами: первый - при температуре 400 - 450°С, а второй - при 800 - 850° С. Охлаждение производят в селитровой ванне с температурой 450 - 400° С или в масле при 150 - 200°С с последующим охлаждением на воздухе. Метчики охлаждают погружением их в селитровую или масляную ванну в вертикальном положении, при этом надо делать движения по кругу одновременно вверх и вниз. Можно охлаждать метчики и погружением их в ванну в обратном направлении, т. е. рабочей частью метчика вверх.

Метчики из углеродистой стали диаметром до 8 мм следует охлаждать в масле, а свыше 8 мм - в воде (до потемнения) с переносом в масло. Отпуск метчиков осуществляется в масляной ванне при температуре 150 - 180° С в течение 1 - 2 ч. Твердость контролируется тарированным напильником. Твердость режущей части быстрорежущих метчиков должна составлять HRC 61 - 64, углеродистых и легированных диаметром от 1 до 6 мм - HRC 57 - 60, диаметром от 7 до 15 мм - HRC 58 - 62 и диаметром свыше 15 мм - HRC 59 - 63.

Термическая обработка зенкеров. Рабочая часть зенкера из быстрорежущей стали термически обрабатывается на твердость HRC 62 - 64, а хвостовая часть - на твердость HRC 30 - 45.

Порядок операций и наименование применяемого оборудования при термической обработке хвостовика зенкера, изготовленного из стали 45, следующие: первый подогрев в шахтной печи до температуры 120 - 130°С с выдержкой при этой температуре в течение 7 мин; окончательный нагрев в соляной ванне до 850 - 880° С



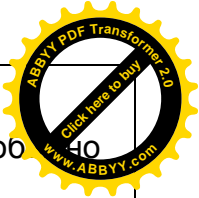
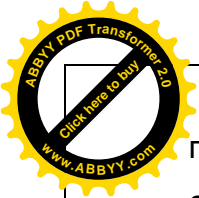
с выдержкой при этой температуре в течение 2 мин; охлаждение в водном растворе, затем на воздухе; нагрев в соляной ванне до температуры отпуска 450 - 550° С, выдержка при этой температуре от 3 до 6 сек, в зависимости от размеров зенкеров. Порядок операций и наименование применяемого оборудования при термической обработке сварного хвостовика зенкера, изготовленного из стали 45: первый подогрев в шахтной пламенной печи до 120 - 130°С с выдержкой при этой температуре в течение 7 мин.; окончательный нагрев в соляной ванне до 850 - 880°С с выдержкой при этой температуре в течение 2 мин; охлаждение в воде; нагрев в шахтной печи или в соляной ванне до 450 - 550°С, выдержка при этой температуре 6 сек в зависимости от размеров зенкера. После окончательной термической обработки производится контроль. Твердость рабочей части зенкера определяется тарированным напильником для всей партии инструментов. Инструменты диаметром менее 6 мм контролируются на твердость в количестве 10% от всей партии. Твердость хвостовой части определяется у 5 - 10% инструментов. Кривизна контролируется у 10% зенкеров. Качество отпуска проверяется магнитным методом у инструментов в количестве не менее 5 - 10%.

3.8. Основные операции термической обработки режущего инструмента

К основным операциям термической обработки режущих инструментов относятся: отжиг, нормализация, закалка и отпуск.

Отжиг. Эта операция применяется для снятия внутренних напряжений, снижения твердости и изменения структуры стали. В зависимости от того, какую цель преследует отжиг, устанавливают различные режимы его проведения: температуру и скорость нагрева, продолжительность выдержки, а также скорость охлаждения. Температура отжига углеродистой, легированной и высоколегированной стали принимается на 30 - 40°С выше точки A_{c1} . Происходят основные структурные изменения. При неполном отжиге, цель которого состоит в устранении внутренних напряжений, сталь с любым содержанием углерода нагревают до температуры 750 - 760° С.

Скорость нагрева при отжиге должна обеспечить равномерный нагрев всей садки. Для углеродистой и легированной сталей скорость нагрева не должна превышать 10



град/ч, а для быстрорежущих - 50 град/ч. Время выдержки при отжиге об составляет в камерных печах - 1 - 2 ч.

Охлаждение после отжига можно проводить по двум технологическим схемам:

непрерывное охлаждение с печью до 500°C со скоростью 50 град/ч для углеродистой и 30 град/ч - для легированной и быстрорежущей сталей; дальнейшее охлаждение проводится на воздухе и скорость его может быть любой; изотермическая выдержка в интервале перлитного превращения;

изотермическая выдержка часто производится на 160°C ниже A_{cm} ; практически изометрическая выдержка составляет 1 - 2 ч для углеродистой стали, 3 - 4 ч - для легированной и 3 - 8 ч - для быстрорежущей стали. После изотермической выдержки инструмент охлаждают до 500° С с печью, а далее на воздухе.

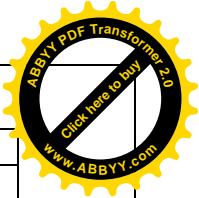
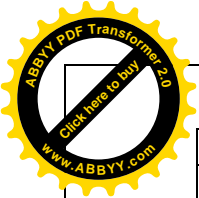
Режимы отжига по первой схеме приведены в табл. 4, а по второй - в табл. 100.

Таблица 4 Режимы отжига углеродистых, легированных и быстрорежущих сталей

Марка стали	Температура нагрева, °С	Способ охлаждения	Твердость, НВ
У7, У7А, У8, У8А, У8Г	740 - 760	С печью со скоростью 50 - 60° в час до 500 - 600° С, а затем на воздухе	187
У9, У9А, У10, У10А, У11, У11А, У12, У12А, У13, У13А	750 - 770		192 - 217
Х	780 - 800	До 400 - 500° С с печью по 30° в час, а затем на воздухе	229
Х05			187 -241
9Х			179 -217
ХГ, 9ХС			197 -241
ХВГ			207 -255
Р9Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2, Р9К5	840 - 860	До 650° С в печи, а затем на воздухе	207 -255
Р9КЮ, Р10К5Ф5, Р18К2Ф2			207 - 270

Таблица 5 Режимы изотермического отжига инструментальных сталей

Марка стали	Первый подогрев		Изотермическая выдержка		Твердость, НВ
	Температура, °С	Выдержк а, час.	Температура, °С	Выдержка, час.	



У9, У9А	750 - 770	1 - 2	600 - 650	1 - 2	170 - 187
У10, У10А	750 - 770	1 - 2	620 - 680	1 - 2	179 - 197
У12, У12А	750 - 790	1 - 2	640 - 680	1 - 2	187 - 207
Х	750 - 790	1 - 2	670 - 720	3 - 4	197 - 208
9ХС	790 - 810	1 - 2	700 - 730	3 - 4	196 - 241
ХВГ	770 - 790	1 - 2	680 - 700	3 - 4	207 - 225
Р9Ф5	860 - 880	1 - 2	740 - 760	6 - 8	241 - 250
Р10К5Ф5	860 - 880	1 - 2	740 - 760	6 - 8	241 - 255

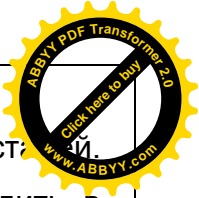
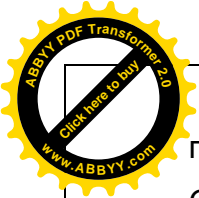
Улучшение заготовок. Для повышения режущих свойств фасонных инструментов, предназначенных для обработки твердых сталей, рекомендуется проводить предварительное улучшение заготовок по следующей технологии: закалка в масле с 1280° С для стали Р6М5К58 (после предварительной; механической обработки); нормализация с нагревом до 840 - 860° С; низкотемпературная закалка с 920 - 950° С в масле; отпуск при температуре 670 - 720° С с выдержкой 2 - 3 ч для достижения твердости HRC 33 - 37 и хорошей обрабатываемости при чистовой механической обработке. Так как процесс улучшения удорожает стоимость инструмента, рекомендуется выполнять его только на заготовках, забракованных в состоянии поставки по твердости и структуре

Закалка. Это наиболее ответственная операция термической обработки инструмента. Вместе с отпуском она определяет стойкость инструмента и обеспечивает заданную твердость, износостойкость, теплостойкость и прочность режущего инструмента. Основными условиями, влияющими на результаты закалки, являются температура окончательного нагрева и продолжительность выдержки.

Наиболее широкое распространение имеет нагрев в хлорбариевых ваннах, так как этот способ имеет следующие преимущества: интенсивность и равномерность нагрева; возможность местного нагрева инструмента; обработка длинного инструмента с минимальной деформацией; защита поверхности инструмента от окисления при нагреве. Составы солей, рекомендуемые режимы подогрева и окончательного нагрева при закалке инструментов приведены в таблице. Выбор среды для охлаждения зависит от марки стали, требуемой твердости, формы и размеров инструмента.

В табл. 102 приведены закалочные среды, рекомендуемые при термической обработке инструмента.

Отпуск. Основная цель отпуска инструмента состоит в снятии внутренних напряжений и превращении остаточного аустенита в мартенсит. В табл. 103



приведены режимы отпуска углеродистых и легированных инструментальных сталей.

Отпуск инструмента из углеродистой и легированной стали следует проводить в расплавленных солях (табл. 104), так как после отпуска в масле следует продолжительная операция обезжиривания, а отпуск в печах с воздушной атмосферой не обеспечивает однородной твердости.

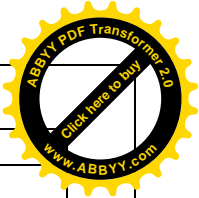
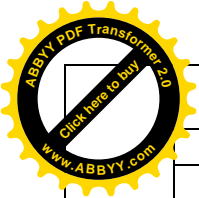
Лучший режим отпуска для быстрорежущих сталей - трехкратный с выдержкой по 1 ч. Если закалка инструмента проведена при нормальных условиях, превращение остаточного аустенита завершается в течение первых двух отпусков, а в процессе третьего отпуска происходит снятие напряжений во вновь образовавшемся мартенсите. После каждого отпуска охлаждение инструмента до температуры 20° С обязательно. Рекомендуемые режимы отпуска быстрорежущих сталей приведены в табл. 105.

Таблица 6 Составы некоторых солей, используемых для нагрева стали при термической обработке

Состав соли	Интервал рабочих температур, °С		Область применения
Хлористый барий BaCl ₂ , 100%	960	1000 - 1300	Для нагрева быстрорежущих сталей
Хлористый барий BaCl ₂ - Поваренная соль NaCl (78 – 22%)	620	750 - 900	Для нагрева инструментальных, углеродистых и легированных сталей
Хлористый калий KC1 - Поваренная соль NaCl (56 – 44%)	660	750 - 900	
Натриевая селитра NaNO ₃ - Калиевая селитра KNO ₃ (50 – 50%)	220	300 - 400	Для нагрева инструментальных
Натриевая селитра - Нитрит калия KN02 (50 – 50%)	150	160 - 300	Для низкого отпуска сталей

Таблица 7 Рекомендуемые среды нагрева при отпуске инструмента

Наименование стали	Среда нагрева	Температура, °С		Интервал рабочих температур при отпуске
		плавления	вспышки	
Углеродистая и легированная инструментальная	55% KN03 и 45% NaNO3	370	190	
	Масло индустриальное 45	337	310	
	Масло цилиндрическое 52 KN03			
Быстрорежущая				



				150-500 140-170
				400-600
	85% KNO ₃ и 15% NaOH	226	-	400-560
	NaOH	328	-	400-600
	Воздух	-	-	400-560
	Перегретый пар	-	-	500-560

Таблица 8 Режим отпуска быстрорежущих сталей

Марка стали	Температура нагрева при закалке, °С	Температура отпуска
P9Ф5	1230 - 1250	580 ± 5 - 600 ± 5
P18Ф2	1280 - 1290	580 ± 5 - 600 ± 5
P10K5Ф5	1220 - 1230	580 ± 5 - 600 ± 5

3.9. Режимы науглероживания и окончательная термообработка цементованных изделий.

Для получения нужной структуры и свойств в поверхностном слое (0,8 - 1,0% С) и в сердцевине (0,12 - 0,3% С) необходима двойная термическая обработка (рис. 1,а): 1-я закалка (или нормализация) от 850 - 900 °С; 2-я закалка от 750 - 800°С; отпуск при 150 - 170 °С.

Двойная термическая обработка - сложный технологический процесс, поэтому она применяется только в случаях особых требований к цементованным изделиям.

Если цементуются наследственно-мелкозернистые стали, у которых рост зерна аустенита при нагревании незначителен (и следовательно, не требуется улучшения структуры сердцевины), то можно применять одинарную закалку от температуры 820 - 850°С с последующим низкотемпературным отпуском при 150 - 170°С (рис. 1,б). Это режим применяется также для неответственных изделий из углеродистой природно-крупнозернистой стали.

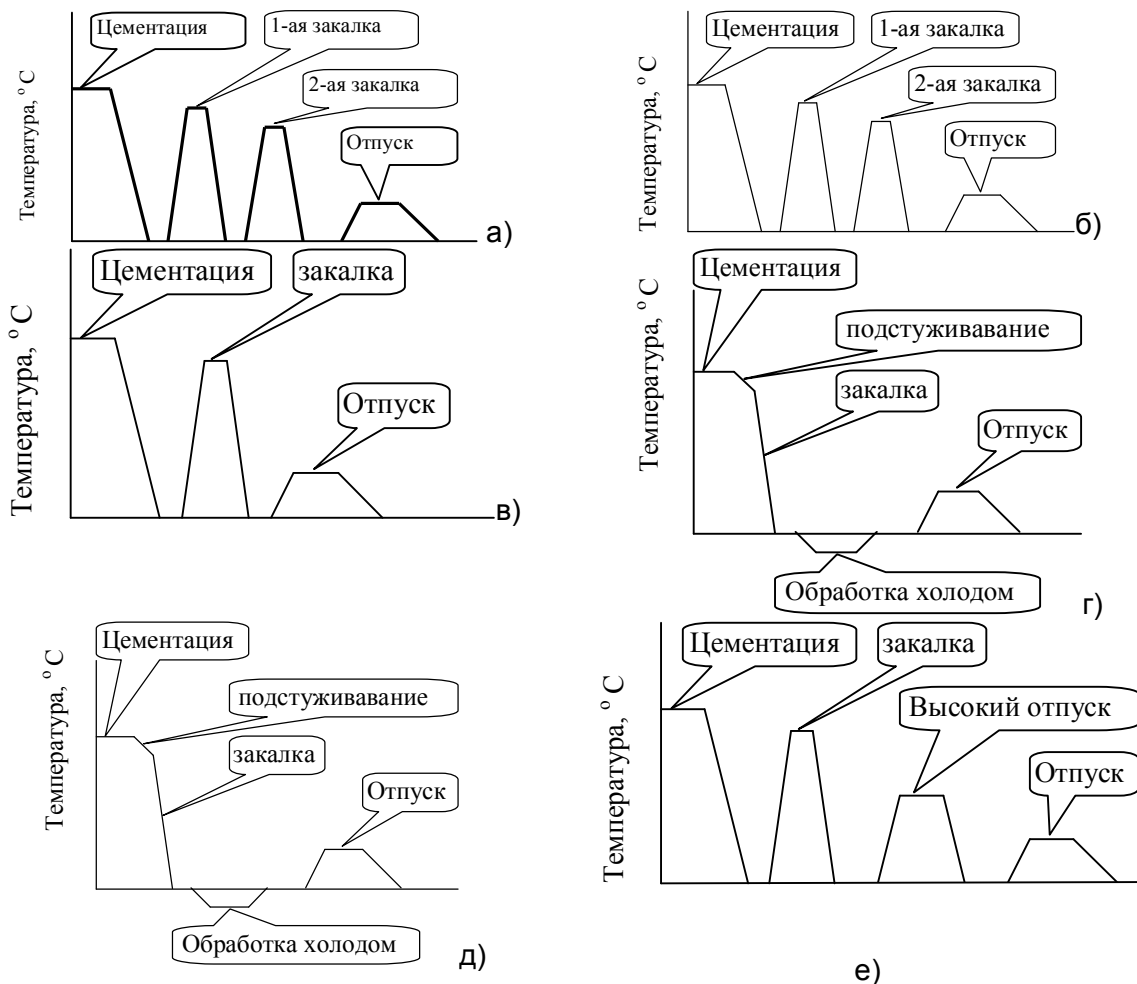
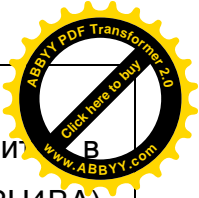
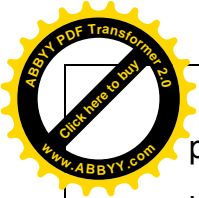


Рис. 2 Режимы термической обработки цементованных сталей

При газовой цементации деталей из наследственно-мелкозернистой стали с зерном № 6 - 8 (например, сталь 18ХГТ) широкое распространение получила непосредственная закалка из цементационной печи с предварительным подстуживанием. Этот способ является наиболее простым и экономичным. В зависимости от марки цементуемой стали температура подстуживания колеблется в пределах 780 - 840 оС. После закалки производится низкотемпературный отпуск (рис. 1, в).

Непосредственная закалка из газовой цементационной печи с предварительным подстуживанием имеет ряд преимуществ перед обычным процессом: отсутствуют окисление и обезуглероживание поверхностных слоев, снижается себестоимость термической обработки, облегчается совмещение всех операций в одном агрегате и механизация (автоматизация) всех процессов (цементации, закалки, отпуска).

Для уменьшения в цементованном слое количества остаточного аустенита рекомендуется обработка холодом после непосредственной закалки из газовой цементационной печи с подстуживанием (рис. 1, г) или после закалки при обычном



режиме (рис. 1, д). Для уменьшения количества остаточного аустенита в цементованном слое высоколегированной стали (типа 12Х2Н4А, 18Х2Н4ВА) рекомендуется перед закалкой проводить высокотемпературный отпуск при 600 - 640 °С (рис. 1, е), чтобы разложить остаточный аустенит в цементованном слое.

Азотирование и нитроцементация

3.10. Установление маршрутной технологии изготовления изделия

Первым вопросом при разработке технологического процесса термической обработки, является установление маршрутной технологии его изготовления, в которой указывается движение изделия по цехам и совершаемые операции.

Пример 1: маршрутная технология изготовления валков холодной прокатки.

Выплавка и разливка стали - сталеплавильный цех.

Ковка слитков - кузнечно-прессовый цех

Предварительная термическая обработка - термический цех или кузнечный цех

Грубая механическая обработка поковок - механический цех.

Термическая обработка - термический цех.

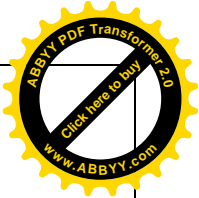
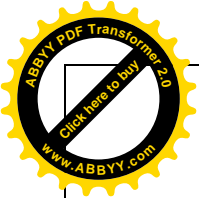
Механическая обработка заготовок - механический цех.

Термическая обработка валков - термический цех.

Окончательная механическая обработка валков - механический цех.

Окончательная термическая обработка валков - термический цех.

Пример 2: маршрутная технология изготовления детали из поковки.

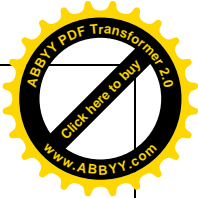
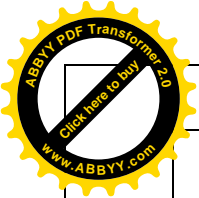


После установления маршрутной технологии приводится краткое описание тех операций, которые в проектируемом участке не предусмотрены, например, ковка, термическая обработка поковок и заготовок и др. Операции механической обработки вообще не описываются. Далее устанавливаются операции и режимы термической обработки, а также дополнительные и вспомогательные операции.

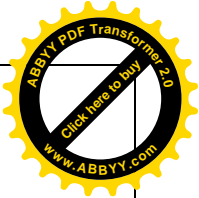
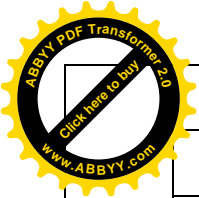
В таблице приведены схемы прохождения деталей по цехам (участкам).

Таблица 9 Схемы прохождения деталей по цехам (участкам)

Маршрут деталей ☼)	Факторы, определяющие назначение схемы	Объекты термической обработки (примерные)
К - Т1 - М - Сб Л - Т1 - М - Сб	Заданная твердость деталей $HV \leq 270 \dots 300$, позволяет производить последующую механическую обработку резанием. Отсутствие требований по поверхностному упрочнению деталей.	Штампованные траки тракторов, шатуны карбюраторных автомобильных и тракторных моторов, малонагруженные шестерни станков, вагонные оси и т.д.
К - Т1 - Сб Л - Т1 - Сб	Отсутствие механической обработки, любая заданная твердость детали	Рессоры, пружины горячей навивки, траки тракторов и другие детали, изготавливаемые из стали Г13.
К - Т1 - М - Т2 - М - Сб	Заданная твердость стали больше 270...300 НВ. Требования, предъявляемые в	Коленчатые и распределительные валы двигателей, тяжело нагруженные шестерни всех



	отношении свойств поверхностного слоя (цементация, азотирование и т.п.). Требования по механическим свойствам.	машин, шпиндели станков и др.
К - Т1 - М - ГП - Т2 - ГП - М - Сб	Требования местной защиты при химико-термической обработке (цементации, азотировании) гальваническим покрытием. Требования обезжиривания поверхности детали и последующего гальванического покрытия.	Валик водяного насоса двигателя, тяжело нагруженные шестерни со шлицевыми отверстиями, гильзы цилиндра двигателей (азотируемые) и т.п.
К - Т1 - М - Т2 - М - Т2 - М - Сб	Снятие припуска на механическую обработку после цементации, перед закалкой, при отсутствии защиты мест, не подлежащих цементации, например, высверливание отверстий, нарезание шлицев.	Поршневые кольца мотора, шестерни со шлицевыми отверстиями и т.п.
Т1 - М - Т2 - М - Сб	Поступление на завод-изготовитель заготовок, не обработанных термически (поковок или проката)	Гильзы цилиндра из трубной заготовки.
М - Т2 - М - Т2 - М - Сб	Аналогично схеме К-Т1-М-Т2-М-Сб, но при изготовлении деталей из пруткового материала.	
М - Т2 - М - Сб	Изготовление деталей из пруткового материала	Нормали: болты, шпонки, валы, валики, поршневые кольца.
М - Т2 - Сб	Отсутствие требований по чистоте поверхности.	Пальцы траков тракторов, нормали - болты, гайки, сухари, валики, втулки.
ХП - Т2 - ХП - Сб	Глубокая вытяжка - штамповка деталей из листового материала.	Корпус масляного фильтра мотора, фары автомобиля и др.
ХП - Т2 - Сб	Требуемая твердость не	



	менее 250НВ	
☼) Обозначения цехов (участков): К-кузнечный, Т1 и Т2 -термические, М - механический, Сб - сборочный, Л- литейный, ГП - гальванические покрытия, ХП - холоднопрессовый		

3.11. Установление операций и режимов термической обработки

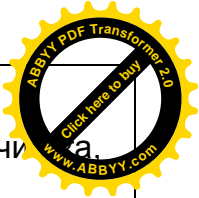
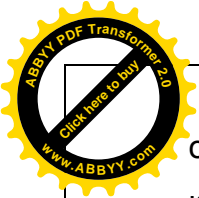
Операции термической обработки устанавливаются в зависимости от того, какими свойствами должно обладать изделие. Например, если изделие должно быть твердым и износостойким, то назначается закалка и низкотемпературный отпуск или цементация, закалка, отпуск. Если твердость изделия должна быть невысокой, то назначается нормализация и т.д. Место термической обработки в цикле изготовления изделия устанавливается в зависимости от требуемой твердости изделия.

В большинстве случаев в связи с тем, что твердость изделия должна высокой, термическая обработка проводится после механической обработки. Если же изделие должно обладать невысокой твердостью ($HB \leq 300$), термическая обработка проводится до механической, что является весьма целесообразным, так как дефекты, возникающие при термической обработке (окисление, обезуглероживание, деформация и др.), полностью удаляются при механической обработке, а размеры изделия выдерживаются по чертежу.

Следует выбирать современные, прогрессивные высокопроизводительные способы термической обработки - такие, например, как изотермическая обработка, светлая закалка, отжиг и закалка с использованием ковочных температур, газовая цементация с непосредственной закалкой и др.

Кроме операций термической обработки, должны быть предусмотрены вспомогательные операции - очистка изделий от окалины и масла, правка и конкретные операции - определение твердости, глубины слоя после химико-термической обработки и др.

Для отдельных и контрольных операций должно быть определено место в технологическом процессе, т.е. надо установить, после каких операций термической обработки необходимо проводить очистку, правку, определять твердость и т.д. Часто эти операции за весь технологический процесс повторяются дважды, например,



очистка изделия от масла после закалки перед отпуском и окончательная очи

контроль твердости после закалки и окончательно изготовленного изделия,

Для получения изделия с заданными свойствами необходимо разработать конкретный режим для всех операций термической обработки с точным установлением температуры нагрева для получения необходимой структуры; скорости (времени) нагрева, когда в изделии не возникают дефекты; времени выдержки, достаточной для того, чтобы изделия прогрелись и чтобы в них в нужной степени завершились внутренние превращения; скорости охлаждения (выбор охлаждающей среды), что является основным фактором для получения нужной структуры и свойств.

Все факторы, влияющие на результат термической обработки должны быть выбраны на основании практических норм и установлены в зависимости от вида материала, его химического состава, исходной структуры и необходимости получения определенной структуры после термической обработки, прокаливаемости, предрасположения к образованию внутренних напряжений и трещин; формы изделия (простая или сложная); необходимости получения поверхности определенного качества (например, путем применения безокислительного нагрева); сохранения первоначальных размеров (бездеформационная закалка); получения закаленного слоя определенной глубины (поверхностная закалка).

Ниже в качестве примера приведен технологический процесс термической обработки роликов крупногабаритных подшипников, изготовленных из стали 20X2H4A, с получением слоя 4 мм.

Входной контроль - оценка состояния поверхности, выборочный контроль геометрических размеров.

Промывка в 10%-ном растворе соды при 60...80°C с последующей промывкой в проточной воде и сушкой.

Цементация при 930...940°C, выдержка 104 часа, охлаждение в масле до 150°C.

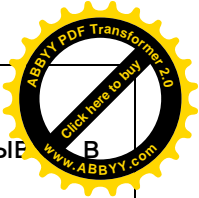
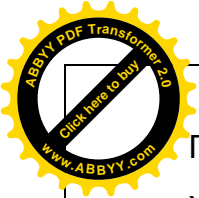
Контроль глубины слоя цементации и количества карбидов (каждые 24 часа, по свидетелям)

Двойной высокотемпературный отпуск при 580...600°C, продолжительностью по 15 часов каждый.

Окончательный контроль глубины слоя цементации.

Закалка от 800...820°C в масле с температурой 30...60°C.

Контроль твердости тарированным напильником.



Промывка в 10%-ном водном растворе соды при 60...80°C и затем промывка холодной проточной воде и сушкой.

Низкотемпературный отпуск при 160...180°C в течение 12 часов.

Контроль-осмотр на трещины методом магнитной дефектоскопии - 10%; проверка твердости тарированным напильником - 100% и на приборе ТК - 1%.

Шлифование.

Дополнительный низкотемпературный отпуск при 140...160°C в течение 8 часов.

График термической обработки роликов крупногабаритных подшипников приведен на рисунке:

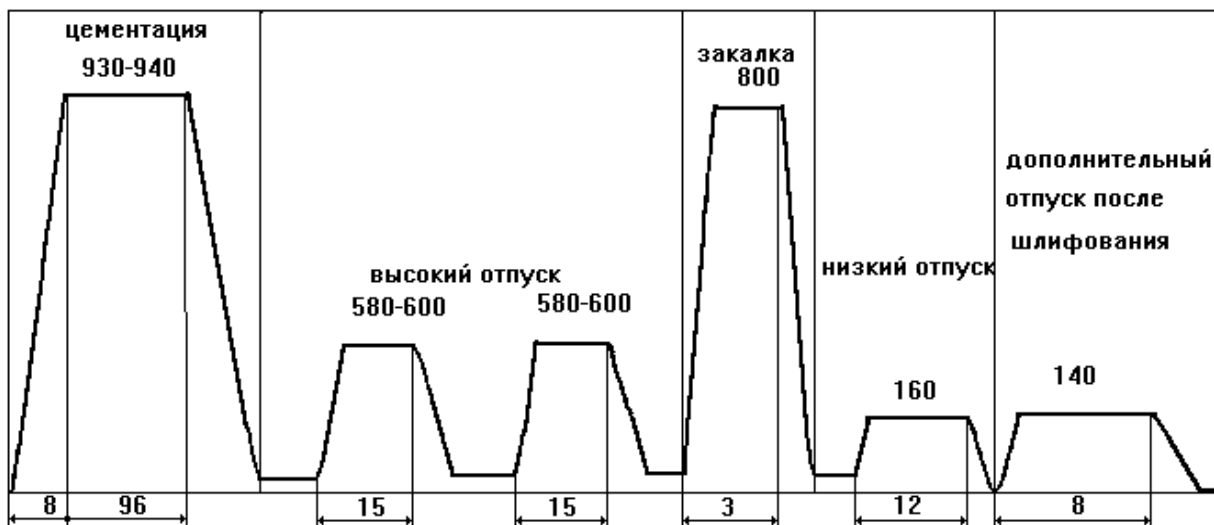
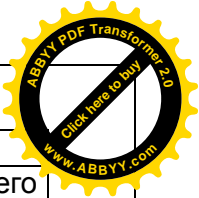
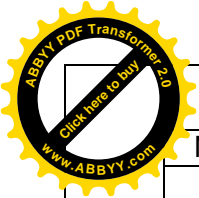


Таблица 10 Схемы технологических процессов термической обработки

№п.п.	Схема	Применение
1.	Отж. или Н - М	Для поковок или отливок из углеродистой стали при НВ≤200
2.	З - ОВ - М	Для поковок или отливок из легированной стали при НВ≤270...300
3.	Отж - или Н - З - ОВ - М	Для поковок сложной конфигурации крупногабаритных из среднеуглеродистой качественной стали при НВ≤270...300
4.	З	Для отливок (траков) из стали марки Г13
5.	Н - М - Ц - З - Он - М	Для цементуемых деталей из углеродистой стали
6.	Н - М - Ц - З1 или Н - З2 - Он	То же из качественной высоколегированной стали, деталей ответственного назначения
7.	Н - М - Ц - Ов - З - Он	То же из стали, имеющей большое количество остаточного аустенита в цементуемом слое после закалки. Сталь марок 20Х2Н4, 18ХНВА и т. п.
8.	Отж или Н - М - Ц - З - Обр. хол. - Он	То же
9.	Н - М - Ц (З) - Он	То же для шестерен из стали 18ХГТ, 20Х2Н4, 18ХМВА (дает минимальное коробление)
10.	Н - М - Цнр - Он	Для всех цианируемых деталей машин из сталей марок 40, 40Х и т.п.



№п.п.	Схема	Применение
11.	Отж - или Н - М - З - Ов	Для большинства улучшаемых деталей, для штампов горячего и холодного деформирования металлов, для инструментов из быстрорежущей стали
12.	Отж - М - З - Ов - Обр. хол. - Он	Для инструмента из быстрорежущей стали и для стали содержащей при закалке большое количество остаточного аустенита
13.	Н - М - Зпов - Он	Для деталей, не требующих упрочнения сердцевины
14.	З - Ов - М - Зпов - Ов	Для деталей ответственного назначения, требующих упрочнения сердцевины - коленчатые валы, шестерни и т.п.
15.	М - Цнр - Он	Для болтов, гаек, шайб и других нормалей
16.	М - Ц (З) - Он или М - Ц - З - Он	То же
17.	ХП - З - Ов	Для деталей холодной штамповки, для болтов, гаек и других нормалей
18.	ХП - Н - ХП - Н	Для деталей холодной штамповки промежуточный отжиг - нормализация
19.	Отж (Н) - М - З - Ов - М - Аз или Н - Ов - М - З - Ов - М - Ов - Аз	Для азотируемых деталей
20.	Н - М - Ц - М - З - Он	Для деталей, имеющих припуск. снимаемый механической обработкой после цементации
21.	Отж - М - З - Ов - М - Цнр	Для режущего инструмента из быстрорежущей и высоколегированной стали (Х12)

Техническая инструкция на проведение термической обработки

4. Расчет времени нагрева садки

Общая продолжительность нагрева, т. е. общее время пребывания изделий в нагревающей среде $t_{общ}$, состоит из двух слагаемых - времени нагрева до заданной температуры t_n и времени выдержки при этой температуре $t_в$

$$t_{общ} = t_n + t_в \quad (1)$$

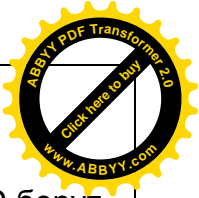
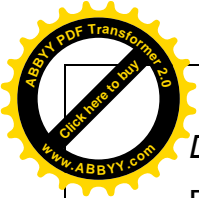
Время выдержки при заданной температуре $t_в$ можно упрощенно принять равным 1 мин для углеродистых сталей и 1,5 - 2 мин для легированных сталей. При нагреве крупных деталей (когда время нагрева до заданной температуры t_n значительно больше, чем 1 - 2 мин), величиной $t_в$ можно пренебречь.

Время нагрева до заданной температуры t_n можно определить несколькими способами.

Способ №1 определения времени нагрева до заданной температуры.

$$t_n = aD \quad (2)$$

где a - коэффициент, определяемый экспериментально, в сек/мм;



D - диаметр изделия в мм.



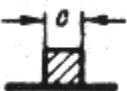

Если изделие квадратного или прямоугольного сечения, то вместо величины D берут толщину изделия H . Значения коэффициента a в зависимости от условий нагрева и формы изделия приведены в табл. 1.

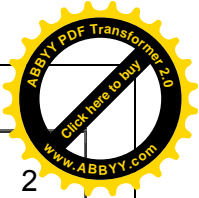
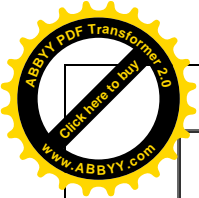
Таблица 11 Значение коэффициента a

Нагревательный агрегат	Температура печи в °С	Коэффициент a		
		для круглого сечения	для квадратного сечения	для прямоугольного сечения
Электрод	800	40 - 50	60 - 60	60 - 75
Соляная ванна	800	12 - 15	15 - 18	18 - 22
Свинцовая ванна	800	6 - 8	8 - 10	10 - 12
Соляная ванна	1300	6 - 8	8 - 10	10 - 12

По формуле (2) определяется время при всестороннем нагреве. Если нагреваются несколько изделий с различным расположением на поду печи, то получаемый результат надо умножить на коэффициент равномерности нагрева соответственно данным, приведенным в таблице 2. Этот способ определения времени нагрева наиболее простой и распространенный, но недостаточно точный, так как он не учитывает влияние нагрева с торцов и соотношения длины и диаметра (толщины) изделия.

Таблица 12 Коэффициенты равномерности нагрева круглых и квадратных заготовок в зависимости от их расположения на поду печи (В. Ф. Копытов)

Расположение заготовок	Коэффициент равномерного нагрева	Расположение заготовок	Коэффициент равномерного нагрева
	1		1
	1,4		1



	4		2
	2,2		1,4
	2		1,3
	1,8		1,7

Способ №2 определения времени нагрева до заданной температуры.

Этот способ предложен А.П. Гуляевым

$$t_n = aD = 0,1D \quad (3)$$

где D - диаметр шара в мм;

t_n - время сквозного прогрева шара в мин.

По данной формуле можно определять только время нагрева стальных шаров и соли (время сквозного прогрева шаров в соляной ванне имеет прямолинейную зависимость).

Для определения времени нагрева различных по форме изделий в различных средах с учетом их расположения в печи формула (3) будет иметь вид:

$$t_n = 0,1K_1K_2K_3D_1 \text{ мин.} \quad (4)$$

где D_1 - размерная характеристика нагреваемого изделия в мм, т. е. минимальный размер максимального сечения. У изделия, показанного на рис. 1, максимальное сечение 30x40 мм и, следовательно, минимальный размер этого сечения и будет являться размерной характеристикой изделия: , $D_1=30$.

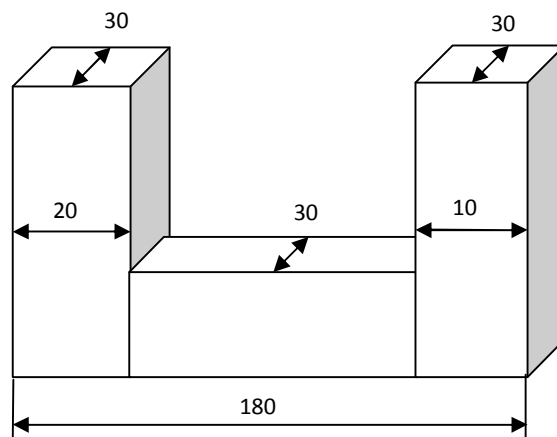
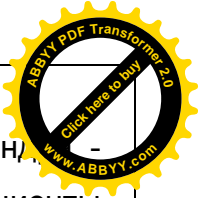
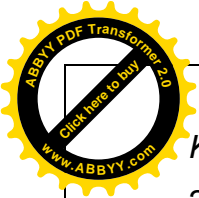


Рис.1. Деталь с максимальным сечением 30x40 мм



K_1 - коэффициент формы - имеет следующие значения: для шара - 1; для цилиндра - 2; для параллелепипеда - 2,5; для пластины - 4 (указанные коэффициенты можно принимать при отношении длины к диаметру (d) или толщине (a) более 3; если $l : d$ или $l : a$ пределах 1,5 - 2,5, то эти коэффициенты надо умножить на 0,75);

K_2 - коэффициент среды (для нагрева в соли равен 1, в свинце - 0,5, в газовой среде - 2);

K_3 - коэффициент равномерности нагрева (по таблице 1).

Этот способ определения времени нагрева достаточно точен и наиболее удобен для практического применения.

Пример. Определить время нагрева в электропечи детали, изображенной на рис. 1. Детали на поду печи расположены друг от друга на расстоянии d . Сталь легированная. Находим соответствующие коэффициенты:

$$K_1 = 2,5; \quad K_2 = 2; \quad K_3 = 2; \quad D_1 = 30$$

(максимальное поперечное сечение 30X40):

$$t_n = 30 \text{ мин}; \quad t_{\text{общ}} = 30 + 2 = 32 \text{ мин}.$$

Способ №3 определения времени нагрева до заданной температуры.

Этот способ предложен Е.А. Смольниковым.

$$t_n = K \cdot V/F \quad (5)$$

где t_n - время нагрева в мин; V - объем тела в см^3 ;

F - поверхность тела в см^2 ;

K - суммарный физический фактор нагрева в мин/см.

Отношение V/F называется геометрическим показателем тела W .

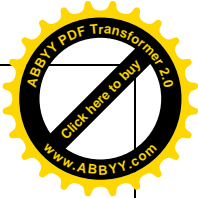
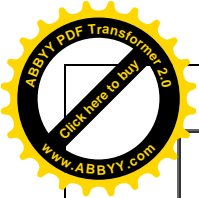
$$W = V/F \text{ см}$$

Получим следующую формулу для определения времени нагрева

$$t_n = K \cdot W \quad (6)$$

Значение W вычисляется по формулам, приведенным в таблице 3, а коэффициент K по таблице 4.

Таблица 3. Формулы для вычисления величины W различных тел простой формы.	
Форма тела	Формула для W
Шар	D
	6
Сплошной цилиндр, нагреваемый со всех сторон	$D \cdot l$



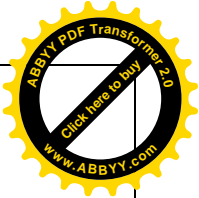
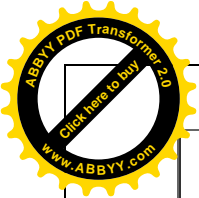
	$4 \cdot l + 2 \cdot D$
Сплошной цилиндр, нагреваемый с одной стороны	$D \cdot l_1$
	$4 \cdot l_1 + 2 \cdot D$
Полый цилиндр, нагреваемый со всех сторон	$(D-d) \cdot l$
	$4 \cdot l + 2 \cdot (D-d)$
Прямоугольная пластина, нагреваемая со всех сторон	$B \cdot a \cdot l$
	$2 \cdot (B \cdot l + B \cdot a + a \cdot l)$
Куб	B
	6
Призма с основанием в виде квадрата, треугольника или правильного шестиугольника	$D_1 \cdot l_1$
	$4 \cdot l_1 + 2 \cdot D_1$

Условные обозначения в таблице:

D - наружный диаметр в см; d - внутренний диаметр в см; D_1 - диаметр окружности, вписанной в данный многоугольник, в см; l - полная длина тела в см; l_1 - длина нагреваемой части тела в см; B - ребро куба или толщина пластины в см; a - ширина пластины в см.

Таблица 13 Значение K для различных условий нагрева.

Сталь	Температура нагрева °C	Нагревающая среда	K
Углеродистая и легированная	300 - 400	Воздух	45
		Продукты сгорания	35
Углеродистая	750 - 900	Воздух	40
		Продукты сгорания	35
		Соль	10
Легированная	750 - 900	Воздух	45
		Продукты сгорания	40
		Соль	13
Быстрорежущая	500 - 650	Воздух	35



		Продукты сгорания	30
		Соль	7
Быстрорежущая	800 - 900	Соль	10
	1200 - 1300	Соль	5

Этот способ определения времени нагрева является более сложным, но и более точным.

Все три приведенных способа применимы для определения времени нагрева изделий

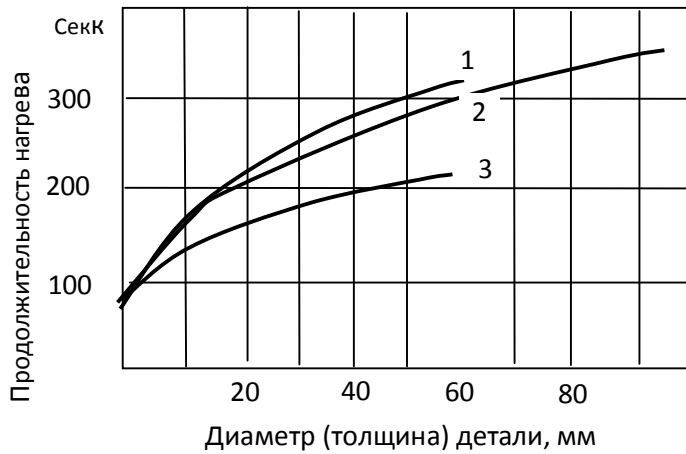


Рис. 3 Продолжительность выдержки инструмента из быстрорежущей стали при окончательном нагреве под закалку в расплавленных солях в зависимости от диаметра (толщины) детали: кривая 1 - инструменты прямоугольного сечения (резцы); кривая 2 - фасонные цилиндрические инструменты; кривая 3 - сверла

В табл. 14 приведены примеры расчета продолжительности окончательного нагрева изделий простой формы в соляных ваннах при закалке.

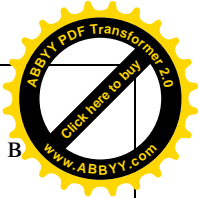
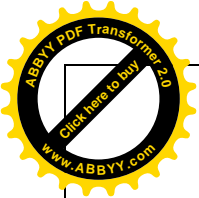
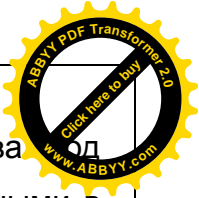
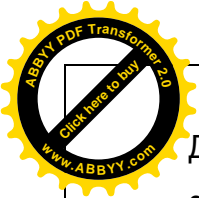


Таблица 14 Примеры расчета продолжительности окончательного нагрева изделий в соляных ваннах

Изделие	Марка стали	Основные размеры изделия, см					Формула для определения W	Абсолютное значение	Температура нагрева, °С	Постоянное значение K в мин/см	Продолжительность нагрева τ в vбу/
		D	d	h или t	a	D					
Сплошной цилиндр, нагреваемый со всех сторон	P18	10	-	12	-	-	$\frac{Dl}{4l + 2D}$	1,77	1260 - 1280	5	87,85
		10	-	2	-	-	$\frac{Dl}{4l + 2D}$	0,71	1260 - 1280	5	3,55
Полый цилиндр, нагреваемый со всех сторон	P18	7,5	3,2	10	-	-	$\frac{(D-d)l}{4l + 2(D-d)}$	0,90	1260 - 1280	5	4,5
Сплошной цилиндр, нагреваемый с одного конца	P18	8	-	10	-	-	$\frac{Dl}{4l + D}$	0,70	1260 - 1280	3	3,5
Пластина нагреваемая со всех сторон	P18	-	-	12	7,5	1,8	$\frac{Bal}{2(Bl + Ba + al)}$	0,64	1260 - 1280	5	3,2
		-	-	10	0,6	0,4	$\frac{Bal}{2(Bl + Ba + al)}$	0,18	1260 - 1280	5	0,9
Сплошной цилиндр, нагреваемый со всех сторон	9ХС	4	-	5	-	-	$\frac{Dl}{4l + 2D}$	0,71	850 - 870	10	7,1
Сплошной цилиндр, нагреваемый с одного конца	У12А	5	-	20	-	-	$\frac{Dl}{4l + D}$	1,11	780 - 800	10	11,1
Полый цилиндр, нагреваемый со всех сторон	9ХС	6	2,4	8	-	-	$\frac{(D-d)l}{4l + 2(D-d)}$	0,73	850 - 870	10	7,3



Для определения продолжительности подогрева и окончательного нагрева закалку различных инструментов можно пользоваться формулами, приведенными в табл. 6.

Продолжительность выдержки инструмента из быстрорежущей стали при окончательном нагреве под закалку в расплавленных солях можно определить по кривым, приведенным на рис 2.

Таблица 15 Формулы для определения продолжительности подогрева и окончательного нагрева под закалку инструментов

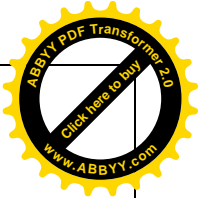
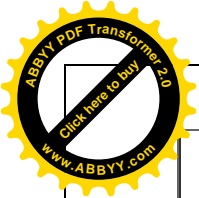
Вид инструмента	Подогрев τ в минутах до температуры в °C		Окончательный нагрев под закалку τ в минутах
	550-600	800-850	
Метчики, развертки, сверла, круглые протяжки и прочий стержневой инструмент	$\tau = bD$	$\tau = cD$	$\tau = aD$
Фрезы, насадные развертки, насадные зенкера, у которых $(D - d)/2 < h$	$\tau = b(D - d)/2$	$\tau = c(D - d)/2$	$\tau = a(D - d)/2$
Круглые и накатные плашки, фрезы при $(D - d)/2 < h$, молотовые штампы и штампы для холодного деформирования стали	$\tau = bh$	$\tau = ch$	$\tau = ah$
Круглые протяжки из легированной стали при нагреве в электропечи	$\tau = (d-4)b$	--	$\tau = d+4$
То же, шпоночные протяжки	$\tau = (h+4) /4$	--	$\tau = h+4$

D - диаметр режущей части инструмента в мм; d - диаметр отверстия инструмента в мм; l - высота или толщина инструмента в мм; a, b, c - коэффициенты - см. табл. 7.

На многих заводах приняты следующие нормы выдержки на 1 мм диаметра: при нагреве в пламенных печах 1 мин, в электропечах 1,5 - 2 мин, в соляных ваннах 0,5 мин, в свинцовых ваннах 0,1 - 0,15 мин.

Таблица 7. Значения коэффициентов a, b и c в мин/мм для расчета продолжительности нагрева по формулам таблицы 6

Материал инструмента	Коэффициенты		Тип нагревательного оборудования	
			Соляная ванна	Печь периодического действия
Углеродистая сталь	a	c подогревом	0,10 - 0,17	0,7 - 0,8



	a	без подогрева	0,30 - 0,35	1,2 - 1,5
	b		0,30 - 0,40	1,4 - 2,5
Легированная сталь	a		0,15 - 0,20	1,0 - 1,2
	b		0,30 - 0,40	1,4 - 2,5
Высоколегированная сталь марок X12 и X12M	a		0,17 - 0,18	0,4 - 0,5
	b		0,40 - 0,45	1,4 - 2,5
	c		0,30 - 0,35	0,8 - 1,1

Полезная мощность в большинстве случаев может быть рассчитана по приросту теплосодержания нагреваемого материала:

$$P_{\text{пол}} = cG (t_{\text{к}} - t_{\text{нач}})/t$$

где $P_{\text{пол}}$ – мощность на нагрев металла: (30...40)% от установленной мощности печи, Вт; c – удельная теплоемкость материала деталей, средняя в интервале температур $t_{\text{нач}} - t_{\text{к}}$, Дж/(кг·°C) (для некоторых сталей и серого чугуна дана в табл 10.);

G – масса загрузки (деталей и приспособления), кг;

$t_{\text{нач}}$ и $t_{\text{к}}$ – соответственно начальная и конечная температуры загрузки, °C;

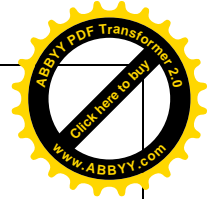
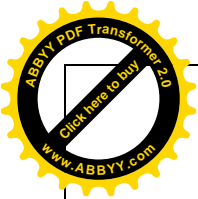
t – продолжительность нагрева, с.

Расчет времени нагрева можно проводить по формуле:

$$t = cG (t_{\text{к}} - t_{\text{нач}}) / P_{\text{пол}}$$

ТАБЛИЦА 16 СРЕДНЯЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ, ДЖ/(КГ·°С), В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР ОТ 50°С ДО t°С.

Марка стали; чугун	Средняя теплоемкость при температуре от 50 до t°С				
	200	400	600	800	1000
20	502	540	590	703	695
40	498	532	582	674	653
У8	515	548	595	716	699
Г13	540	574	603	615	624
Р18	423	456	494	540	565
X18H9B	523	540	570	586	599
Серый чугун (3,71С, 1,5Si, 0,63Mn, 0,147P, 0,069S	460	508	535	666	675

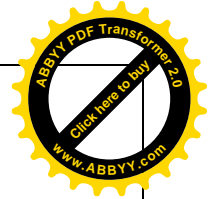
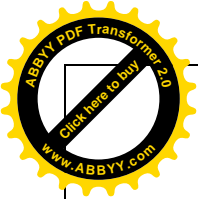


4.1. *Определение времени нагрева при отпуске.*

Определение времени нагрева при отпуске рекомендуется производить по табл. 1 с учетом геометрического показателя тела $W=V/F$ (см. *Определение времени термообработки при закалке*).

Таблица 1. Зависимость продолжительности нагрева при отпуске от величины W .

Температура °C	Среда нагрева	W	Продолжительность нагрева в мин.
100	Масло	0,5	14
		1	23
		1,5	32
200		0,5	14
		1	23
		1,5	32
300		0,5	11
		1	18
		1,5	24
300	Соль	0,5	8
		1,0	14
		1,5	19
450		0,5	2,5
		1,0	6



		1,5	10
600		0,5	1,4

Примечания:

1. Продолжительность нагрева в пламенных печах при температуре 300 - 600°C должна быть увеличена по сравнению с нагревом в соляной ванне в 4 - 5 раз и в электрических печах в 5 - 6 раз.
 2. Отпуск при температуре ниже 300°C производить в печах не рекомендуется.
- Рекомендуемые нормы выдержки при отпуске приведены в табл. 2.

Таблица 2. Рекомендуемая продолжительность выдержки при отпуске.

Назначение отпуска	Точность изготовления изделий в мк	Температура отпуска °C	Продолжительность выдержки в часах при диаметре или толщине изделия в мм				
			до 10	11-20	21-40	41-60	>60
Снятие напряжений и стабилизация структуры и размеров	>2	<180	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
	2-1		Для всех размеров 8 - 10 ч.				
	<1		Для всех размеров 20 - 25 ч.				

График выбора режима отпуска инструмента из быстрорежущей стали марки P9 приведен на рис. 1.

Температура отпуска, °C	Продолжительность и кратность отпуска																
	15 минут			30 минут			45 минут			1 час			3 часа				
	1-ый	2-ой	3-ий	1-ый	2-ой	3-ий	1-ый	2-ой	3-ий	1-ый	2-ой	3-ий	1-ый	2-ой	3-ий		
540				Количество остаточного аустенита более 5 %													
560																	

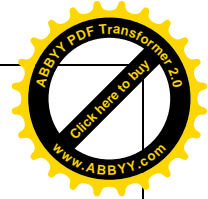
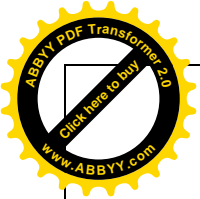


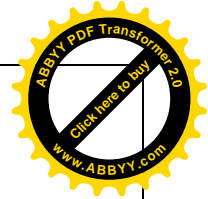
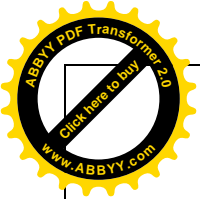
Рис. 5 Номограмма для определения режима высокотемпературного отпуска (А. П. Гуляев)

В этой номограмме связаны между собой четыре параметра: содержание углерода в стали в % С, температура нагрева t , продолжительность нагрева и твердость HRC . Когда три величины заданы, можно определить четвертую.

Поясним это на примере. Требуется установить режим отпуска (температуру и время выдержки) закаленной стали с 0,85% С для получения твердости $HRC40$. Для этого на правой части номограммы находим точку 1, соответствующую содержанию углерода 0,85% и твердости $HRC40$. Из точки 1 проводим эквидистанту до точки 2 на вертикали, соответствующей содержанию углерода 0,35% (для этого содержания углерода построена левая часть номограммы). Из точки 2 проводим на левую часть номограммы горизонтальную линию, параллельную оси абсцисс. Как видно, эта линия пересекает температурные линии левой диаграммы 450 °С (точка 3), 500 °С (точка 4) и 550 °С (точка 5). Проектируя точки 3, 4 и 5 на ось абсцисс, находим время выдержки при 450 °С (10 ч), 500 °С (35 мин) и 550 °С (4 мин), необходимое для получения твердости $HRC40$.

Разберем еще пример. Закаленную сталь с содержанием 0,5% С подвергают отпуску при 550°С в течение 2 ч. Какая получится твердость? Для ответа на левой части номограммы из точки, соответствующей 2 ч. проводим вертикальную линию до прямой, соответствующей 550 °С (точка 6). Через точку 6 проводим на правую часть номограммы горизонтальную линию, параллельную оси абсцисс, до вертикали, соответствующей 0,35% (точка 7). Через точку 7 проводим эквидистанту до точки 8 на вертикали, соответствующей содержанию 0,5% С. Проектируя точку 8 на ось ординат, получаем значение твердости $HRC30$. Точность определения по номограмме +/- 2 единицы HRC .

Номограмма применима для углеродистых сталей (с содержанием углерода до 1%) и для легированных сталей, содержащих не более 1% хрома (или кремния) или вольфрама и молибдена не более 0,5%.



4.2. Разработка приспособлений для проведения различных режимов термической обработки

1. Разместить детали в рабочем пространстве печи, выполняя такие условия;
расстояние от садки до нагревателей не менее 100 мм;
расстояние от садки до крышки печи не менее 100 мм;
расстояние от дна шахтной печи не менее 100 мм;
удельная нагрузка на под не выше допустимой (табл. 11);
равномерное омывание газовой средой деталей;
оптимальное размещение деталей исходя из геометрии;
2. Определить массу единовременной загрузки, считая, что вес приспособления составляет 30% от веса загружаемых изделий.
3. Разрабатывают эскиз загрузочного приспособления (корзина, этажерка, муфель, «елочка», поддон для камерной печи, приспособления для соляных ванн и т.п.), указывают основные размеры, в таблице приводят вес загрузки для различных деталей, вес деталей, вес приспособления.

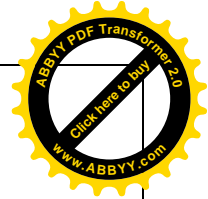
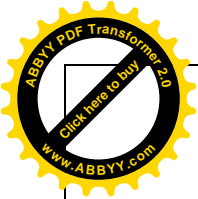
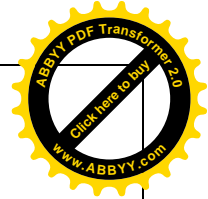
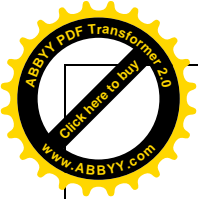


Таблица 17 Удельная производительность (кг/м²час) печей для различных процессов термической обработки (ориентировочно)

Тип печи	Процессы термической обработки						
	Отжиг при $t_{\text{н}}$ 6 час	Нормализация	Закалка	Отпуск	Цементация		
					Газовая	В тверд ом карбю ри заторе	Газовое цианир ование
Периодического действия							
камерные с горизонталь ным подом	40 - 60	120 - 160	120 - 160	100 - 140		8 - 12	
с выдвижным подом	30 - 50	60 - 80	60 - 80	60 - 80		8 - 12	
шахтная	50 - 70	100 - 120	100 - 120	80 - 100			
колпаковая (на 1 м ³ объема печи)			50 - 60	50 - 60	120 - 150		
Непрерывного действия							
толкательн ые	50 - 70	150 - 200	150 - 200	140 - 180	40 - 50	15 - 18	
конвейерны е		180 - 200	180 - 220	150 - 200			
с		180 - 200	180 - 200	150 - 180		15 - 18	



вращающ мися подом						
с вращающ мися роликами	40 - 100 (ковки й чугун)	180 - 220	180 - 220	150 - 200		
карусельна я			180 - 220	180 - 220		20 - 30
Соляные ванны, производительность кг/час.						
Размеры тигля соляной ванны, мм						
∅ 300 x 400			30 – 50			
∅ 300 x 500			40 – 60			
∅ 400 x 400			60 - 80			
∅400 x 500			80 – 100			
∅ 500 x 500			110 - 150			

Пример расчета:

Исходные данные для расчета

q - удельная производительность печи, кг/м²ч.

S - площадь рабочего пространства печи, м²

q = 120 – 160 кг/ м²час

Размеры пода 700 x 500 мм; S= 0,35 м²

Время нагрева загрузки – t = 5 час.

Размеры детали 110 x 110 x 110;. P = 10кг

q = A/t S

$$A = 120 / (0,35 \times 5) = 70 \text{ кг}$$

Количество деталей в загрузке – 7 шт.

Схема размещения деталей на поду печи приведена на рисунке

Проверка: определить удельную нагрузку на поду при указанном расположении деталей:

$$q = (16 \times 10) / (0,35 \times 5) = 91 \text{ кг/м}^2 \text{ час} < [q]$$

$$q = (40 \times 10) / (0,35 \times 7) = 160 \text{ кг/м}^2 \text{ час} < [q]$$

Окончательно принимаем количество деталей в загрузке 40 шт.

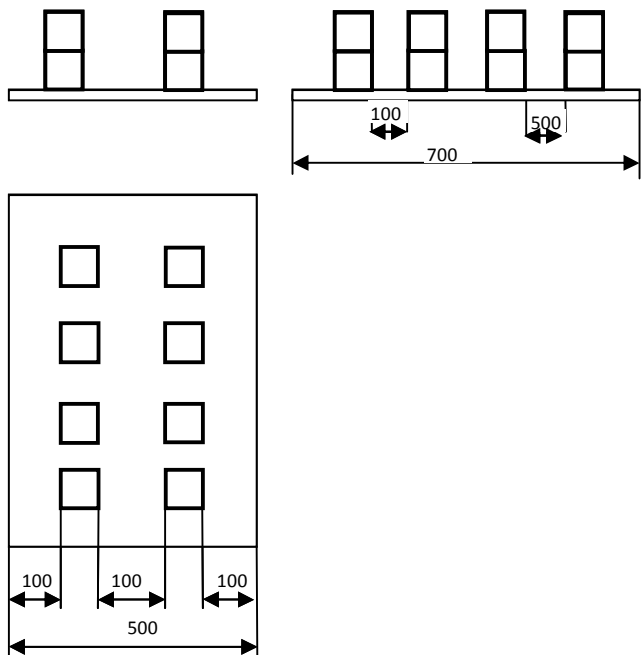
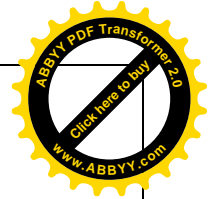
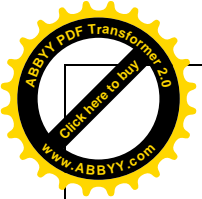


Рис. 6 Схема размещения изделий на поду печи



Ниже приводятся эскизы приспособлений для различных печей

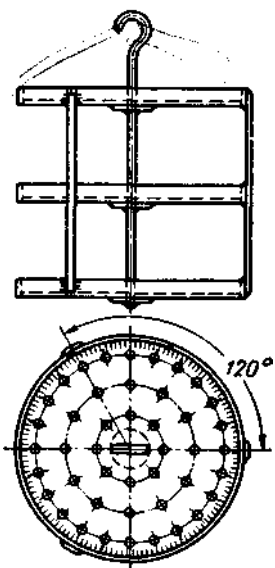
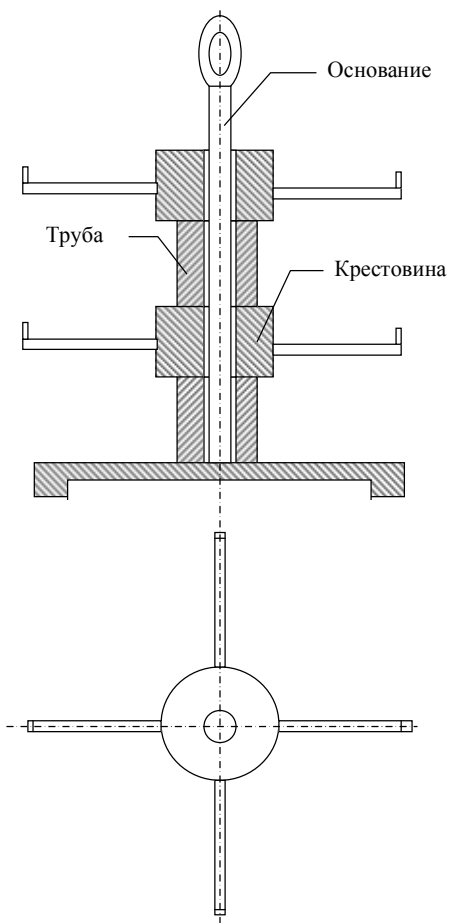
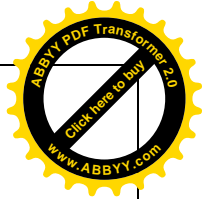
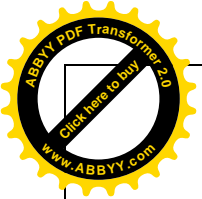
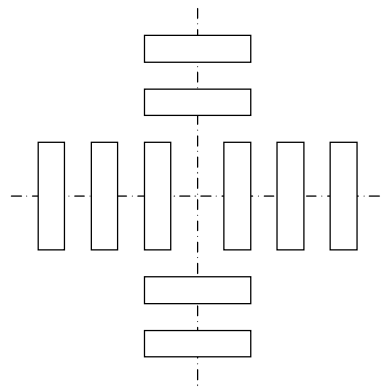


Рис. 7 Подвески для закалки протяжек в шахтной печи



1. указать габаритные размеры, название деталей.
2. выполнить эскизы деталей.
3. выбрать материал, указать технические требования на детали.

Схема размещения деталей в печи



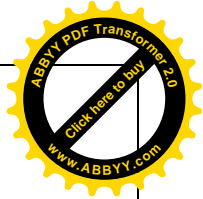
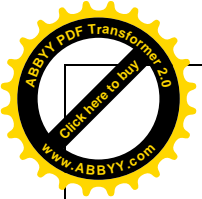


Рис. 8 Приспособление типа «елочка»

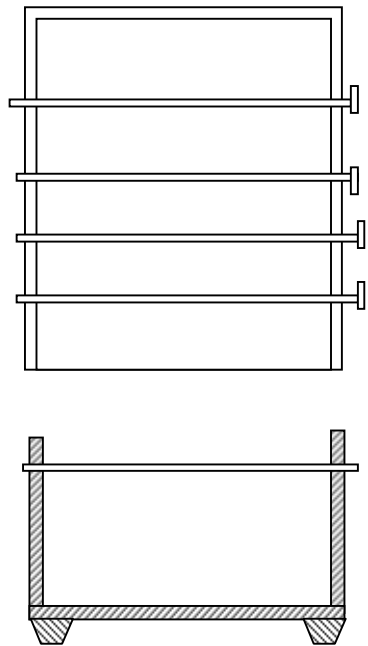


Схема размещения деталей на приспособлении

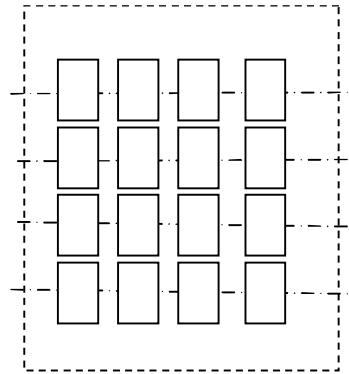


Рис. 9 Поддон для камерной печи

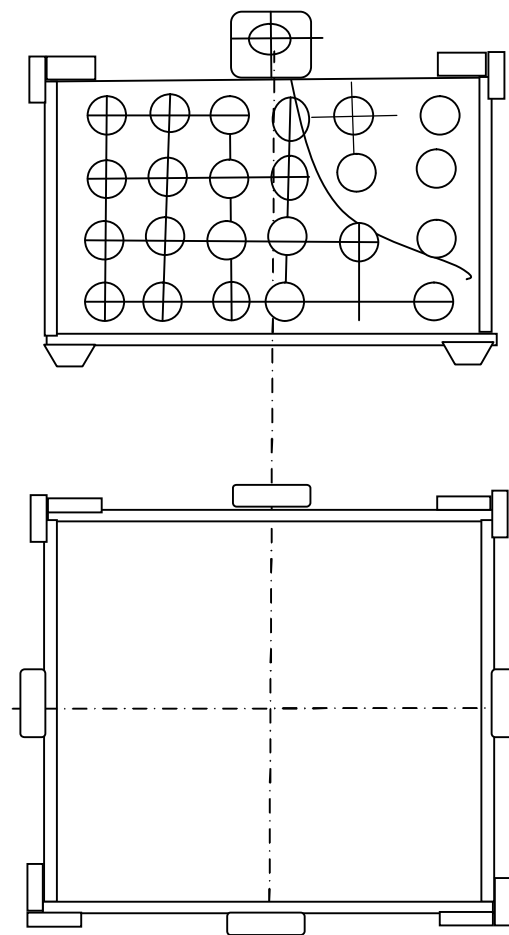
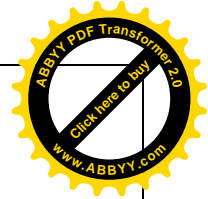
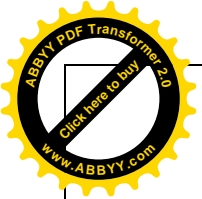
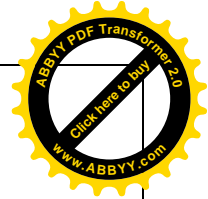
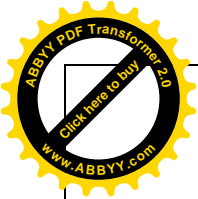


Рис. 10 Приспособление «корзина» для термообработки в камерной ЭПД



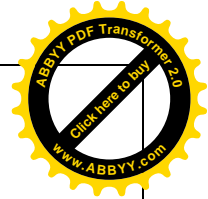
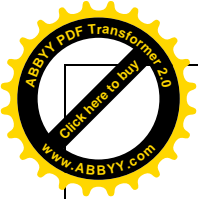
5. Заполнение технологической документации на термическую обработку изделий

В соответствии с ГОСТ №.1405 – 86 «Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы термической обработки» комплект документов на технологический процесс термической обработки состоит из титульного листа, основной части и эскиза изделия с габаритными размерами; бланки документов приведены в приложении.

P1	Среда	Температура	Скорость	Время	Твердость	
	1	2	3	4	5	6

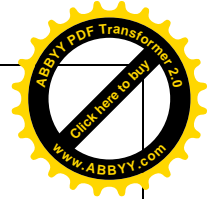
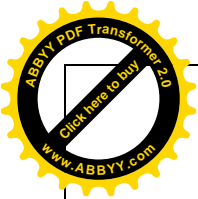
Порядок заполнения граф карты приведен в таблице.

Номер графы	Наименование (условное обозначение) графы	Содержание графы
1.	Среда	Наименование среды, в которой происходит нагрев ли охлаждение изделия
2.	Температура	Температура среды нагрева или охлаждения изделия
3.	Скорость	Скорость Перемещения изделия в рабочем пространстве оборудования; Нагрева или охлаждения изделия; Допускается для печей с режимом толкания указывать темп толкания.
4.	Время	Время нагрева, выдержки или охлаждения изделия излучением
5.	Твердость	Твердость изделия после термообработки.
6.		

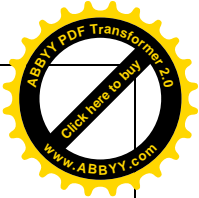
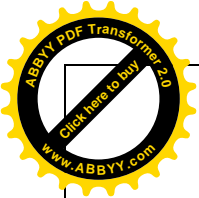


Форма
1

										1		2			
разраб.	Семенова		24.03.10.		ГОУ ВПО СПбГПУ										
контр.	Кисленков					Штифт установочный									
Сталь 50 ГОСТ 1050 - 88										1. 24...32 HRCэ		2. Детали на термообработку должны поступать чистыми и сухими.		3.	
M01	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ					
A	1. Цех	2. Уч.	3. Рм	4. Oper.	5. Код, наименование операции		6. Обозначение документа								
B	7. Код, наименование оборудования						8. Р	9. Чт	10. КР	11. КОИД	12. ЕН	13. ОП	14. Кшт	15. Т п.э	16. Т шт.
P1	Среда				Температура		Скорость		Время		Твердость				
A	Цех	Уч.	PM	Oper.	Код, наименование операции		Обозначение документа								
A 01	01	2		005	Загрузка		Техническая инструкция № 001								
B 02	Электрод печь СНО 6.12.4./10						Техническая инструкция № 002								



0	03	Уложить детали на поддон и загрузить в печь				Техническая инструкция № 001
A	04	01	2	Закалка	Техническая инструкция № 003	
Б	05	Электропечь СНО 6.12.4./10				Техническая инструкция № 002
		воздух		820 - 850 оС		
0	06	1. Нагреть детали		820 - 850 оС	2 - 3 часа	
	07	2. Выдержка деталей в печи		820 - 850 оС	4 - 5 часов	
	08	2. Выгрузить детали из печи, охладить в воде		20 - 25 оС	по факту	
	09	3. Измерить твёрдость на 10 деталях от загрузки			52 -57 HRCэ	
A	10	01	3	Отпуск	Техническая инструкция № 004	
Б	11	Электропечь СНО 6.12.4./6,0				Техническая инструкция № 002
0	12	Уложить детали на поддон и загрузить в печь				Техническая инструкция № 001
A	13	01	3	Закалка	Техническая инструкция № 003	
Б	14	Электропечь СНО 6.12.4./6				Техническая инструкция № 002
		воздух		600 - 700 оС		
0	15	1. Нагреть детали		600-630 оС	2 - 3 часа	
	16	2. Выдержка деталей в печи		600- 630 оС	4 - 5 часов	
	17	2. Выгрузить детали из печи, охладить на воздухе		20 - 25 оС	по факту	
	18	3. Измерить твёрдость на 10 деталях от загрузки			24-32 HRCэ	
	19	4. разгрузить поддон и загрузить детали в корзины			24-32 HRCэ	
A	20	01	4	Дробеструйная обработка	Техническая инструкция № 005	
Б	21	Дробеструйный аппарат				



6. Расчет потребного количества оборудования для проведения основных операций термической обработки

Количество оборудования для основного отделения целесообразно провести по следующей схеме:

определить сменность работы оборудования.

рассчитать эффективный годовой фонд времени работы (см. табл. 18).

определить задолженность основного отделения термообработки, считая, что в основном отделении участка установлено 3...6 ЭППД, или 1...2 ЭПНД для термической обработки.

$$Q = PEN,$$

где Q – годовая программа, кг

P – часовая производительность оборудования, кг/час. Определяется по технологической карте с учетом загрузки печи, времени загрузки печи. В таблице 18 приведена средняя производительность печей и печей-ванн (для справки)

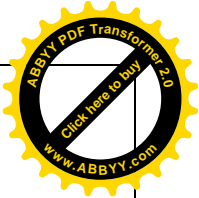
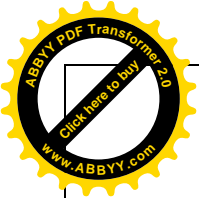
E – действительный (расчетный) фонд времени работы оборудования.

N – число печей в основном отделении участка.

Таблица 18 Средняя производительность печей и печей-ванн

Наименование печей	операции	Средняя производительность, кг/час
Электропечь с контролируемой атмосферой с площадью пода 0,4 м ²	Цементация	7 - 10
	Нагрев под закалку	50 - 70
Шахтная печь с корзиной d = 400 мм, l = 500 мм	Отпуск	50 - 200
Соляная ванна с размерами тигля:		
Ø300 x 400	Нагрев под закалку	30 – 50
Ø400 x 400	Нагрев под закалку	50 – 80
Ø400 x 500	Нагрев под закалку	80 - 100
Ø500 x 500	Нагрев под закалку	110 – 150
Толкательная печь для газовой цементации	Газовая цементация	200 – 250
Конвейерный агрегат светлой закалки для небольших деталей	Закалка и отпуск	150

Пример расчета: определить годовую программу при термической обработке 40 деталей, вес одной детали – 10 кг, расчетный годовой фонд



времени работы оборудования = 6610 час., время нагрева и выдержки в печи – 7 часов, принятое количество печей на основной операции – 6 шт.

$$Q = (40 \times 10) / 7 \text{ час} \times 6610 \times 6 \text{ печей} = 2\,280\,000 \text{ кг} = 2\,300 \text{ т}$$

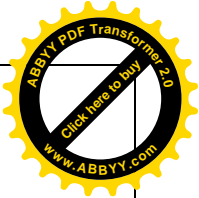
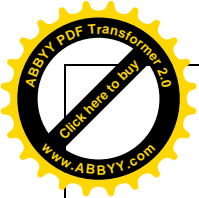
Таблица 19 Действительный (расчетный) фонд времени работы оборудования

Виды оборудования	Кол-во смен	Число часов работы в нормальные рабочие дни	Действительный годовой фонд времени работы оборудования, час
Немеханизированное оборудование			
камерные печи, шахтные печи, печи-ванны, и д., а также дополнительное и вспомогательное оборудование	2	7+7	4019
	3	7+7+7	5902
	3	8+8+8	6610
	4	6+6+6+6	6715
Механизированное оборудование			
Толкательные, конвейерные печи, агрегаты	2	7+7	3935
	3	8+8+8	6329
То же, непрерывным режимом работы (365 дней по 24 час.)	3	8+8+8	7796

Расчетные данные записать в ведомость распределения программы по операциям термической обработки (табл. 19)

Таблица 20 Ведомость распределения программы по операциям термической обработки.

Наименование деталей	Годовая программа, т	Распределение программы по основным операциям			
		Цементация (участок №1)	Закалка с подстуживанием (Участок №2)	Закалка (участок №3)	Отпуск низкий (Участок №4)
Кубик № 1	2 300			2 300	2 300
Вал № 2	2 000	2 000	2000		2000
итого	4 300	2 000	2 000	2 300	4 300



Расчет требуемого количества оборудования в остальных отделениях проектируемого участка можно проводить двумя методами.

1. По укрупненным показателям.

Метод заключается в том, что количество потребного оборудования определяется исходя из удельной (кг/ м²·ч.) (табл. 16) или часовой производительности оборудования. Производительность печей, как правило, зависит от характера выполняемой операции форме. Производительность укрупнено определяется по таблице. Если для выполнения операции применяется несколько типов оборудования, то их сравнивают по степени механизации и автоматизации, удельному расходу электроэнергии, удельному съему изделий, удобства размещения деталей в рабочем пространстве, занимаемой площади цеха (участка).

Расчитать потребное количество оборудования по укрупненным показателям:

$$P_{\text{расч.}} = Q_{\text{уч.}} / A_{\text{п.}},$$

где $P_{\text{расч.}}$ - расчетное количество оборудования;

$A_{\text{п.}} = q \cdot S$ - часовая производительность оборудования, кг/ч.

q - удельная производительность печи, кг/м²ч.

S - площадь рабочего пространства печи, м²

Например, для участка № 4, на котором установлены камерные ЭПД:

$$P_{\text{расч.}} = 4\,300\,000 / 120 \times 1 =$$

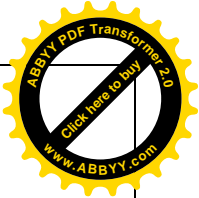
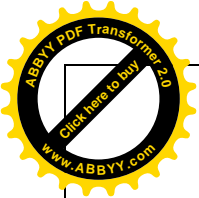
При $P_{\text{расч.}} = 1$ необходимо обсудить вопрос о ритмичности работы участка во время выхода печи из строя. При недопустимо большом $P_{\text{расч.}}$ необходимо увеличить типоразмер оборудования, а если этого недостаточно, то необходимо перейти к более производительному оборудованию. Например, получено $P_{\text{расч.}} = 50$ камерных печей для гзовой цементации шестерен. При попытке увеличить типоразмер получено $P_{\text{расч.}} = 37$. При переходе к толкательной двухрядной печи $P_{\text{расч.}} = 1,83$.

6. Определить коэффициент загрузки оборудования:

$$K_z = P_{\text{расч.}} / P_{\text{прин.}},$$

где $P_{\text{прин.}}$ - принятое количество оборудования, получается путём округления $P_{\text{расч.}}$ до ближайшего целого числа (в сторону увеличения)

Для нагревательных установок $0,8 < K_z < 0,94$. При $K_z > 0,94$ необходимо увеличить типоразмер оборудования, при $K_z < 0,8$ - уменьшить типоразмер.



2. По нормам времени на обработку каждой детали или загрузки.

При втором методе придерживаются следующего порядка расчета:

2. Рассчитать технологическое время нагрева .

3. Рассчитать действительную производительность выбранного типоразмера:

$$A_p = G_c / \tau_c,$$

где G_c - вес садки печи, кг

τ_c - время нагрева, час.

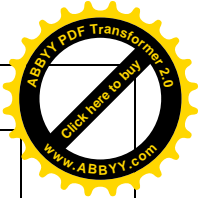
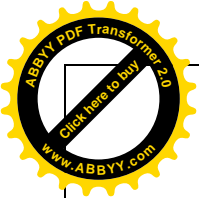
4. Рассчитать потребное количество оборудования.

5. Рассчитать коэффициент загрузки оборудования

$$K_3 = P_{расч.} / P_{прин.},$$

Результаты расчетов объединяются в таблице.

Наименование детали	Годовая программа, тонн	Перечень проводимых операций	Производительность оборудования (кг/час.) - числитель, загрузка оборудования на годовую программу (кг) - знаменатель			
			камерная печь	Конвейер. печь № 1	шахтная печь	Конвейер. печь № 2
1	2	3	4	5	6	7
Стальное литье	5 000	отжиг	200/25000	-	-	-
Шестерня	1000	закалка	-	200/5000	-	-
	1000	отпуск	-	-	-	200/5000
Валы	4000	нормализация	-	-	500/80000	-
Итого на годовую программу			25000	5000	6000	5000
Годовой фонд времени оборудования (час.)			5840	5840	5715	5840
Количество оборудование расчетное			4,28	0,85	1,39	0,85
Количество оборудования принятое			5	1	2	1
Коэффициент загрузки оборудования			0,856	0,85	0,695	0,85
Норма обслуживания			1	1	1	1



ия рабочей силой единицы оборудован ия						
Расчетная трудоемкость на годовой объем работы (чел. час.)			25000	5000	6000	5000
Число производственных рабочих			41000 / 1840 =			

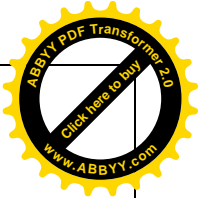
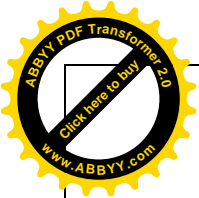
Заполнение граф 1 и 3 таблицы производится по данным производственной программы, графы 4, 5...8: числитель - производительность для данного типа оборудования и для конкретной загрузки, знаменатель - загрузка оборудования определяется в результате деления годовой программы на производительность.

Коэффициентом загрузки оборудования называется отношение расчетного количества единиц, необходимых для выполнения производственной программы участка за определенный период, к принятому в проекте числу единиц этого оборудования за тот же период.

Полученный в результате расчетов коэффициент загрузки должен быть достаточно высоким. Низкий коэффициент допускается для мелкосерийного производства, когда установка оборудования вызывается технологической необходимостью.

Для определения необходимого числа производственных рабочих в таблице имеется графа "норма обслуживания рабочей силой единицы оборудования", которая позволяет определить суммарную трудоемкость (чел.·час.) на годовой объем работ на каждой печи.

Эта норма зависит от характера выполняемых операций, конструкции и уровня автоматизации печи или агрегата и может иметь разные значения. Та, например, для обслуживания автоматизированных электропечей при азотировании, где процесс длится 25-30 часов, один человек может обслужить 4-5 печей; норма обслуживания в этом случае составит 1:4 или 1:5 - 0,25...0,2 человека на одну печь; работа на электродной соляной печи-



ванне периодического действия, где продолжительность обработки одной детали очень мала и один человек вынужден обслуживать одну печь-ванну, норма обслуживания составит 1:1 или 1 человек. Расчетная трудоемкость годового объема работ (T_p , чел.* час.), выполненного на одном типе оборудования, определяется по формуле:

$$T_p = T_o N_o,$$

где T_o - годовая загрузка оборудования в часах

N_o - норма обслуживания единицы оборудования рабочей силой, чел.

Количество производственных рабочих определяется формулой:

$$P_{пр} = \Sigma T_p / \Phi_d, \text{ чел.},$$

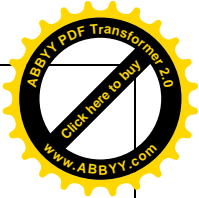
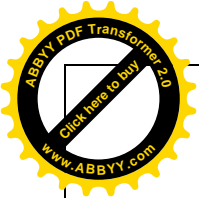
где ΣT_p - суммарная трудоемкость на годовую программу

Φ_d - действительный годовой фонд времени рабочего (см. табл.9)

Таблица 21 Действительный (расчетный) годовой фонд времени рабочего при разной длительности рабочей смены и рабочей недели

Продолжительность рабочей недели, час.	Продолжительность основного отпуска в днях	Номинальный годовой фонд времени, час.	Потери от номинального фонда, %	Расчетный годовой фонд времени рабочего, час.
41	18	2070	11	1840
41	24	2070	12	1820
36	24	1830	12	1610

7. Расчет потребного количества вспомогательного оборудования



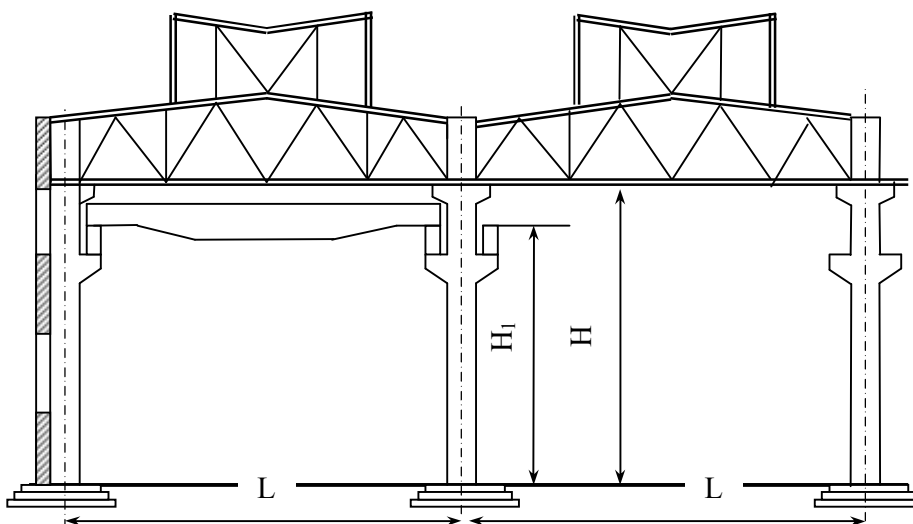
8. Разработка компоновочной схемы и определение площади участка и грузопотоков

9. Выбор здания, планировка и площадь

Выбор здания. Производственные здания могут быть одноэтажными и многоэтажными. Наиболее удобными для термических участков являются одноэтажные здания шириной в один или несколько пролетов.

Пролетом (рис.) называется часть здания, ограниченная двумя смежными рядами колонн. Длина пролета должна быть кратной величине шага колонн. Шириной пролета здания L называется расстояние между продольными осями двух рядов колонн, образующих пролет. Ширина пролета обычно принимается кратной 6. Ширина пролетов термических цехов машиностроительных, металлургических и метизных заводов принимается 12, 18, 24, 30 м и более.

Шагом колонн (рис.) называется расстояние между осями двух смежных колонн одного ряда в направлении оси пролета. Величина шага колонн принимается равной 6 м., а при установке крупного оборудования шаг внутренних колонн может быть 12 м.



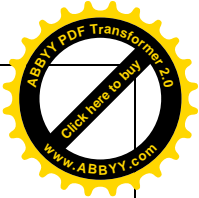
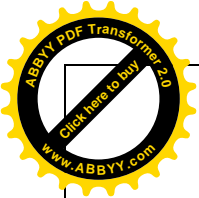


Рис. 11 Схема для определения ширины и высоты пролета цеха: L - ширина пролета; H - высота здания от пола до нижней части верхнего перекрытия; H_1 - расстояние от пола до головки подкранового рельса

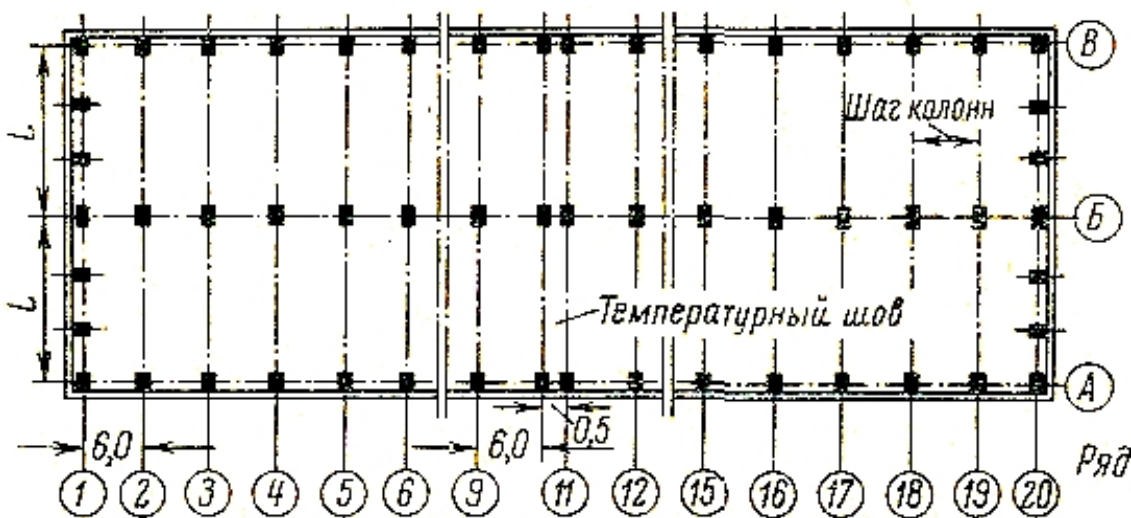


Рис. 12 Разбивка рядов и поперечных осей колонн на строительных чертежах
Высотой пролета H называется расстояние от уровня пола до низа несущих конструкций перекрытия.

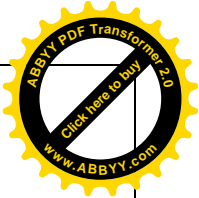
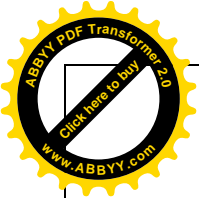
Высотой до подкрановых путей H_1 называется от уровня пола до верха головки рельса подкранового пути.

Высота термического цеха определяется размерами обрабатываемых деталей, габаритами устанавливаемого оборудования (по высоте), требованиями обеспечения

Для бескрановых цехов высота цеха до низа конструкции может быть принята 6 м. Для устранения в конструкции здания напряжений, которые могут вызываться температурными колебаниями наружной атмосферы, устанавливают температурные швы с зазором 25-50 мм, которые в зависимости от конструкции здания располагаются на расстоянии 40, 60 и 120 м.

Схема пролета цеха с указанием ширины и высоты и разбивка рядов и поперечных осей колонн на строительных чертежах приведены на рис.

Не рассматривая отдельные элементы здания цехов, описанию которых посвящена специальная литература, остановимся лишь на некоторых, встречающихся в практике разработки технологических планировках оборудования термических цехов.



Для размещения различных трубопроводов в безподвальных термических цехах, в зависимости от размеров последних, используются туннели и каналы, которые сооружаются из железобетона или бетона.

Для установки больших шахтных печей, баков и другого оборудования, требующего заглубления ниже уровня пола, устраивают приямки из кирпича или железобетонные кессоны.

Для увеличения освещенности и усиления аэрации в термических цехах применяется верхнее освещение в виде фонарей специальных конструкций, располагаемых чаще всего вдоль пролетов.

Полы печного зала термического цеха могут изготавливаться из цементобетона, чугунных рифленых плит или из клинкера. В термических цехах и отделениях, предназначенных для обработки деталей приборов, полы изготавливаются из керамических плиток или террацевые с мраморной крошкой.

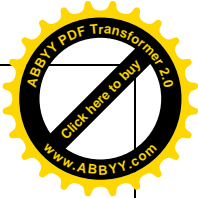
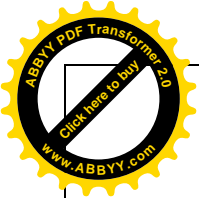
Перегородки в термических цехах устраиваются для изоляции участков жидкостного цианирования, азотирования, дробеструйных, ОТК, кладовых и т.п. Они должны быть несгораемыми и стойкими против сырости и влажности. Для того чтобы перегородки не мешали работе подъемных кранов, высота перегородок в печном зале составляет 2,5-3 м. В случае, если необходимо полностью изолировать часть помещения цеха, устраивают высокие перегородки до перекрытия.

10. Компоновка площадей и планировка

Компоновкой площадей называется схематический план здания цеха с указанием размещения на нем площадей, отделений, участков и вспомогательных помещений (рис.). Расположение оборудования на компоновочном плане, как правило, не показывается.

Рис. 13 Компоновочный план размещения производственных отделений участка термической обработки

Прежде чем приступать к планировке оборудования следует примерно определить приблизительную площадь цеха. Для этого принятое количество печей умножают на укрупненную норму площади, площади для единицы оборудования по данному типу цеха. Для предварительных



расчетов производственных площадей можно исходить из следующих норм площади на одну печь: в инструментальном цехе 25-30 м², в штамповом - 30-50 м², в термических цехах с толкательными, конвейерными печами - 50-90 м²; проходы и проезды составляют 25-30% от производственной площади. Если, например, принято 10 печей для чистового термического цеха, то площадь цеха будет приблизительно 500-900 м² + 25-30 % на проходы.

Определив площадь и разбив ее по длине и ширине в соответствии с сеткой колонн намечают грузопотоки. Колонны располагаются на расстоянии 6,12,18 или 24 метра. Разбивочные оси здания на плане обозначаются следующим образом: горизонтальные оси рядов колонн - снизу вверх по оси ординат последовательными заглавными буквами русского алфавита; вертикальные оси рядов колонн нумеруются слева направо по оси абсцисс последовательными арабскими цифрами, начиная с единицы. Для термических цехов с крупным оборудованием можно оставлять 1-2 проезда шириной 3,5-4 м в середине цеха или по краям.

На плане даются наименования отделений, участков, вспомогательных помещений, а также указываются основные размеры здания в целом (длина, ширина здания, ширина пролетов, шаг колонн).

В грузопотоке цеха, т.е. в перемещении продукции в цех, по операциям в цехе и из цеха не должно быть встречных движений, Чтобы достичь этого, намечаются точки поступления продукции в цех и точки выхода продукции из цеха. Затем, в соответствии с основным направлением движения продукции по операциям, размещается оборудование, склады, подсобные помещения.

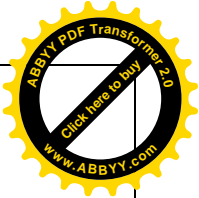
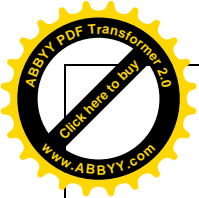
План размещения основного и вспомогательного оборудования

При планировке оборудования необходимо руководствоваться следующими соображениями.

Размещение оборудования должно быть произведено по отделениям (отделение закалки, отпуска, цементации и т.п.)

Оборудование должно располагаться в соответствии с общим направлением грузопотока.

Крупное оборудование (толкательные, конвейерные и роликовые печи) удобно располагать вдоль цеха в несколько рядов, оставляя достаточные проходы и проезды между печами (2...3 метра).



Ширина проходов между проходными печами (толкательными, конвейерными и другими) должна быть 3...4 м, а между камерными печами 1,5...3 м.

Оборудование должно быть установлено так, чтобы к нему был открыт свободный доступ для ремонта.

В термических цехах камерные печи с разными габаритами устанавливаются вдоль длинных стен цеха в одну линию по загрузочной стороне. Толкательные и конвейерные печи, связанные одним процессом, также располагаются в одну линию, но по центральной оси печей.

Закалочные баки и ванны для охлаждения при изотермической закалке должны быть расположены в непосредственной близости от печей. При небольших печах баки устанавливаются с правой или левой стороны, а в конвейерных и толкательных печах - по оси печей.

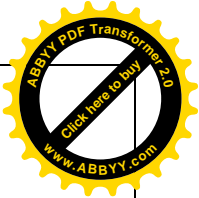
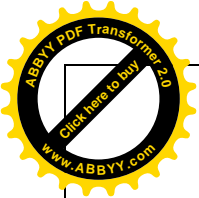
Оборудование, требующее установки монорельса (отпускные шахтные печи, шахтные печи для цементации, азотирования и нитроцементации), удобнее располагать у стен, чтобы монорельс можно было укрепить на консолях, заделанных в стену,

Участки жидкостного цианирования и азотирования должны отделяться от другого печного оборудования оштукатуренной перегородкой.

В печном зале, в зависимости от характера производства и для удобства работы, размещается дополнительное оборудование: моечные машины, правильные пресса и пункты ОТК.

Дробеметные и дробеструйные аппараты должны быть сосредоточены в закрытых помещениях у наружных стен цеха или в специальных пристроенных помещениях. В отдельных помещениях должно также располагаться оборудование для приготовления контролируемых атмосфер и генераторные станции. Небольшие газоприготовительные установки устанавливают вблизи печей.

При проектировании крупных термических цехов окончательной термической обработки следует предусмотреть площадь для оборудования механической мастерской с установкой 3-4 станков, а в печном зале при наличии муфельных печей для газовой цементации должно быть предусмотрена площадь для сборки муфелей.



При отсутствии подвала следует предусмотреть площадь для маслоохладительной установки, вентиляторов приточной и вытяжной вентиляции и воздуходувок.

Для термических цехов серийного и массового производства необходимо предусмотреть пункты или промежуточные склады для поступающей и обработанной продукции. При поточно-массовом производстве с использованием автоматических линий промежуточные склады не проектируются. В каждом цехе должна быть кладовая технологических вспомогательных материалов. В пристройках к печному залу располагаются вспомогательные помещения: кладовые, пирометрическая контора и другие служебные и бытовые помещения.

План расположения оборудования цеха выполняется в масштабе 1:100, а для крупных цехов - 1:200. На плане соответствующими условными обозначениями указываются:

габариты здания, наружные и внутренние стены, колонны, двери, ворота; границы входящих в состав цеха отделений и участков; проезды и проходы в цеху; помещения, изолированные перегородками; основное и вспомогательное оборудование, складские площадки и места для контроля деталей; подъемно-транспортные устройства (с указанием грузоподъемности); вспомогательные помещения, склады, кладовые, вентиляционные камеры, а также служебно-бытовые помещения, расположенные на площади цеха.

Оборудование изображается на плане условным контуром в предельных габаритах, с учетом крайних положений движущихся частей. Если оборудование устанавливается на фундаменты, выступающие за его габариты над уровнем пола, то фундаменты должны быть включены в габариты (пунктирными линиями).

Для правильного выбора высоты здания и увязки её с вертикальным расположением оборудования, наряду с горизонтальной планировкой вычерчивается разрез цеха по наиболее высокому оборудованию с нанесением контуров оборудования, установленного в данном сечении.

Планировочные решения при том или ином расположении оборудования зависят от характера производства, поэтому каких-либо общих положений, которые могут использоваться при планировке оборудования нет.

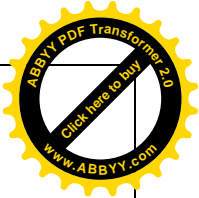
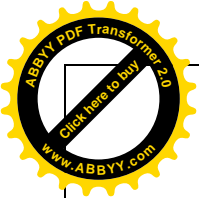
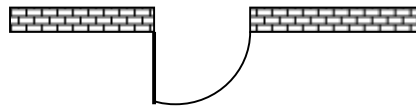


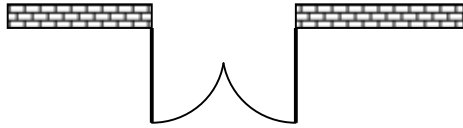
Таблица 22 Условные обозначения на планировках участка

1. Двери и ворота

Дверь (ворота) одностворчатая



Дверь (ворота) двухстворчатые



Дверь (ворота) откатная
одностворчатая.

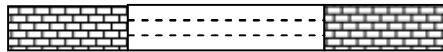


Дверь (ворота) откатная
(двухстворчатая).

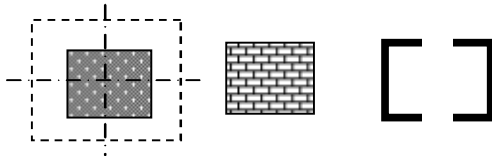


2. Окна, колонны, лестницы

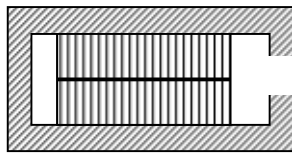
Окно



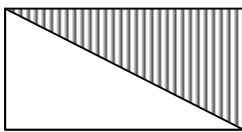
Железобетонная колонна и её
фундамент, кирпичный столб,
стальная колонна



Лестничная клетка



Спуск в подвал



3. Перегородки

Металлическая перегородка с
сетчатым верхом



Кирпичная перегородка
(толщина в 1 кирпич – 250 мм; в
1,5 кирпича -380 мм.



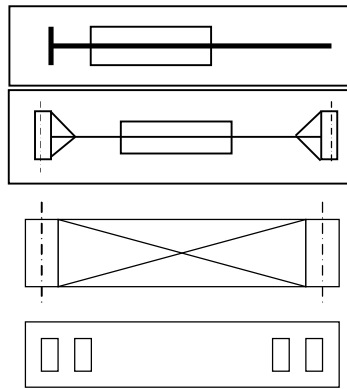
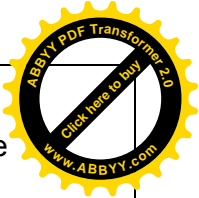
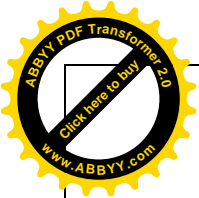
Звукоизолирующая перегородка



4. Различные виды подъемно-транспортного оборудования

Подвесной конвейер





Тельфер на монорельсе

Кран-балка с тельфером

Мостовой кран

Одинарный рольганг

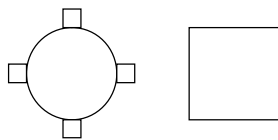
5. Складочные места, столы, бункеры



Верстак слесарный, стол для правки деталей, контрольный стол, стеллаж

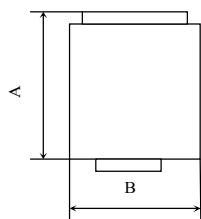


Складочное место, резервное место, промежуточный склад

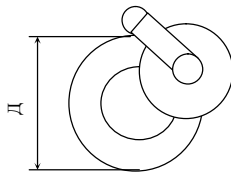


Бункер. Место для обдувки

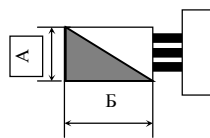
6. Основное и вспомогательное оборудование



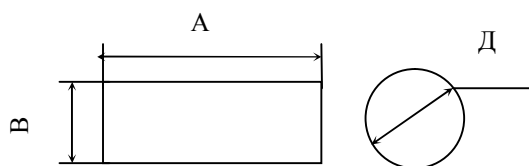
Печь камерная типа СНО, СНЗ.
А, В – габаритные размеры печи



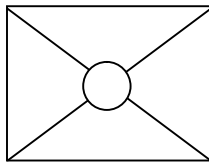
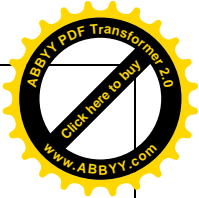
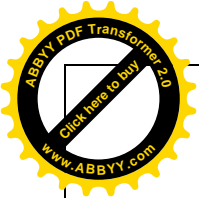
Печь шахтная типа США, СШО, СШЗ.
Д – диаметр наружный



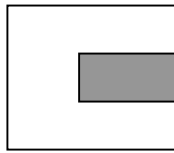
Соляная ванна электродная с печным понижающим трансформатором.
А, В – габаритные размеры



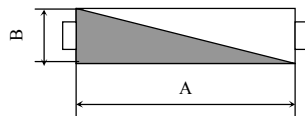
Баки закалочные, охлаждающие колодцы.
А, В, Д – размеры бака



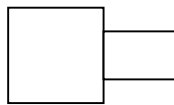
Пресс закалочный



Твердомер, установленный стационарно.



Методическая (толкательная, конвейерная) печь.



Камерная моечная машина.

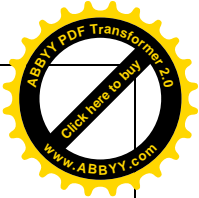
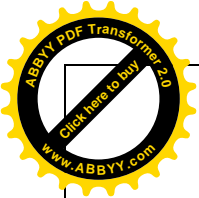


Моечная машина МКП, МТП

Обозначение промышленных разводов

Вода	▲	○
Пар	▲	○
Конденсат	▲	К
Газ	▲	■
Канализация	▲	□
Воздух высокого давления	▲	●
Воздух низкого давления	▲	⊙
Электрoэнергия	▲	⊗
Масло холодное	▲	×
Масло горячее	▲	×
Газ – контролируемая атмосфера	▲	×
Отсос пыли	▲	×
Отсос масляных и соляных паров	▲	×

11. Расчет электроэнергии вспомогательных материалов для технологических нужд



Для укрупненных расчетов количество электроэнергии и газа, расходуемые на 1 тонну термически обрабатываемых изделий, можно ориентировочно определить по данным таблицы.

Таблица 23 Расход электроэнергии в термических печах на 1 тонну нагреваемых стальных изделий в зависимости от применяемого оборудования и операции термообработки.

Наименование операции	Вид печи	Расход электроэнергии, квт час/ тонну
Закалка и нормализация	Камерные садочные	320
	Толкательные на поддонах	350
	Конвейерные	245
	Карусельные	220
Отпуск низкий, высокий	Конвейерные с принудительной циркуляцией воздуха и шахтные	60
Газовая цементация	Муфельные с толкателем	400
	Шахтные	500
Отжиг поковок	Периодического действия	350

Точный расчет расхода электроэнергии в электропечах производится по их мощности и количеству часов работы с учетом коэффициента использования мощности печи по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = N_{\text{уст}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{з}} \cdot K_{\text{и}}, \text{ квт час},$$

где \mathcal{E} - годовой расход электроэнергии, квт час

$N_{\text{уст}}$ - установленная мощность печей, квт,

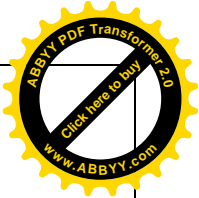
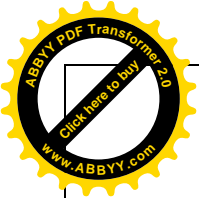
$\Phi_{\text{д}}$ - действительный годовой фонд времени работы оборудования, час.,

$\eta_{\text{з}}$ - коэффициент загрузки оборудования,

$K_{\text{и}}$ - коэффициент полезного использования печей по мощности.

Кроме расхода электроэнергии на нагрев в печах, необходимо также учесть потребность в силовой электроэнергии. т.е. расход электроэнергии на электродвигатели. Электродвигатели в термическом цехе применяются для толкателей и конвейеров печей, конвейеров закалочных баков, закалочных машин, правильных прессов, моечных машин, вентиляторов отпускных печей, точильных станков, дробеструйных аппаратов, подвесных конвейеров, тельферов, насосов, воздуходувок и др.:

мощность электродвигателей 5...7 квт (для толкателей), 15...20 квт (для конвейеров), 30 квт (для воздуходувок). После того как выявлены все потребители, составляется ведомость потребителей электроэнергии на год.



Для печей и нагревательных установок учитывается коэффициент загрузки и коэффициент использования, а для прочего оборудования только коэффициент загрузки. Ведомость расчета потребности в электроэнергии составляется по форме.

Таблица 24 Ведомость расчета потребного количества электроэнергии

Наименование оборудования	Мощность единицы оборудования, кВт	Количество единиц	Установленная общая мощность, кВт	Количество рабочих часов в году с учетом коэффициента загрузки	Потребное количество электроэнергии в год, кВтчас	Коэффициент использования мощности	Количество электроэнергии в год с учетом коэффициента использования мощности, кВт час
Итого							

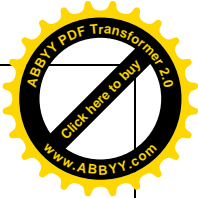
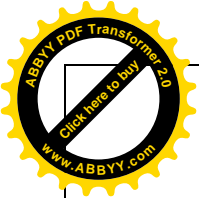
Удельный расход материалов при термической обработке
(отнесённый к весу нагреваемых изделий)

-- Защитная атмосфера. В муфельных или герметически закрытых печах при светлом отжиге 4-6 м³/т; продувка муфеля 4-6 м³/час; продувка муфеля 4-6 кратным объемом; расход газа при выдержке 1,5-2,0 м³/час; при охлаждении до 0,5 м³/час.

То же в печах непрерывного действия – 0,20-0,25 м³/кг

-- Закалочные среды

Масло веретенное , машинное, льняное и др.	1,0-2,0 %
10-% водный раствор NaOH	0,1 %
Вода	6-8 л/кг
-- Нагревательные среды NaCl, BaCl ₂ , KCl и др.	2,0 %
Цианистые соли, добавляемые в количестве 2,0-5,0 % для предупреждения	0,1 %



обезуглероживания	
Селитра калиевая и натриевая	До 1,2 %

-- Карбюризаторы для цементации: твердый при соотношении свежего и отработанного 25-30 : 70-75 от 3 до 5%; вес карбюризатора в ящике до 10% от веса деталей.

Керосин – 0,02-0,03 кг/кг, выход пиролизного газа из 1 кг керосина 0,6 м³.

Пиробензол в шахтных печах:

Размер муфеля, мм		Расход газа г/час
Диаметр	Высота	
350-450	600-700	200-300
450-550	900-1200	350-450
500-600	1200-1500	500-700

-- Аммиак при азотировании: 5-10г/кг деталей массивных, 20-50 г/кг деталей с большой учебной поверхностью.

-- Приспособления, поддоны, ящики

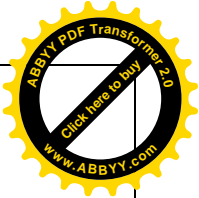
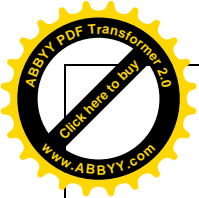
Ящики и поддоны для цементации: из листовой стали толщиной 5-10 мм – стойкость 200-250 часов – 5%; стального литья – стойкость 500 часов – 6-8%; из листов жаропрочной стали толщиной 5-10 мм – стойкость 2500-3000 часов – 0,5-1,0%; жаропрочного литья – стойкость 4000 – 5000 часов – 2%.

-- Матералы, применяемые при очистке деталей от окалины и промывке деталей:

При промывке – сода Na₂CO₃ (10%-ый водный раствор) – 0,25-0,5% каустическая сода; NaOH – 0,5-1,0%; вода – 20-30%; пар - 10-15%;

-- При песко-дробеструйной очистке от окалины – песок речной – 5-8%; дробь и стальной песок – 0,05-0,1%.

12. Техничко-экономические показатели работы участка



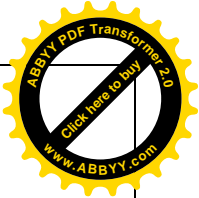
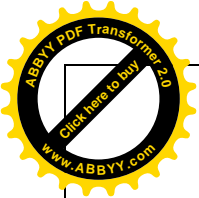
Приложения

Тематика курсовых проектов

№ п.п.	Название
	Участок для термической обработки инструмента из быстрорежущей и высоколегированной стали.
	Участок для термической обработки шестерен из сталей 18ХГТ, 20Х2Н4, 18ХМА.
	Участок для улучшаемых деталей, для штампов горячего и холодного деформирования
	Участок для цианируемых деталей машин из сталей марок 40, 40Х и т.п.
	Участок для термической обработки деталей из качественной высоколегированной стали (для деталей ответственного назначения)
	Участок для термической обработки цементуемых деталей из углеродистой стали.
	Участок для термической обработки болтов, гаек, шайб и других нормалей
	Участок для термической обработки азотируемых деталей
	Участок для термической обработки поковок сложной конфигурации из среднеуглеродистой качественной стали при твердости $\leq 270-300$ НВ.
	Участок для термической обработки изделий из пружинных сталей (рессоры, пружины горячей навивки, траки тракторов ит.д.)

13. Требования к реферату курсового проекта

Реферат должен отражать основное содержание курсовой работы. В нем излагаются краткие сведения о проведенной работе, являющиеся вместе с тем достаточными для принятия решений о необходимости обращения к первичному документу - курсовой работе. Заглавием реферата служит слово «реферат», написанное или напечатанное на отдельной строке. На следующей строке указываются сведения об объеме работы, количестве и, характере иллюстраций, количестве таблиц. После этого помещается перечень ключевых слов, включающий в себя от 5 до 15 слов, написанных или напечатанных заглавными буквами через запятые. Ключевым словом называется слово (существительное) или словосочетание (с существительным), выражающее отдельное понятие, существенное для раскрытия содержания текста. Ключевые слова в совокупности должны вне контекста давать достаточно полное представление о содержании работы.



После ключевых слов помещается текст реферата, который включает: основную часть, отражающую сущность выполненной работы; конкретные сведения, раскрывающие содержание основной части реферата (например, технические характеристики процессов, сведения о примененном оборудовании и площадях, основные технико-экономические показатели предлагаемого участка и т. п.).

Объем реферата, включая справочные сведения, ключевые слова и текст реферата, не должен превышать одной страницы.

Пример оформления реферата

РЕФЕРАТ

50 с, 10 рис, 2 табл. Ключевые слова: цементация, зубчатые колеса, участок, планировка

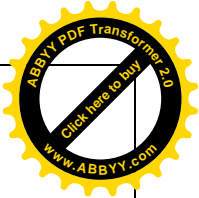
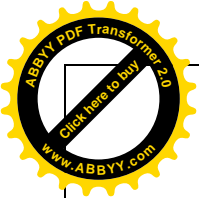
Проанализированы

Разработаны

14. Основные параметры камерных печей.

Размерно-параметрический ряд камерных электропечей периодического действия

Тип печи	Масса загрузки, кг	Мощность печи, кВт	Габаритные размеры, мм. (Ширина - Длина - Высота)		
Низкотемпературные печи с металлическими нагревателями, атмосфера - воздух.					
СНОС-6.7.12. / 3	-	12	1000	1100	1500
СНОС-10.13.10./ 3	-	32	1400	1700	1600
СНО-5.5.5. / 5	-	15	900	900	700
СНО-7.6,5.10 / 6	-	26	1100	1050	1200
Печи для нагрева изделий в защитной атмосфере.*					
СНЗ - 3.6.2. / 10	100	14	1150	1575	1570
СНЗ - 4.8.2,5 / 10	220	25	1520	2015	2115
СНЗ - 6.12.4. / 10	800	58	2055	2850	2455
СНЗ - 8.16.5. / 10	1350	81	2210	3250	2715
СНЗ - 5.10.5. / 9,5	-	140	-	-	-
Высокотемпературные печи с металлическими нагревателями, атмосфера - защитная.					
СНЗ - 4.8.2,5/ 12	150	25	1520	2015	1570
СНЗ -6.12.4. / 12	400	58	2055	2850	2450
СНЗ -8.16.5. / 12	800	81	2210	3250	2715
СНЗ - 11.22.7./ 12	-	135,5	3230	4130	3160
Высокотемпературные печи с нагревателями из карбида кремния, атмосфера - воздух(кислород).					



Тип печи	Масса загрузки, кг	Мощность печи, кВт	Габаритные размеры, мм. (Ширина - Длина - Высота)		
СНО - 2.3.2. / 13	-	23,6	1240	1155	1435
СНО - 3.4.2,5./ 13	-	30	1585	1590	1750
СНО - 5.8.3. / 13	-	50	1480	2165	2045
Высокотемпературные печи с дисилицид - молибденовыми нагревателями, атмосфера – воздух (кислород).					
СНО - 3.6.2,5 / 15	80	23,6	1380	1990	2000

*) Существует модификация для работы без защитной атмосферы.

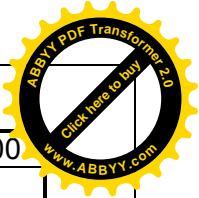
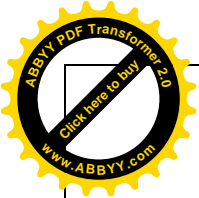
15. Размерно - параметрический ряд камерных печей с выдвижным подом*

Тип печи	Масса загрузки, кг	Мощность печи, кВт	Габаритные размеры, мм. (Ширина - Длина - Высота)		
Печи для сушки изделий.					
СНОС - 10.12.12. / 2	1800	-	2000	6000	4300
СНОС - 16.25.16. / 2,5	9000	-	3500	9500	4700
СНОС - 20.3.5.20. / 2,5	14000	-	3300	9000	5000
СДО - 10.25.15. / 3	3000	-	2000	5700	4300
СДО - 16.25.15. / 3	2400	-	2600	7800	4600
Печи для отпуска.					
СДО - 10.12,5.10. / 5	1200	80	1950	3800	2645
СДО - 11.18.10. / 7	1200	1100	2630	3900	3780
СДО - 25.90.18. / 7	40000	1510	6245	18620	5345
СДО - 30.60.20. / 7	-	875	-	-	-
СДО - 35.100.20. / 7	-	1840	-	-	-
СДО - 10.20.8. / 8	1000	1000	2900	9800	1300
Печи для нагрева стальных изделий.					
СДО - 20.40.15./10	-	396	-	-	-
СДО - 25.50.20. / 10	-	1450	-	-	-
СДО - 35.70.25./10	-	1637	-	-	-
СДО - 18.36.12. / 10	18000	-	-	-	-
СДО - 23.46.16. / 10	30000	-	6000	16600	1800
СДО - 8.15.8./12	-	80	-	-	-
СДО - 14.28.10./10-12	-	258	-	-	-
СДО - 14.36.10./12,5	-	300	-	-	-
СДО - 14.20.10./12	-	210	-	-	-
СДО - 28.5,6.20. / 12	40000	-	6100	18640	8625

*) Атмосфера везде - воздух

Размерно - параметрический ряд элеваторных печей

Тип печи	Размер рабочего пространства, мм. (ширина/диаметр/ - длина - высота)	Масса загрузк и, кг	Габаритные размеры, мм. (ширина - длина - высота)
Печи для отжига.			



СЭЗ-30.55.20. / 7 *)	3000	5500	2000	735	6100	7950	8800
Печи для эмалирования							
ОКБ - 4230 *)	3000	-	6000	10750	11840	7400	15140
ОКБ - 4231 *)	3000	-	2000	1420	7700	7100	6100
ОКБ - 4233 *)	3000	-	3000	5800	11200	7000	10130
ОКБ - 4195 *)	2700	-	3400	3490	7000	7000	8750
ОКБ - 4194 *)	1400	-	1000	600	5460	3100	5705
ОКБ - 4108 *)	2140	-	1950	2700	5700	3500	6940
СЭЗ - 30.40. / 10 **)	3000	-	4000	4800	7555	11320	11890
СЭО - 30.60.30./10***)	3000	6000	3000	4570	-	-	-
Агрегаты цементации.							
СЭЗ - 16.10. / 10 ***)	1600	-	1000	170	3850	6500	6800
СЭЗ - 16.16. / 7 **)	1600	-	1600	240	4500	6500	7300
СЭЗ - 16.16. / 3 *)	1600	-	1600	400	4400	6500	5500

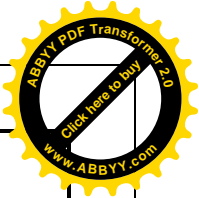
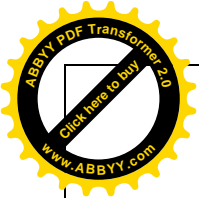
*) Атмосфера - воздух.

***) Защитная атмосфера.

***) Контролируемая атмосфера.

16. Размерно - параметрический ряд колпаковых электропечей.

Тип печи	Назначение	Масса загрузки, кг	Мощность, кВт	Габаритные размеры, мм. (ширина - длина - высота)		
Печи цилиндрические						
СГЗ - 16.37,5. / 5		7000	-	4250	14960	6990
СГЗ - 10.16. / 10	электропечь сопротивления колпаковая двухстендовая для светлого отжига стальной ленты и проволоки в рулонах.	4000	193,2	3000	6300	4050
СГЗ - 16.25. / 10		22000	-	3660	7620	8090
Печи прямоугольные						
СГЗ - 8.50.8. / 10		10000	-	3350	7935	3485
СГЗ - 10.56.10. / 10	для отжига стальных прутков и фасонных профилей в атмосфере эндо-, экзогаза, может быть использована для термообработки	12000	474	3200	17455	4460



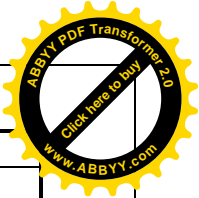
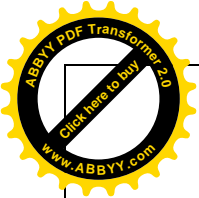
	труб, бунтов, проволоки длиной не более 6000 мм.					
--	---	--	--	--	--	--

17. Основные параметры конвейерных электропечей с камерами охлаждения

Тип электропечи	Назначение	Производительность, кг/час.	Габаритные размеры, м.		
			(ширина - длина - высота)		
СКЗ -4.20.1,5 / 11,5-Х45	Пайка твердым припоем	45 - 80	2,5	13,0	2,5
СКЗ -8.50.3,5 / 11,5-Х100	Отжиг, нормализация	250 - 450	3,6	21,0	2,5
СКЗ -8.50.2,5 / 10 - Х100	Отжиг, нормализация	300 - 600	3,6	21,6	2,5
СКЗ -14.60.3. / 7 - Х65	Рекристаллизационный отжиг, отпуск стальных и латунных деталей.	700 - 800	4,9	18,4	4,1
СКЗ -14.180.3. / 7 - Х30	“	<3000	4,9	27,4	4,1
СКЗ -14.75.4. / - Х30	Отпуск и другие процессы.	<800	3,3	12,9	2,9

18. Основные параметры серийных конвейерных электропечей (без камер охлаждения)

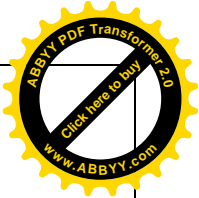
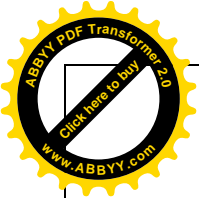
Тип электропечи	Производительность, кг/час.	Габаритные размеры, м.		
(ширина - длина - высота)				
Печи для нагрева под закалку в контролируемой атмосфере				
СКЗ -4.20.1. / 9	100 - 160	2,5	6,5	4,5
СКЗ - 4.30.1. / 9	150 - 240	2,5	7,5	4,5
СКЗ - 6.30.1. / 9	225 - 360	3,0	8,0	4,5
СКЗ - 8.40.1. / 9	400 - 640	3,0	9,0	4,5
СКЗ - 10.40.1. / 9	500 - 800	3,5	9,0	4,5
СКЗ - 10.70.1. / 9	870 - 1400	3,5	12,0	4,5
Печи для высокого отпуска в контролируемой атмосфере с номинальной температурой 700 о С имеют наименование и параметры, аналогичные предыдущим, например СКЗ - 4.20.1. / 7				
Печи для низкого отпуска в воздушной атмосфере с номинальной температурой 350° С				
СКО - 8.35.4. / 3	100 - 160	2,5	7,5	3,0



СКО - 8.55.4. / 3	150 - 240	2,5	9,5	3,0
СКО - 12.55.4. / 3	225 - 360	3,0	9,5	3,0
СКО - 12.75.4. / 3	400 - 640	3,0	11,5	3,0
СКО - 14.75.4. / 3	500 - 800	3,0	11,5	3,0
СКО - 14.100.4. / 3	870 - 1400	3,0	14,0	3,0
Печи для нитроцементации, атмосфера - эндогаз с добавкой природного газа и аммиака и номинальной температурой 900°С				
СКЦ - 4.30.1. / 9	100 - 160	2,5	7,5	4,5
СКЦ - 4.30.1. / 9	150 - 240	3,0	8,0	4,5

19. Технические данные шахтных печей периодического действия.

Тип печи	Размеры рабочего пространства, (диаметр-высота)		Т _{печи} , °С	Установленная мощность, кВт	Среда в рабочем пространстве
	Диаметр	Высота			
СШЗ-6.6 / 7	600	600	700	37	защитная
СШЗ-6.12 / 7	600	1200	700	52	“
СШЗ-6.20 / 7	600	2000	700	72	“
СШЗ-6.30 / 7	600	3000	700	107	“
США-5.7,5 / 7	500	750	700	42	Азотирующая
США-8.12 / 7	800	1200	700	95	“
США-8.24 / 7	800	2400	700	120	“
США-10.10 / 7	1000	1000	700	85	Защитная
СШО-15.30 / 7	1500	3000	700	202	Воздух
СШЗ-25.20 / 7	2500	2000	700	295	Защитная
СШЗ-12.60 / 9	1200	6000	900	350	“
СШЦМ-6.6 / 9	600	600	900	63	Цементационная или защитная
СШЦМ-6.12 / 9	600	1200	900	93	То же
СШЦМ-6.20 / 9	600	2000	900	108	“
СШЦМ-6.30 / 9	600	3000	900	153	“
СШЦМ-25/20 / 9,5	2500	2000	950	380	“
СШО-6.6 / 10	600	600	1000	70	Воздух
СШО-6.12 / 10	600	1200	1000	85	“
СШО-6.20 / 10	600	2000	1000	100	“
СШО-6.30 / 10	600	3000	1000	130	“
СШО-10.10 / 10	1000	1000	1000	111	“
СШЗ-10.20 / 10	1000	2000	1000	211	Защитная
СШЗ-15.30 / 10	1500	3000	1000	301	“
СШЗ-6.12 / 12	600	1200	1200	121	“
СШЗ-10.20 / 12	1000	2000	1200	211	“

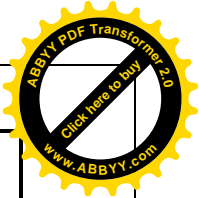
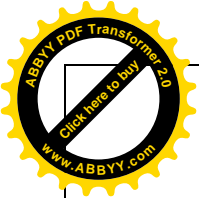


20. Размерно-параметрический ряд колпаковых электropечей

Тип печи	Масса загрузки, кг.	Мощность печи, кВт	Габаритные размеры, мм. ширина - длина - высота)			Назначение печи
Печи цилиндрические						
СГЗ - 16.37,5 / 5	7000	-	4250	14960	6990	электropечь сопротивления колпаковая двухстендовая для светлого отжига стальной ленты и проволоки в рулонах.
СГЗ - 16.16. / 7	-	252	-	-	-	
СГЗ - 10.16. / 10	4000	189	3000	6300	4050	
СГЗ - 16.25. / 10	22000	-	3660	7620	8090	
Печи прямоугольные						
СГЗ - 8.50.8. / 10	10000	-	3350	7935	3485	для отжига стальных прутков и фасонных профилей в атмосфере эндо-, экзогаза, может быть использована для термообработки труб, бунтов проволоки.
СГЗ-10.56.10./ 10	12000	474	3200	17455	4466	

21. Размерно-параметрический ряд камерных агрегатов для цементации и светлой закалки на 950/350 и 950/750°C

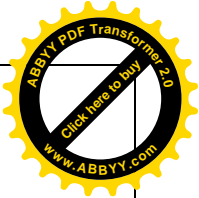
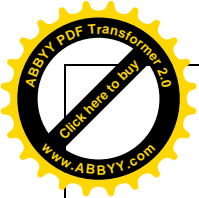
Тип агрегата	Производительность по нагреву, кг/ч.	Мощность, кВт	Габаритные размеры, мм (ширина - длина - высота)		
СНЦА - 5.10.5./9,5 - И2	-	139	2530	8000	3800
СНЦА - 5.10.5./3,5 - И3 Состав агрегата: Электropечь камерная универсальная СНЦ-5.10.5./9,5 с встроенным закалочным баком - 2 шт. Размеры поддона - 500x1000x500. Электropечь камерная СНО-5.10.5./3С1 - 1 шт.	400	485	8250	15250	3800



Машина моечная МНП-5.10.5./14. Механизм загрузки и разгрузки. Стол загрузки и выгрузки.					
СНЦА - 5.10.7 / 7С1 Состав агрегата: Электродпечь камерная механизированная СНЦ-5.10.5./10 с встроенным закалочным баком - 2 шт. Размеры поддона - 500x1000x500. Электродпечь камерная СНО-5.10.5./7 с баком замочки - 2 шт. Машина моечная МНП-5.10.5./1. Механизм загрузки и разгрузки. Стол загрузки и выгрузки	200	501	6700	14400	3600
СНЦА - 5.10.5. / 7,5 И2 Состав агрегата: Электродпечь камерная универсальная СНЦ-5.10.5./9,5 со встроенным закалочным баком - 2 шт. Электродпечь камерная СНО-5.10.5./7 - 2 шт.3. Машина моечная МНП-5.10.5./1. Механизм загрузки и разгрузки. Стол загрузки и выгрузки		491	6700	14400	3800
СНЦА - 8.12,5.6. / 7,5	750	-	7500	17050	4200
СНЦА - 8.12,5.6. / 3,5	750	-	7500	17050	4200

22. Литература

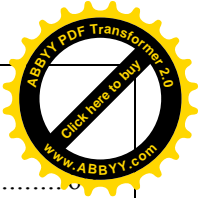
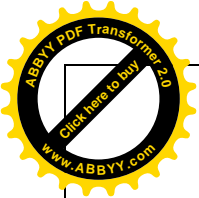
1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник. Г.В. Борисенко, Л.А. Васильев, Л.Г. Ворошнин и др., М.: Металлургия, 1981. 424 с.
2. Конструкционные материалы. Справочник. Под общей ред. Б.Н. Арзамасова. М.: Машиностроение, 1990. 688 с.
3. Термическая обработка в машиностроении. Справочник. Под ред. Ю.М. Лахтина, А.Г. Рахштадта. М.: Машиностроение, 1980. 783 с.



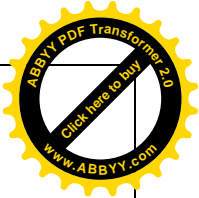
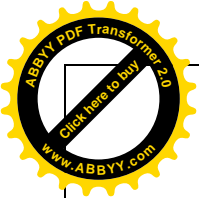
4. Смольников
5. *Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П.* Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1990. - 528 с
6. Марочник сталей и сплавов. Под редакцией В.Г. Сорокина. «Машиностроение». 1989, 639с.
7. *Солнцев Ю.П., Веселов В.А., Демянцевич В.П. и др.* Металловедение и технология металлов. - М.: Metallurgia, 1988. - 512 с.
8. Гуляев А.П. Металловедение. - М.: Metallurgia, 1977.
9. *Самохоцкий А.И.* Технология термической обработки металлов, М., Машгиз, 1962.
10. *Седов Ю.Е., Адашкин А.М.* Справочник молодого термиста. - М.: Высшая школа, 1986. - 239 с.

Содержание

1. Введение.....	2
2. Краткий план и содержание курсового проекта	3
3. Исходные данные для проектирования.	3
3.1. Чертеж изделия.	3
3.2. Технические требования на термическую обработку изделия.....	5
3.3. Выбор материала для заданного изделия.....	6
3.4. Выбор основного оборудования для термической обработки. Техническая инструкция на оборудование.....	13
3.5. Техническая инструкция на оборудование	13
3.6. Типовые детали и применяемые стали.....	14
3.7. Практика термической обработки режущего инструмента	21
3.8. Основные операции термической обработки режущего инструмента.....	24
3.9. Режимы науглероживания и окончательная термообработка цементованных изделий.....	28
3.10. Установление маршрутной технологии изготовления изделия.....	30
3.11. Установление операций и режимов термической обработки.....	33
4. Расчет времени нагрева садки	36
4.1. Определение времени нагрева при отпуске.	45
4.2. Разработка приспособлений для проведения различных режимов термической обработки	49
5. Заполнение технологической документации на термическую обработку изделий	57



6.	Расчет необходимого количества оборудования для проведения основных операций термической обработки	65
7.	Расчет необходимого количества вспомогательного оборудования.....	65
8.	Разработка компоновочной схемы и определение площади участка и грузопотоков	66
9.	Выбор здания, планировка и площадь	66
10.	Компоновка площадей и планировка	68
11.	Расчет электроэнергии вспомогательных материалов для технологических нужд.....	74
12.	Технико-экономические показатели работы участка	77
13.	Требования к реферату курсового проекта	78
14.	Основные параметры камерных печей.....	79
15.	Размерно - параметрический ряд камерных печей с выдвижным подом*	80
16.	Размерно - параметрический ряд колпаковых электропечей.....	81
17.	Основные параметры конвейерных электропечей с камерами охлаждения	82
18.	Основные параметры серийных конвейерных электропечей (без камер охлаждения)	82
19.	Технические данные шахтных печей периодического действия.....	83
20.	Размерно-параметрический ряд колпаковых электропечей	84
21.	Размерно-параметрический ряд камерных агрегатов для цементации и светлой заковки на 950/350 и 950/750°C.....	84
22.	Литература	85



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»
Факультет технологии и исследования материалов
Кафедра «Исследования структуры и свойств материалов»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
по дисциплине «Проектирование термических печей»
Термическое отделение для обработки инструмента
из быстрорежущей стали

Магистерская программа 150400.68 «Разработка металлических материалов.
Анализ структуры и свойств»

Выполнил

студент гр.5064/10

<подпись>

И.О. Петров

Руководитель

доцент, к.т.н.

<подпись>

В.В. Кисленков

Санкт-Петербург

2011