

Министерство образования Российской Федерации

ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра физики металлов и материаловедения

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению курсовой работы

"ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ"

для студентов специальности 120800

"Материаловедение в машиностроении"

очной формы обучения

Тула - 2000 г.

ВВЕДЕНИЕ

Постоянно возрастающая интенсивность работы деталей машин, механизмов, металлообрабатывающих инструментов и других изделий при одновременном уменьшении их массы предъявляет все более жесткие требования к качеству и надежности изделий, которые становятся важнейшими факторами технического прогресса. Совершенствование технологических процессов обработки материалов определяет рост эффективности и производства, заключающийся в повышении производительности труда, экономии материальных и энергетических ресурсов, а также качества продукции. Добиться высокого комплекса свойств, определяющих конструкционную прочность материала детали, можно применением специальных материалов, обладающих высокими механическими свойствами, и высокоэффективных методов упрочнения. Последовательность действий в разработке технологического процесса должна быть следующей: постановка задачи, разработка технических условий на готовую продукцию, выбор материала, разработка способов упрочнения, контроль качества готовой продукции.

Целью данной курсовой работы является систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний при проектировании технологических процессов упрочняющей обработки деталей машин и металлообрабатывающего инструмента. Однако сам принцип решения инженерной задачи не ограничивается термической обработкой и поэтому может применяться к разработке любого технологического процесса.

Курсовая работа выполняется студентами после изучения базовой дисциплины "Основы проектирования технологических процессов", а также теоретических и прикладных дисциплин, таких как "Теория термической обработки", "Прикладная механика", "Машиностроительные материалы", "Основы технологии обработки машиностроительных материалов" и др. Приобретенный навык проектирования технологических процессов студенты используют в дальнейшем как при выполнении дипломного проекта, так и в своей практической инженерной деятельности.

В настоящих методических указаниях изложены требования, предъявляемые к выполнению курсовой работы по составлению технологического процесса термической обработки детали машины или инструмента. Задание выдается руководителем в начале последнего семестра обучения, в течение которого студент обязан выполнить, оформить и защитить курсовую работу.

Разработка технологического процесса осуществляется в несколько этапов, наиболее важными из которых являются:

- изучить и описать работу детали в узле машины или металлообрабатывающего инструмента;
- на основе анализа условий работы детали или инструмента сформулировать технические условия на готовую продукцию;

- после сопоставления химсостава, свойств, экономических и технологических требований произвести выбор марки материала, который после упрочняющей обработки способен обеспечить уровень свойств, обусловленный техническими условиями;
- составить маршрутную технологию изготовления детали;
- обосновать выбор технологического процесса термической обработки;
- разработать параметры технологического процесса и методы контроля качества готовой продукции;
- произвести выбор основного, дополнительного и вспомогательного оборудования для выполнения всех технологических операций и рассчитать его потребное количество, согласно заданному типу производства;
- составить техническую документацию на выполнение технологического процесса.

Исходными данными для выполнения курсовой работы являются:

- конкретная деталь узла механизма или машины или какой-либо вид металлообрабатывающего инструмента;
- годовой объем выпускаемой продукции (тип производства).

Ниже подробно изложен методический подход к решению указанных задач на каждом этапе проектирования технологического процесса.

1. АНАЛИЗ РАБОТЫ ДЕТАЛИ В УЗЛЕ МАШИНЫ

При анализе работы детали (инструмента) необходимо составить эскиз или кинематическую схему узла, в котором работает данная деталь и описать взаимодействие смежных деталей. Построить эпюры и рассчитать действующие напряжения в опасных сечениях.

Указать:

1. Характер приложения нагрузки (статическая, динамическая, циклическая, знакопеременная и т. д.).
2. Тип трения (скольжение или качение).
3. Рабочую среду (условия смазки, влажность, наличие эрозии, условия коррозии и т. д.).
4. Температурные условия работы (низкая - ниже 0°C; комнатная 20 °C; повышенная - до 300...400°C; умеренно-высокая - до 700°C; высокая - выше 700°C).
5. Характер износа и причины преждевременного выхода детали из строя.

По каждому пункту сделать вывод о требуемых свойствах, обеспечивающих конструкционную прочность детали.

Так, например, если деталь работает в статически нагруженном состоянии, то важным свойством детали является прочность материала (σ), а не вязкость (КСУ). Именно прочность обеспечивает ее надежность и длительный срок работы. В то же время, если деталь работает в условиях динамического нагружения (удары), то наиболее вероятная причина выхода ее из строя - динамическое разрушение, а свойство, обеспечивающее безаварийную долгосрочную работу - высокая ударная вязкость. Или при трении скольжения требуется высокая износостойкость контактирующих поверхностей, а при трении качения - контактная усталость.

При анализе требуемых свойств необходимо кратко описать механизмы разрушения (что происходит на уровне структурных изменений и атомно-кристаллического строения).

Итогом данного раздела являются сформулированные технические условия (ТУ) на готовую продукцию, т. е. перечень и уровень физико-механических свойств материала детали, которые обеспечат конструкционную прочность. Технические условия необходимо представить в таблице "Технические условия на готовую продукцию".

2. ВЫБОР МАТЕРИАЛА

При выборе материала, из которого рекомендуется изготавливать детали, необходимо учитывать тот факт, что выбранный материал после термической обработки должен обеспечить весь комплекс физико-механических свойств, обусловленный техническими условиями на готовую продукцию.

Решение этого вопроса осложняется тем, что себестоимость детали определяется не только стоимостью материала, но и технологией упрочнения одновременно. Поэтому эти два вопроса необходимо решать одновременно, т. е. при выборе материала необходимо предвидеть технологические расходы и экологические последствия. Например, упрочнение поверхности детали можно получить двумя способами: посредством химико-термической обработки (ХТО) или поверхностной закалкой при нагреве токами высокой частоты (ТВЧ). Для химико-термической обработки применяют малоуглеродистые, чаще легированные, стали, в то время как для упрочнения закалкой при нагреве токами высокой частоты - среднеуглеродистые стали пониженной прокаливаемости. Второй вариант, как правило, дешевле в условиях крупносерийного и массового производства, а первый - в штучном и мелкосерийном.

Из примера видно, что выбор материала требует тщательного анализа и в последующем определяет весь технологический процесс и конструкцию технологического оборудования, а в общем случае - затраты на производство.

При выборе материала с учетом стоимости технологического процесса рекомендуется использовать метод технического анализа, который хотя и не дает прямого ответа о себестоимости продукции, но позволяет сократить количество вариантов технологий, которые необходимо подвергнуть трудоемкому экономическому анализу. Принцип метода заключается в том, что необходимо проанализировать все возможные варианты технологий и материалы, способные обеспечить свойства детали, определенные техническими условиями.

Пусть, например, для вала-шестерни (модуль зуба $m = 4$) сельскохозяйственной машины требуются следующие свойства:

- прочность сердцевины - в 750 МПа;
- ударная вязкость сердцевины - КСЧ 0,8 МДж / ;
- глубина упрочненного слоя - 0,8 0,1 мм.;
- твердость поверхности - 58...62 HRC.

Пусть фирма заказчик выпускает запасные части сельскохозяйственных машин, т. е. тип производства - мелкосерийный.

Из технических условий следует, что технологический процесс должен обеспечить поверхностное упрочнение детали на высокую твердость и высокую вязкость сердцевины одновременно. Это можно выполнить посредством ХТО или закалкой ТВЧ. Составим таблицу.

Таблица

Возможные способы упрочнения детали

№ п.п.	Способ упрочнения	Марка стали	Характеристика процесса	Оценка
1	Цементация в твердом карбюризаторе, закалка, низкий отпуск	Цементуемая	Высокая трудоемкость	0
2	Цементация в шахтных печах нефтепродуктами, закалка, низкий отпуск	Цементуемая	Цементуемая, закалка и отпуск осуществляются на отдельном оборудовании	1
3	Газовая цементация в шахтных печах нефтепродуктами, закалка, низкий отпуск	Цементуемая	Цементуемая, закалка и отпуск осуществляются на отдельном оборудовании	2
4	Газовая цементация в агрегате с непосредственной закалкой и отпуском	Цементуемая	Высокая стабильность процесса, высокая производительность	2
5	Газовая нитроцементация в шахтных печах, закалка, низкий отпуск	Цементуемая	Нитроцементация, закалка и отпуск производятся на отдельном	3

			оборудовании	
6	Газовая нитроцементация в агрегате с непосредственной закалкой и отпуском	Цементуемая	Высокая стабильность процесса, высокая производительность	2
7	Никотрирование	Конструкционная	Низкая скорость процесса	0
8	Азотирование	Конструкционная	Низкая скорость процесса	0
9	Закалка ТВЧ, низкий отпуск	Конструкционная	Сквозная прокаливаемость зуба	0
10	Закалка ТВЧ, низкий отпуск	Стали типа ПП или РП	Прокаливаемость на заданную глубину	2
11	Газопламенная закалка, низкий отпуск	Конструкционная	Низкое качество	0

Видно, что поверхность детали принципиально можно упрочнить многими способами (в таблице перечислено 11 способов, но в действительности их больше). Оценив техническую возможность упрочнения детали каждым из перечисленных способов, можно, не делая сложных расчетов, исключить те варианты, которые будут неэкономичны или невозможны для данного случая. Такие варианты (1, 7, 8, 9 и 11) отмечены оценкой "0".

Сравнивая варианты 2 и 3 можно сделать вывод, что цементация в газовом карбюризаторе дает более устойчивые по качеству результаты, чем цементация с помощью нефтепродуктов.

Сравнивая газовые методы ХТО и закалку ТВЧ стали ПП, последний метод упрочнения отклоняется по той причине, что мелко модульные шестерни, с модулем зуба меньше 5 дают сквозную прокаливаемость зуба, что недопустимо согласно ТУ.

Сравнивая между собой химико-термическую обработку на отдельном (шахтные печи) и агрегатном оборудовании при мелкосерийном производстве следует отдать предпочтение первому способу, так как обработка в агрегатах имеет высокую производительность и в результате малых объемов работ при мелкосерийном производстве будет низкий коэффициент загрузки оборудования.

И, наконец, сравнивая цементацию и нитроцементацию для упрочнения данных деталей, предпочтение следует отдать нитроцементации, так как практически при равных затратах, нитроцементированный слой обладает более высокой контактной выносливостью, по сравнению с цементованным.

Таким образом, методом технического анализа решены два взаимосвязанных вопроса - выбран класс материала и способ упрочнения детали.

Если технический анализ не дает однозначного ответа, то необходимо выполнить экономические расчеты (системный анализ), сравнивая варианты по себестоимости. Такая ситуация могла бы возникнуть, если бы модуль зуба шестерни был более 5.

Далее следует определить конкретную марку стали из класса цементуемых (стали, упрочняемые нитроцементацией относятся к классу цементуемых сталей). Для этого из справочной литературы [1, 2 или др.] следует выписать стали, которые удовлетворяют требованиям ТУ и сравнить их по химическому составу, механическим, физическим, технологическим и другим свойствам. Предпочтение надо отдать той марке стали, которая удовлетворяет ТУ, имеет высокую технологичность при изготовлении детали и содержит в своем составе минимальные концентрации дефицитных легирующих элементов.

Химический состав стали, как правило, определяет ее стоимость. По возрастающей стоимости легирующие элементы располагаются в следующем

порядке: кремний, марганец, хром, никель, молибден, вольфрам, титан, ванадий, кобальт, ниобий.

По изложенному принципу выбрать сталь-заменитель.

Для выбранных сталей описать составы, механические, физические и технологические свойства (прокаливаемость, критические точки, обрабатываемость, склонность к обезуглероживанию и росту зерна при нагреве и т.д.). Описать влияние легирующих элементов на свойства выбранных сталей в пределах их марочного состава. Представить в таблицах уровни указанных свойств со ссылками на соответствующие ГОСТы.

3. ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Технологический процесс термической обработки должен обеспечить деталям комплекс свойств не ниже, указанных в ТУ. При разработке технологического процесса необходимо определить порядок выполнения технологических операций, технологические переходы каждой операции и параметры каждого технологического перехода.

Технологический процесс состоит из основных, дополнительных и вспомогательных операций. Основные операции формируют комплекс физико-механических свойств материала детали. Дополнительные операции способствуют получению качественной продукции, предупреждают возможность возникновения брака или способствуют сокращению длительности технологического процесса. Вспомогательные операции снижают трудоемкость процессов, облегчают труд рабочего, создают нормальные санитарно-гигиенические условия на рабочем месте.

Например, требуется выполнить следующие технологические операции:

1. Привезти детали из склада на рабочее место;
2. Установить детали в приспособлении;

3. Закалить детали в масло;
4. Промыть детали;
5. Измерить твердость закаленных деталей;
6. Отпустить детали;
7. Измерить твердость деталей после отпуска;
8. Проверить детали по кривизне и выправить искривленные детали;
9. Отпустить после правки;
10. Отвезти детали на контроль.

Из перечисленных 9-и операций 3-я и 6-я являются основными; 2-я, 4-я, 5-я, 7-я и 8-я и 9-я - дополнительными; 1-я и 10-я - вспомогательными.

Порядок выполнения операций называется маршрутной технологией.

Прежде чем приступить к разработке параметров технологических переходов, необходимо определить тип оборудования, на котором будет выполняться каждая технологическая операция.

Укажем это для предыдущего примера:

1. Транспортировка - ручная тележка;
2. Нагрев под закалку - соляная ванна типа СВС;
3. Охлаждение - масляный бак с местным охлаждением;
4. Промывка - моечный бак с паровым обогревом;
5. Отпуск - шахтная печь типа СШО;
6. Измерение твердости - твердомер ТК-2М;
7. Правка - ручной пресс типа ПВ-1,5.

Далее необходимо каждую операцию разделить на технологические переходы и каждому переходу назначить параметры. Дополнительные операции, которые выполняются на рабочем месте какой либо основной операции описываются в основной операции.

Например: операция 2 является подготовкой изделий для выполнения операции 3, поэтому ее можно описать как первый технологический переход операции 3.

Операция

1. Закалка

Технологические переходы

- 1.1. Установить в отверстия сборки №5 10 деталей резьбовым концом вниз.
- 1.2. Опустить сборку с деталями в расплав соли.
- 1.3. Выдержать в расплаве соли детали.
- 1.4. Вынуть детали в сборке из соли и перенести в закалочный бак.
- 1.5. Охладить детали в масле непрерывно перемещая.
- 1.6. Вынуть детали из масляного бака и охладить на воздухе.
- 1.7. Переместить детали в сборке в промывочный бак.
- 1.8. Выдержать в промывочном баке.
- 1.9. Уложить детали в тару.

Каждый технологический переход характеризуется параметрами, которыми могут быть: тип оборудования, температура, время, скорость нагрева, состав среды, количество изделий, названия приспособлений, величина усилия, место расположения, способ расположения и др. Значения параметров зависят от физических свойств обрабатываемых материалов (температур критических точек, диффузионных параметров легирующих элементов, стабильности фаз и др.), свойств сред, применяемых для нагрева и охлаждения, организации технологического процесса и многих других факторов. Многие параметры приведены в справочной литературе: температуры нагрева при различных видах обработки стали, составы сред для нагрева, охлаждения, промывки, химико-термической обработки и т. д. Время нагрева или пребывания деталей в нагревательном устройстве определяют расчетным путем или пользуются нормативным материалом, разработанным на основе экспериментальных данных. Такие данные приведены в справочной литературе. Количество изделий, одновременно подвергающихся обработке (размер садки), зависит от типа, мощности и способа расположения деталей в рабочей камере. Эту задачу решает технолог в каждом конкретном случае, разрабатывая приспособления, оснастку и рабочий инструмент для каждого типа деталей, исходя из закономерностей равномерности прогрева или охлаждения и максимальной производительности оборудования.

В качестве охлаждающих сред при закалке используются водные растворы солей или щелочей, синтетические среды или минеральные масла, разработанные для термической обработки. В пояснительной записке должно быть описано обоснование выбора закалочной среды и ее характеристики.

Мойка деталей от масла осуществляется в промывочных баках или моечных машинах водными растворами кальцинированной соды, едкой щелочи или синтетических моющих средств. Необходимо указать концентрации растворов и рабочие температуры.

Транспортировка деталей в термических цехах и отделениях осуществляется с помощью ручных или механических тележек, тельферов, кран балок, мостовых кранов, электро- и мотокар или транспортных цепных конвейеров. Выбор транспортного оборудования производится в зависимости от способа производства и массы обрабатываемых изделий.

Контроль качества на промежуточных операциях и при приемке изделий производится неразрушающими методами, такими как: измерение твердости, испытание образцов-свидетелей, магнитными методами посредством сравнения физических свойств с эталоном и др. Коробление деталей после термической обработки осуществляется "часовыми" микрометрами или щупами с применением приспособлений для вращения детали или слесарных плит.

При разработке технологии необходимо подробно описать каждую технологическую операцию и обосновать назначенные параметры, опираясь на теоретические представления процессов, которые протекают в стали при воздействии на нее температуры, среды, давления и т.д.

Описать возможные причины, которые могут вызвать появление брака и мероприятия, по предотвращению нарушений технологического процесса.

После разработки режимов технологического процесса необходимо заполнить карту технологического процесса согласно ГОСТ.

4. ОБОРУДОВАНИЕ

Основное, вспомогательное и дополнительное оборудование выбирается в соответствии с разработанным технологическим процессом. Выбор производится путем сравнения технико-экономических показателей нескольких единиц разнотипного оборудования, позволяющих качественно осуществлять разработанный технологический процесс. Следует иметь в виду, что при малых объемах производства следует выбирать универсальное садовое оборудование. В условиях крупносерийного и массового производства экономически оправдано применение агрегатного оборудования непрерывного действия.

После выбора типа оборудования необходимо провести расчет его количества. При этом необходимо использовать конкретную производительность печи для разработанного техпроцесса, а не паспортную. Конкретную производительность P печи можно рассчитать, зная массу садки печи m и продолжительность обработки :

Необходимое количество единиц оборудования (N) рассчитывается по формуле:

где Φ - необходимый фонд эффективного времени работы оборудования для обработки, предусмотренного программой количества продукции, пече-часов (программа выпуска продукции Q в учебных целях может быть принята произвольной, исходя из характера

производства, и согласуется с руководителем); Φ_d - действительный фонд времени работы оборудования, час.

Величина Φ определяется из выражения:

где Q - годовое задание выпуска продукции, т; P - конкретная производительность единицы оборудования, т/час.

Определив значения Φ и Φ_d , можно рассчитать количество единиц оборудования $N_{расч.}$, которое может представлять любое дробное число. Действительное число единиц N_d оборудования получают округлением N до ближайшего большего целого числа.

Коэффициент использования оборудования K находят как отношение расчетного количества оборудования к действительному:

Далее необходимо описать принцип работы оборудования и конструктивные особенности данного типа агрегата или установки. Описание работы оборудования делается со ссылками на эскизы и схемы, иллюстрирующие его работу.

5. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка курсовой работы должна быть выполнена на стандартных листах формата А4, содержать текст, рисунки и таблицы. Объем пояснительной записки - не менее 20 стр. машинописного текста (размер шрифта 12 пунктов, интервал 1) или 30 стр. рукописного текста.

Пояснительная записка должна иметь следующие разделы:

1. Введение.

Во введении необходимо коротко описать, чему посвящена выполненная работа. Какие оригинальные решения она содержит.

2. Работа детали в узле машины.

Указать, к какому классу по назначению относится деталь. Представить схему сил, действующих на деталь при работе. Построить эпюры напряжений. Найти опасные сечения и проанализировать типы разрушений в этих сечениях. Сформулировать технические условия на готовую продукцию.

3. Выбор материала.

Указать класс материала, который обеспечивает комплекс свойств, обусловленных ТУ. Выбрать группу сталей, из которых можно изготовить деталь. Произвести технико-экономический анализ и предложить основную сталь и заменитель. Описать влияние легирующих элементов, присутствующих в сталях, на физико-механические свойства.

4. Технологическая часть.

Составить перечень технологий, которые могут обеспечить свойства детали не ниже указанных в ТУ. Выполнить технический анализ и выбрать оптимальную технологию. Составить маршрутную технологию. Описать порядок выполнения операций. Назначить и обосновать, привлекая теоретические представления, параметры всех технологических переходов. Составить технологическую карту.

5. Оборудование участка.

Выбрать основное, дополнительное и вспомогательное оборудование участка и рассчитать его количество. Описать принцип работы основного оборудования.

6. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский С.И., Гринберг Е.М. Методические указания по выполнению исследовательских дипломных работ для студентов специальности 1107 "Металловедение, оборудование и технология термической обработки", - Тула, ТулПИ, 1992. -20 с.
2. Соколов К.Н., Коротич И.К. Технология термической обработки и проектирование термических цехов. -М.: Металлургия, 1988. -383 с.
3. Хилл Перси. Наука и искусство проектирования. Методы проектирования, научное обоснование решений. Пер. с англ./ Под ред. Венды В.Ф. - М.: Мир, 1973. - 263 с.
4. Общемашиностроительные нормативы времени на термическую обработку изделий в печах пламенных, электрических и соляных ваннах. 4-е изд.- М.: НИИ труда, 1975. - 108 с.
5. Термическая обработка в машиностроении. Справочник./ Под ред. Лахтина Ю.М. и Рахштадта А.Г. - М.: Машиностроение, 1980. - 782 с.
6. Журавлев В.Н., Николаева О.И. Машиностроительные материалы. Справочник. Изд. 3-е. - М.: Машиностроение, 1981. - 391 с.
7. Термическая обработка стали. Пер. с нем./ Под ред. Бернштейна М.Л. М.: Металлургия, 1981.- 606 с.
8. Электротермическое оборудование. Справочник./ Под ред. Альтгаузена А.П., Смелянского М.Я. и Шевцова М.С. - М.: Энергия, 1980. - 480 с.

8. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. - М.: Металлургия, 1985. - 407 с.
9. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. - М.:Металлургия, 1975.- 584 с.
10. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справочник / Под ред. Л.С.Ляховича. - М.: Металлургия, 1981. - 423 с.
11. Поздняк Л.А., Скрынченко Ю.М., Тишаев С.И. Штамповые стали. - М.: Металлургия, 1980. - 244 с.

Лекция 1. Введение. Цель и задачи изучения дисциплины. Проектирование термических подразделений. Понятие проекта.

Для выполнения термической обработки на заводах организуют специальные подразделения в виде термических цехов или термических отделений и участков в других цехах. Каждое термическое подразделение характеризуется совокупностью производственных факторов, которые разделяются на две группы. Одна из них включает исходные факторы, определяющие производственную структуру термического подразделения. К ним относятся номенклатура изделий, технические условия на готовую продукцию, производственная программа, местные условия. Другая группа факторов указывает на специфику каждого термического подразделения: виды технологических процессов, основные производственные фонды, оборотные средства, рабочая документация, органы управления, состав работающих.

Проектирование подразделений начинается с получения и анализа исходной информации, после чего следует поиск и проработка справочной и нормативной информации. Наиболее ответственным на этом этапе является выбор оптимального технологического варианта обработки каждой типовой группы изделий в соответствии с ее назначением и спецификой данного термического подразделения.

В соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по подготовке инженера по специальности 120800 "Материаловедение в машиностроении" выпускник Вуза должен иметь практические навыки в решении инженерных задач по проектированию технологических процессов, обладающих минимальными затратами на производство и высоким классом выпускаемой продукции.

Целью преподавания дисциплины является систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по проектированию технологических процессов упрочняющей термообработки при выполнении технологического дипломного проекта по специальности "Материаловедение в машиностроении". Основные задачи дисциплины составляют: изучение организации проектно-конструкторской работы и порядка разработки технической документации на проектируемый технологический процесс.

В результате изучения дисциплины "Основы проектирования технологических процессов" студент должен самостоятельно принимать технические решения по совершенствованию существующего на производстве технологического процесса, уметь правильно составлять техническую документацию на разрабатываемый техпроцесс, уметь выполнять все необходимые расчеты производственной программы, температурно-временных параметров обработки, а также потребного количества оборудования, знать требования стандартов и ТУ, уметь обоснованно выбирать материал для изготовления деталей машин.

Проектирование термических подразделений. Понятие проекта.

Строительство новых, реконструкция действующих и техническое перевооружение предприятий осуществляется на основе разрабатываемых проектов.

Проект - комплекс технической документации, содержащей основные решения в виде чертежей, технико-экономических расчетов, пояснительных записок и других материалов, необходимых для осуществления строительства.

Под новым проектом понимается строительство, осуществляемое на новых площадках.

Реконструкция - полное или частичное переоборудование производства с заменой устаревшего оборудования, механизацией, автоматизацией, обеспечивающими увеличение объема производства, расширение ассортимента или повышение качества продукции на существующих площадях.

Проект, утвержденный в установленном порядке, является основным документом, по которому осуществляется строительство и финансирование.

Первым этапом проектирования является схема развития отрасли (обосновывающая документация). В составе схемы разрабатываются материалы с необходимыми расчетами, обосновывающие целесообразность проектирования, строительства или реконструкции.

Вторым этапом служит рабочий проект (РП) и рабочая документация (РД) которые могут вестись в одну или две стадии.

Для предприятий и сооружений, строительство которых осуществляется по типовым проектам, а также для технически несложных объектов проектирование ведется в одну стадию.

Проектирование сводится к выбору из числа готовых типовых проектов нужного варианта и к разработке по нему рабочих чертежей.

При двухстадийном проектировании вначале разрабатывают технический проект, и после его утверждения выполняют рабочие чертежи. Реализуется при строительстве предприятия с новым производством и крупных промышленных комплексов.

Содержание проекта. Проект включает:

- 1) Общую пояснительную записку;
- 2) Технологические решения;
- 3) Строительные решения;
- 4) Организацию строительства;
- 5) Жилищно-гражданское строительство;
- 6) Служебную документацию;
- 7) Паспорт строительства.

Общая пояснительная записка должна содержать исходные данные для проектирования; краткую характеристику объекта; сведения о потребности в топливе, воде, тепловой и электрической

энергии; трудовых ресурсах; результаты выполненных экономических расчетов; сведения о соблюдении требований норм, правил, инструкций и государственных стандартов. На основных чертежах должен содержаться план размещения предприятия и сооружения с указанием на нем существующих и проектируемых внешних коммуникаций и инженерных сетей, схема генерального плана, трассы основных электрических сетей.

Технологические решения содержат производственную расчетную программу, краткую характеристику и обоснование решений по технологии производства. На основных чертежах отражаются принципиальные схемы технологических процессов, размещения оборудования, грузопотоков, автоматизации технологических процессов.

Строительные решения содержат краткое описание основных архитектурно-строительных решений по зданиям и сооружениям. В разделе проекта "Организация строительства" указывается состав, объем и содержание проектной документации, предусмотренной инструкцией Госстроя. Сметная документация включает ведомости стоимости строительства объектов. При разборке проектно-сметной документации необходимо руководствоваться нормами технологического проектирования, а также документами по основным направлениям в проектировании объектов соответствующих отраслей.

При расположении термических подразделений следует учитывать господствующие направления ветров, чтобы дым, пыль, газы не заносились на площадки смежных цехов. Необходимо также предусмотреть возможность последующего расширения термических цехов и отделений.

Лекции 2-3. Проектирование процессов термической обработки - часть технологической подготовки производства.

Разработка и отладка технологических процессов термообработки является составной частью технической подготовки производства, заключающейся в проектировании рациональных и прогрессивных способов изготовления отдельных деталей и сборочных единиц, обеспечение прямооточности технологических маршрутов при максимальном использовании оборудования и производственных площадей.

В процессе технологической подготовки производства решают задачи планирования всех этапов подготовки к производству нового изделия, отработки изделий на технологичность, собственно технологического проектирования (разработка технологических маршрутов и процессов), нормирования (расчеты трудности операций и материалоемкости деталей) и конструирования (оснастки, специального и вспомогательного оборудования).

Технологическая подготовка производства осуществляется на основе системы ГОСТов "Единая система технологической подготовки производства" (ЕСТПП), по которым установлены два вида технологических процессов: единичный - для изготовления изделий одного наименования и типовой - для группы однотипных или разнотипных изделий.

По основному назначению технологические процессы подразделяют на рабочие, применяемые для изготовления конкретного изделия в соответствии с требованиями рабочей технической документации, и перспективные, используемые как информационная основа для разработки рабочих технологических процессов при техническом и организационном перевооружении производства.

По степени детализации различают маршрутный технологический процесс, операционный и маршрутно-операционный.

Проектированию технологических процессов по отдельным видам обработки предшествует разработка технологического маршрута.

Разработка технологического маршрута осуществляется на основе рабочих чертежей. Рабочий чертеж полностью прорабатывается конструктором и только он вправе изменить заданные требования. Однако для конструкторской проработки для повышения технологичности привлекаются службы главного технолога и главного металлурга. На этой стадии технической подготовки согласуются, исходя из требуемой прочности, вид и марка материала, вид термообработки, задается твердость и т.п.

Место термообработки в процессе изготовления отдельных заготовок и деталей устанавливается в межцеховом технологическом маршруте, который, как правило, разрабатывается службой технической подготовки производства отдела главного технолога.

В общем плане изготовления деталей операции т/о стараются провести перед чистовым этапом механической обработки.

Место термообработки определяется ее целью. В обобщенном виде целью т/о являются ликвидация внутренних напряжений в материале детали, повышение механических свойств материала до значений, требуемых техническими условиями на изготовление детали, а также создание специальных свойств путем насыщения поверхности при химико-термической обработке.

Непосредственно разработка технологических процессов т/о проводится при проектировании внутрицеховых технологических маршрутов.

Исходные данные для проектирования. Исходную информацию для разработки технологических процессов подразделяют на базовую, руководящую и справочную. В базовую информацию включают данные, содержащиеся в конструкторской документации на изделие (спецификации конструкторских документов, чертежи деталей, ТУ) и плановые задания.

Рабочие чертежи и ТУ являются основными документами. По чертежу определяется вид т/о, зона обработки, твердость, окончательные размеры. В технических условиях сформулированы требования к детали, не обозначенные на чертеже.

Плановые задания (производственная программа) позволяют определить при проектировании процесса тип производства (массовое, серийное, единичное), глубину проработки техпроцесса, вид оборудования (универсальное, специализированное).

Руководящая информация содержит данные, имеющиеся в стандартах всех уровней на техпроцессы и методы управления ими, оборудование и оснастку; в перспективных техпроцессах; производственных инструкциях. Она включает классификаторы заготовок, деталей, техпроцессов т/о, оборудования и оснастки, разрядов работ, а также стандарты на марки материалов, оборудование, оснастку.

Справочная информация включает данные типовых техпроцессов т/о деталей и заготовок, прогрессивных методов обработки, материалов по выбору технологических параметров (температуры, скорости нагрева, состава газовой атмосферы, технологических свойств охлаждающих сред и т.п.). К справочной литературе относят методики технико-экономической оценки выбора процессов т/о, расчета экономической эффективности и типовые компоновки оборудования участков, цехов и поточных линий т/о.

Последовательность проектирования технологических процессов термообработки. Разработка техпроцессов т/о включает:

Подбор типового техпроцесса;

Определение последовательности и содержания техопераций;

Назначение и расчет режимов обработки;

Выбор оборудования;

Определение, выбор и заказ новых средств техоснащения;

Нормирование процесса;

Определение профессий и квалификаций исполнителей;

Организацию производственных участков;

Выбор средств механизации и автоматизации элементов техпроцессов и средств транспортировки;

Составление планировок производственных участков и разработку операций перемещения изделий;

Выбор тары для межцеховой транспортировки;

Оформление рабочей документации на техпроцессы.

Общие принципы технологических процессов термической обработки.

Общие положения: качество, эксплуатационная надежность машин и механизмов находится в непосредственной зависимости от соответствующих свойств их элементов - деталей, соединений и узлов. Статическая и динамическая прочность, сопротивление хрупкому разрушению, износостойкость, сопротивление усталостному разрушению, физические коррозионные и другие свойства материалов принадлежат к числу основных факторов, определяющих надежность и долговечность машин.

Высокие требования и свойства конструкционных материалов обусловлены возрастающей интенсивностью нагружения машин при одновременной тенденции к уменьшению массы. Неупрочненные материалы в редких случаях отвечают этим высоким требованиям, поэтому процессы упрочняющей обработки принадлежат к числу важнейших разделов технологии изготовления машин.

Основная цель термической обработки - требуемые изменения механических или других (физических или химических) свойств материала изделий.

Условия, которым должна удовлетворять прогрессивная термообработка.

Группа внешних условий (существенных для потребителей термообработанных изделий) включает выполнение конструкционных требований:

- Гарантированное обеспечение заданных свойств материала в единичном изделии и партиях изделий;
- Возможное уменьшение вредных побочных результатов (изменение размеров и формы изделий, ухудшение качества поверхности и поверхностного слоя).

Группа внутренних условий (характеризует уровень организации производства в термических цехах) отражает обеспечение высоких технико-экономических показателей в термических цехах:

- Минимальная трудоемкость и себестоимость;
- Минимальная продолжительность технологического цикла;
- Устранение брака;
- Наилучших условий труда.

Качество термообработки определяет следующие основные критерии:

- Обеспечение требуемых свойств материала;
- Сведение к минимуму побочных явлений - изменение прочих параметров предмета производства;
- Обеспечение высоких технико-экономических показателей термического передела.

Классификация процессов и способов выполнения операций термической обработки. Структура технологического процесса.

Технологией называется совокупность методов, применяемых с целью изменения свойств, формы, размеров и других характеристик исходных материалов и полуфабрикатов при изготовлении продукции. Технология выступает в виде технологического процесса, являющегося главной частью производственного процесса.

Применительно к термической обработке технологический процесс представляет собой разнообразные способы теплового воздействия на металл, находящийся в твердом состоянии, для изменения его структурных свойств.

Иногда тепловое воздействие сочетается с химическим (ХТО) или механическим (ТМО) воздействием.

Процесс естественного старения (т/о дюралюминия) при температуре окружающей среды, проходящий без применения специальных технических средств и без непосредственного участия человека, но под его контролем тоже относится к группе технологических процессов.

Технологический процесс состоит из операций. Технологическая операция - законченная часть технологического процесса т/о, ограниченная промежутками времени, в течении которых предмет производства (изделие, заготовка) не подвергается тепловым воздействиям, т.е. находится при атмосферной или близкой к атмосферной температуре, может краситься, подвергаться транспортировке, контролю и пр.

Операции разделяют на основные (термические), непосредственно связанные со структурными изменениями в металле (закалка, отпуск, отжиг) и дополнительные (очистка, правка, меднение и др.). Тщательно выполняя основные операции, можно устранить необходимость в некоторых дополнительных. Обработка в контролируемой атмосфере исключает потребность в травлении

изделий; цементация с применением твердого карбюризатора отдельных упрочняемых участков поверхности не требует применения трудоемкой операции "меднение".

Классификация термических операций. Помимо общей классификации видов т/о (отжиг 1 и 2 рода, закалка, отпуск, старение) существуют квалификационные категории т/операций, отражающие степень термообработки в общезаводском цикле изготовления, технологические связи термообработки со смежными процессами и производствами.

Итак, термические операции классифицируют:

1) По характеру фазовых и структурных изменений:

- Отжиг 1 рода: - закалка,
- Отжиг 2 рода - отпуск, - старение.

2) По характеру обрабатываемых участков изделия:

- Объемные, - местные,
- Поверхностные, - последовательные.

3) По месту в общезаводском процессе изготовления:

- Предварительные;
- Промежуточные; - окончательные.

4) По связям со смежными процессами:

- Преемственные; - совмещаемые.

Каждая основная операция является главной структурной единицей процесса термообработки и характеризуется технологическими, организационными и экономическими аспектами.

Термические операции выполняются в пространстве (схема перемещения изделий, планировка термических участков и пр.) и во времени (последовательность чередования стадий операций, совмещение т/о со смежными производствами (закалки с гибкой)).

Технологическая операция (ТО) делится на технологические стадии (переходы и приемы).

Технологический переход (ТП) законченная часть технологической операции т/о, ограниченная от остальных частей по какому-либо основному критерию (например, по направлению изменения температуры, по сущности протекающих внутренних превращений).

Основные ТП - нагрев, выдержка, охлаждение. Каждый основной ТП может разделяться на составляющие (нагрев - на подогрев и выравнивающий нагрев, охлаждение - на подстуживание и охлаждение до температуры окружающей среды).

Расчленение ТО на ТП позволяет интенсифицировать процессы т/о и повысить их точность:

- Операции со ступенчатыми технологическими режимами (закалка через воду в масло);
- Операций с min временем прохождения изделий при опасной для роста зерна температуре (нагрев расчленяют на подогрев и окончательный нагрев);
- Операций ускоренной цементации с поддержанием на различных стадиях насыщения различного углеродного потенциала.

Приемы обработки - законченная часть технологической операции (вспомогательный переход), состоящая из действий наполнителя и (или) технологического оснащения, которые не сопровождаются изменением состояния и свойств предмета производства, но необходимы для осуществления технологического перехода (манипуляция изделиями во время охлаждения, нагрева: покачивание, вращение, перемещение; подготовкой изделий к отработке(загрузка и выгрузка, подача изделий к печам).

Терминология. Технологический режим - нормированная совокупность температурно-временных условий воздействия на материал предмета производства при выполнении технологических операций.

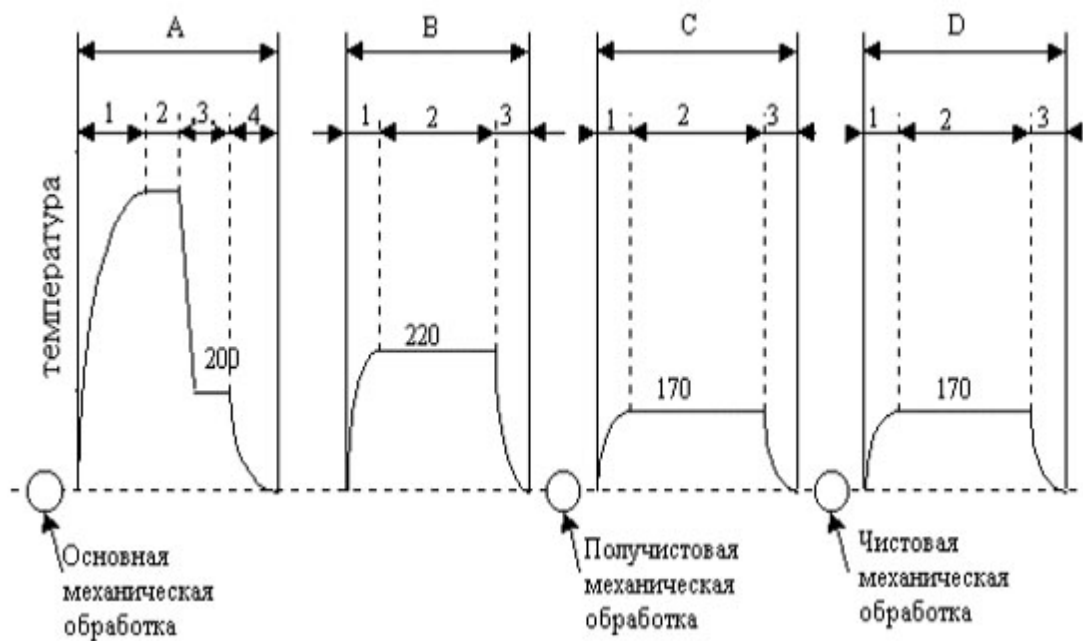
Технологический маршрут - маршрутная технология - последовательность прохождения предмета производства по подразделениям предприятия при выполнении технологического процесса.

Производственный цикл - интервал календарного времени от начала до окончания производственного процесса.

Цикл технологической операции - интервал времени от начала до окончания периодически повторяемой технологической операции.

Структура технологического процесса термической обработки и пример чередования механических и термических операций приведен на рисунке.

Технологический процесс термической обработки.



Термические операции: А - закалка; В - отпуск; С - 1-й стабилизирующий отпуск; D - 2-й стабилизирующий отпуск; 1-5 - технологические переходы операций термообработки.

Взаимосвязь термических операций. Целью т/о является придание изделиям определенных физико-механических свойств при сохранении по возможности исходных форм и размеров. Гарантеей получения заданных свойств является точное соблюдение технологического режима (температуры, технологической среды и времени). Т/операции непрерываемы, каждая операция должна быть завершена без перерыва (нельзя остановить нагрев, выдержку и охлаждение).

Непрерывность и технологическая взаимосвязь т/операций определяют побочный способ выполнения работ, а при длительных операциях - круглосуточный режим работы термических участков.

Количество одновременно обрабатываемых изделий, способ их укладки, режим работы влияют на инерцию процесса, от которой зависят скорость и точность обработки.

Некоторые термические операции характеризуются высокой технологической самостоятельностью и называются обособленными (обжиг, нормализация).

В других процессах т/о смешение операции технологически взаимосвязаны, параметры одной оказывают влияние на параметры другой ("Улучшение" - начальный этап - закалка, потом отпуск) или ("цементация" - включает обязательно последующую закалку). При обработке холодом нельзя допустить стабилизацию остаточного аустенита закалки, поэтому выдержка перед обработкой холодом ограничена. Охлаждение при закалке массивных изделий сложной формы часто производят до определенной температуры, после чего еще горячие изделия "отпускают".

Комплексные технологические процессы. При выполнении таких ТП, сочетающих термообработку с формообразованием, предыдущая операция автоматически переходит в последующую. (Устанавливают такой температурный режим нагрева заготовок перед пластической деформацией, который обеспечит не только получение нужной формы, но и

оптимальные физико-механические свойства → требуется только точно регламентировать режим охлаждения).

В преемственных процессах технологические факторы предыдущих операций (теплота) используются для осуществления последующих термических операций.

- Кольца подшипников после закалочного бана передаются еще горячими в моечную машину, где моющий раствор выполняет функцию теплоносителя и завершает стадию закалки.

- При ковке температура завершающего этапа пластической деформации определяет температурный режим последующей т/о.

В совмещенных процессах в едином цикле при совмещении во времени и в пространстве выполняют различные операции. Технологические связи при этом могут ограничиваться рамками термообработки (самоотпуск, совмещение отпуска с правкой) либо распространяться и на смежные производства, когда технологические параметры т/о сочетаются с параметрами процессов смежных производств (совмещение закалки с гибкой рессор).

Характер совмещенной технологии термической обработки. Прогрессивный характер технологии определяется достижением высокого качества продукции при экономической эффективности его реализации. Этому должно способствовать не только внедрение наиболее совершенных процессов термообработки, но и решение задач, связанных с определением рационального места этой обработки в общезаводском цикле изготовления, с выбором термического оборудования и др.

Понятие современной технологии объединяет в себе создание и применение новых материалов с заранее заданными свойствами, прогрессивных материало- и энергосберегающих процессов формообразования и термообработки.

Использование точных заготовок изменили методику определения рационального места выполнения термообработки в общезаводском цикле изготовления и оказали влияние на способы выполнения термических операций.

Изучение и разработка технологии должно базироваться на практическом анализе каждой термической операции (достоинства и недостатки); на совершенствовании методики выполнения термообработки в общезаводском цикле изготовления. Каждую термическую операцию следует рассматривать как составляющий элемент общецехового технологического маршрута.

В основу построения современных технологических процессов термообработки одновременно закладывают технологический, организационный и экономический принципы.

Технологический - предусматривает введение таких процессов и технических средств, которые в совокупности обеспечивают быстрое получение заданных свойств высокопроизводительными и экономическими способами.

Организационный принцип требует, чтобы характер технологических процессов, способы и приемы работы, технические средства полностью соответствовали организационной структуре данного подразделения.

Экономический - обуславливает выполнение намечаемых процессов не только высококачественно, но и с минимальными издержками производства при максимальной экономии трудовых, энергетических и материальных ресурсов.

Лекция 4. Стадии проектирования промышленных предприятий, цехов термической обработки. Документы проекта.

Государственная система проектирования реальных объектов: предприятий, цехов, отделений предусматривает выполнение проекта в несколько стадий: технико-экономическое обоснование (проектное задание); технический проект и рабочие чертежи.

Проектное задание включает в себя материалы, обосновывающие целесообразность проектирования, строительства предприятия, цеха. Определяется расчетная стоимость строительства, проводится анализ ресурсов, наличие электроэнергии и воды, анализ рабочей силы и ее квалификации. Предусматриваются мероприятия по комплексному использованию природных ресурсов и защите окружающей среды.

В техническом проекте разрабатывают и технически обосновывают технологические варианты обработки; намечают виды технологического оборудования и его количество; определяют средства механизации и автоматизации; составляют схемы грузопотоков и планировку участков с учетом рельефа местности. Технологическую и другую документацию в техническом проекте со степенью, необходимой для последующего выполнения рабочих чертежей.

Выполнение рабочих чертежей производится на основе утвержденного технического проекта. В состав основных чертежей входят: план размещения предприятия с указанием на нем коммуникаций и инженерных сетей; чертежи нестандартного оборудования и оснастки; принципиальные схемы технологических процессов и механизации производства; схемы автоматизации технологических процессов.

В разработке каждой стадии принимают участие проектные институты, что сопряжено с большими затратами времени. Учебный дипломный проект выполняется 1 студентом в течении ограниченного времени. Представляя собой миниатюру реального проекта, он, в тоже время, должен отражать все стадии проектирования и содержать решение перечисленных выше задач.

Учебно-методические задачи дипломного проектирования. Дипломное проектирование является заключительным этапом учебного процесса в вузе, завершает подготовку специалистов и имеет своей целью расширение теоретических знаний студента, овладение студентом навыками самостоятельного решения инженерных задач. Дипломный проект является выпускной работой студента, на основе которой ГЭК решает вопрос о присвоении студенту квалификации инженера.

Дипломный проект разрабатывается на основе реальных материалов завода, на котором студент проходил практику. Закрепление за студентом темы дипломного проекта оформляется приказом по вузу перед направлением студента на преддипломную практику. В соответствии с темой дипломного проекта руководитель выдает студенту задание по изучению производства и сбору материалов к проекту. Дипломное проектирование максимально приближается к реальному проектированию, при котором частично стираются грани между самим проектированием и практикой, т.к. часть дипломного проекта может быть выполнена на практике. Реальными дипломными проектами считают:

1. Проекты, выполненные по заказам предприятий на уровне технического проекта цеха или отделения с выполнением ряда узлов в виде рабочих чертежей, пригодных к передаче предприятию для внедрения;
2. Проекты, содержащие оригинальные инженерные решения, по которым поданы заявки на изобретения;
3. Исследовательские работы и проекты, опубликованные в печати;
4. Проекты, рекомендованные ГЭК для внедрения.

В задании ан дипломный проект, кроме темы, руководителем указывается перечень вопросов, подлежащих разработке, а также ориентировочно перечень чертежей, графиков и диаграмм для иллюстрации дипломного проекта.

Состав и объем дипломного проекта. Дипломный проект включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть. В расчетно-пояснительной записке представляют все данные для понимания содержания дипломного проекта с приложением схем, графиков и т.п. каждое проектное решение должно быть рассмотрено не только с технической точки зрения, но и с позиций экономической целесообразности, автоматизации процесса, охраны труда и техники безопасности, охраны окружающей среды. Объем записки не должен превышать 120 листов рукописного текста. Расчетно-пояснительная записка состоит из:

1. Введение
2. Общая часть
3. Специальная часть
4. Нагревательные печи и устройства
5. Теплотехническая часть
6. Теплотехнический расчет и автоматизация нагревательных устройств
7. Экономическая часть
8. Охрана труда и противопожарные мероприятия
9. Список литературы

Графическая часть дипломного проекта состоит из 9-10 чертежей. Перечень графического материала устанавливает руководитель проекта. Обычно представляют:

1. Кинематическая схема узла машины -1л
2. Общий вид конструкции печей и агрегатов -2л

3. Общий вид приспособления при термообработке -1л
4. Планировка термического отделения -1л
5. Графики основных разработанных режимов термообработки деталей -2л
6. Техничко-экономические показатели-1-2л
7. Схемы автоматического контроля технологических процессов или автоматического управления оборудованием-1л

Ко всем чертежам в графической части представляют расчеты и описания в пояснительной записке дипломного проекта. Графическая часть проекта должна соответствовать требованиям ГОСТам и ЕСКД. Чертежи оборудования следует выполнять карандашом, графики, таблицы и схемы - тушью, причем рамки и штамп на листах с изображением схем и графиков выполняются на оборотной стороне листа. Чертежи должны быть пронумерованы и подписаны дипломником, консультантом и руководителем проекта.

Календарный план работы студента над дипломным проектом должен составляться таким образом, чтобы выполнение независимых друг от друга разделов велось параллельно, что позволит снизить утомляемость, разнообразить труд.

При составлении расчетно-пояснительной записки рекомендуется больше использовать оригинальных журнальных статей, книг. Использование заимствованных из литературы данных без указания источника не допускается. Порядковый номер данного источника указывается цифрой в квадратных скобках и соответствует порядковому номеру литературного источника в списке использованной литературы.

Оформление пояснительной записки дипломного проекта. Записка пишется от руки черными или фиолетовыми чернилами и представляется на кафедру в твердом переплете. Допускается с разрешения заведующего кафедрой представлять записку в печатном виде. Формат бумаги А4. Размеры полей, мм: левого 30, правого 10, верхнего 15, нижнего не менее 20. Страница не обводится рамкой. Для обозначения абзаца пропускается пять знаков от линии левого поля.

Разделы записки нумеруются арабскими цифрами в пределах всей записки. Номер и название раздела разделяются точкой. Название раздела пишется посередине страницы, причем переносы в названии не допускаются.

Каждый раздел начинается с новой страницы. Подразделы, из которых может состоять раздел нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела в следующем порядке: № раздела, точка; № подраздела, точка; название подраздела. После названия подраздела точка не ставится.

Если подраздел делится на пункты, то № пункта записывается с абзаца в следующем порядке: номер раздела, точка; номер подраздела, точка; номер пункта, точка.

Внутри пункта допускаются подпункты, которые обозначаются строчной буквой с круглой скобкой: например, а).

Страницы записки нумеруются сквозью, от титульного листа до последнего листа приложений: с.1-титульный лист;с.2,3-задание на дипломное проектирование;с.4-реферат;с.5-оглавление;с.6 и последующие - текст записки. На первых 4 страницах номера не ставятся, на остальных ставятся в верхнем правом углу.

Страницы, занятые иллюстрациями и таблицами, включаются в сквозную нумерацию. В оглавлении указывается номера и названия разделов, подразделов, приложения и номера страниц, с которых они начинаются.

Технические расчеты типового характера должны содержать: эскиз или схему рассматриваемого узла или детали; задачу расчета; данные для расчета; сам расчет; техническое решение. Далее отдельной строкой записываются значения рассчитанных технологических параметров.

Таблицы должны содержать нумерацию в пределах раздела и надпись. Если в записке более одной таблицы, то над каждой таблицей справа пишется "Таблица", номер раздела, точка, номер таблицы, точка, например Таблица 5.1. единицы физических величин должны быть указаны так, чтобы исключались неясности. Таблицу, как и рисунок, следует помещать после первого упоминания о ней так, чтобы читать ее можно было не поворачивая записки.

Иллюстрации помещают при первом упоминании в тексте. Чертежи должны соответствовать требованиям ЕСКД. На графиках, построенных по экспериментальным данным, должны быть нанесены экспериментальные точки из опытов. Над осями делают надписи или обозначения отложенных величин. Под рисунком обязательна подпись "Рис.", номер раздела и номер рисунка в разделе, через точку и название рисунка. Если рисунок заимствован, то в квадратных скобках указывается порядковый номер источника по списку литературы.

Список литературы содержит только источники, на которые сделана ссылка. Источники располагаются в порядке появления ссылок на них в тексте.

Приложения оформляются как продолжение записки. Каждое приложение начинается с новой страницы, в правом верхнем углу пишется слово "Приложение", ставится номер, пишется название, затем следует содержание приложения. Все таблицы, формулы, рисунки нумеруются в пределах приложения.

Оформление графической части дипломного проекта. Объем и содержание графической части определяются заданием на дипломное проектирование. В дипломном проекте студенты выполняют: машиностроительные чертежи общих видов термических агрегатов и оборудования, чертеж плана проектируемого термического отделения, графики режимов термической обработки деталей, листы с результатами микроструктурного анализа, схемы автоматизации технологических процессов.

Форматы чертежей предусмотрены ГОСТ 2.301-81. Чертежи и демонстрационные плакаты выполняют на формате А1. Основную надпись располагают в правом нижнем углу чертежа, а поля для подшивки располагают с левой стороны от основной надписи.

Нумерация чертежей дипломного проекта должна быть сквозной, номера присваивают всем чертежам независимо от формата.

Графическая часть содержит элементы эскизного, технического и рабочего проектов: схемы, чертежи рабочего вида, сборочные чертежи.

Схема - чертеж, на котором показаны основные части изделия и связи между ними в виде условных обозначений. Схемы бывают электрические, гидравлические, пневматические, кинематические.

Чертеж общего вида - документ, определяющий конструкцию изделия и взаимодействие его составляющих частей, поясняющий принцип работы изделия. Наименования и обозначения составных частей изделия указывают на полках линий - выносок или в таблице - перечне составляющих частей изделия, расположенной на чертеже над основной надписью. Чертеж общего вида должен содержать текстовую часть и надписи, необходимые для понимания устройства, принципа работы изделия, наименование составных частей, материал, количество, техническую характеристику изделия.

Сборочный чертеж - документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки и контроля. Сборочный чертеж должен содержать: изображение узла машины с указанием габаритных, монтажных, размеров, определяющих взаимное расположение деталей в узле.

К сборочному чертежу надо составить спецификацию, помещаемую в приложении или на самом чертеже.

Чертеж детали - документ, содержащий изображение детали в том виде, в котором она поступает на сборку и другие данные для ее изготовления и контроля.

Он должен содержать: проекции, виды, разрезы, необходимые и достаточные для понимания конструкции детали; минимальное количество размеров; указания о шероховатости поверхностей, покрытиях, обработке, сведения о материале и его твердости, массу детали.

Демонстрационные плакаты содержат тематический заголовок, изобразительную часть, пояснительный текст. Оформление изобразительной части плакатов производится аналогично оформлению рисунков в записке.

Выполнение чертежей общего вида, сборочных и чертежей деталей должно выполняться в соответствии с требованиями ЕСКД.

Порядок допуска к защите. К защите дипломного проекта допускаются студенты выполнившие следующие требования:

1. Дипломный проект должен разрабатываться на основе реальных заводских материалов и содержать решения конкретных производственных задач.
2. Умение самостоятельно решать производственные задачи.
3. Содержание расчетно-пояснительной записки должно соответствовать заданию на дипломный проект, ее объем не должен превышать 80-120 страниц.

4. Графическая часть проекта должна соответствовать требованиям действующих ГОСТов и состоять из 8-10 листов.

Законченный дипломный проект, подписанный студентом, прочитанный консультантом, представляется руководителю, который составляет письменный отзыв о студенте и представляет его заведующему кафедрой. Ознакомившись с проектом и отзывом руководителя, заведующий кафедрой решает вопрос о допуске студента к защите и ставит свою подпись на проекте. Законченный дипломный проект отправляется на рецензию, с которой студент должен быть ознакомлен до заседания ГЭК.

Защита дипломного проекта происходит на заседании ГЭК. В своем докладе, продолжительностью 15 мин, студент должен кратко сформулировать цели и задачи дипломного проекта, кратко остановиться на технико-экономическом обосновании проекта и изложить основные результаты. После окончания сообщения студента он отвечает на вопросы председателя и членов комиссии, а также на замечания рецензента. Результаты защиты обсуждаются на закрытом заседании ГЭК, где дается оценка работы студента, заключение о реальности проекта и рекомендации в аспирантуру. По окончании заседания председатель ГЭК оглашает результаты защиты, объявляет решение ГЭК о присуждении квалификации, оглашает рекомендации в аспирантуру и поздравляет с окончанием института.

Лекция 5. Преддипломная практика. Назначение практики и ее роль в дипломном проектировании.

Базами преддипломной практики являются термические цеха металлургических и машиностроительных заводов. С предприятиями - базами практики вуз заключает договора, являющиеся основным юридическим документом для прохождения практики студентов. Перед выездом на практику студент должен получить на кафедре направление на практику и программу преддипломной практики, а также индивидуальные инструкции от руководителя проекта. По прибытии на завод студент в отделе технического обслуживания получает направление в цех согласно теме дипломного проекта и ему выделяется руководитель практики от предприятия. По окончании практики студент предъявляет руководителю практики отчет на основании программы практики и по возвращении в вуз сдает дифференцируемый зачет.

Целью практики является непосредственная практическая подготовка к самостоятельной работе в первичной должности мастера (смены, участка), инженера-технолога, научного сотрудника, инженера; сбор материалов по дипломному проекту, углубление и закрепление теоретических знаний.

К задачам практики относятся: изучение организации проектно-конструкторской работы, порядка разработки, прохождения и утверждения проектной, технической и конструкторской документации на предприятиях; методики разработки технологических процессов с помощью ЭВМ; приобретение практических навыков по проектированию и модернизации технологического оборудования; изучение новейших достижений науки и техники и порядка их внедрения; изучение вопросов экономики и экономического обоснования производственных решений; сбор материалов для дипломного проекта; обобщение, систематизация, закрепление и углубление знаний по специальным -дисциплинам.

В результате прохождения практики студенты должны:

Знать производственную программу термического цеха, назначения и условия эксплуатации изделий, требования стандартов и ТУ, марки стали, их характеристики, режимы и технологию термообработки, применяемое основное, дополнительной и вспомогательное оборудование, расходные материалы и энергоносители; структуру и планировку термического цеха, схему грузопотоков, технико-экономические показатели работы цеха, агрегата, строительные конструкции здания цеха, структуру себестоимости термообработки и технико-экономические показатели, осуществляемые в цехе меры по охране труда, технике безопасности, пожарной безопасности, охране окружающей среды.

Уметь выполнить все необходимые расчеты производственной программы, температурно-временных параметров режимов термообработки, потребного количества оборудования, состава контролируемой атмосферы, необходимого количества материалов, энергоносителей и т.д. в соответствии с заданием на дипломный проект. Разработать мероприятия по улучшению технико-экономических показателей работы.

Приобрести навыки основных инженерных профессий в цехе; инженерных и технико-экономических расчетов; определения площадей, выбора оборудования и разработки систем механизации и автоматизации процессов термообработки.

При изучении производства особое внимание необходимо обратить на технологические процессы термической, термомеханической и химико-термической обработки изделий, маршрутно-технологические карты и технологические инструкции на обработку, контроль качества. Нужно собрать данные о применяемом оборудовании для термической обработки и его характеристике, о показателях работы термических печей, высокочастотных установок, охлаждающих устройств и т.д.; автоматизации и механизации технологических процессов, подъемно-транспортных устройств; способах загрузки, укладки и выгрузки обрабатываемых изделий в печах, ваннах и др. нагревательных установках; применяемых приспособлениях и инструментах, способах регулирования и контроля температуры, среды, давления, установках для создания контролируемой атмосферы, правилах эксплуатации оборудования, расположении оборудования и грузопотоках, данные о поточности производства.

Анализ состояния производства на базовом предприятии. Анализ состояния производства должен выполняться студентом в период преддипломной практики на базовом предприятии. Обобщение собранного материала должно решить вопрос о целесообразности проектирования нового или реконструкции действующего термического отделения, основываясь на использовании отчета передовых машиностроительных предприятий. В технических отделах предприятий и цехов существует достаточное количество выполненных разработок, но не доведенных для внедрения в производство. Задача дипломника состоит в том, чтобы воспользоваться отчетами по выполнению НИР, содержащие готовые технические решения и использовать при разработке проекта.

Процесс проектирования достаточно длителен и является результатом труда многих людей. Но его можно сократить, взяв за базу то, что существует, и дополнить проектным решением.

В том случае, когда такой материал на предприятии отсутствует, анализ состояния производства состоит в следующем:

- Описать технологические процессы упрочняющей термообработки;
- Кратко описать материалы, применяемые для изготовления деталей заданного узла машины;
- Рассмотреть использование оборудования при упрочняющей термообработке.

Рассматривая существующий технологический процесс, надо проанализировать его с точки зрения соответствия современного уровня производства (производительность, трудоемкость, влияние на экологию). Например: цементацию в твердом карбюризаторе целесообразно проводить в единичном производстве, т.к. в массовом - она экономически невыгодна и трудоемка.

Анализ используемых для изготовления деталей материалов должен проводиться с позиций их стоимости, доступности, технологичности.

Применение устаревшего оборудования не позволяет осуществить прогрессивные методы обработки, автоматизировать управление процессом.

Настоящий раздел проекта должен заканчиваться определением путей совершенствования производства: использование современного оборудования, прогрессивных технологий и не дефицитных материалов.

Инициатива в этом принадлежит дипломнику, который должен согласовать свои решения с руководителем дипломного проекта. Решение может быть оригинальным.

Лекции 6-9. Методические указания к составлению отдельных разделов расчетно-пояснительной записки дипломного проекта.

Реферат. В реферате указывают сведения об объеме записки, количестве и характере иллюстраций, количестве таблиц, число чертежей, приводится перечень ключевых слов, составляющий объем от 5 до 15 слов, разделенных запятыми и отражающих основное содержание записки. Текст реферата включает краткое содержание всех частей дипломного проекта. Объем текста не должен превышать 1 страницы.

Введение. Цель данного раздела дать краткую характеристику содержания дипломного проекта. Во введении приводят краткую характеристику машины или механизма, для которых будут обрабатываться детали в проектируемом отделении, составить эксплуатационные характеристики данной машины с зарубежными аналогами и указать перспективы ее модернизации. В разделе надо показать какие технические решения по сравнению с существующими технологическими проектами предлагаются в дипломном проекте, и как они повлияют на качество выпускаемых машин, а также на технико-экономические показатели производства.

Т.о. данный раздел следует писать после завершения основной части проекта, т.к. обобщение целесообразно проводить на основе конкретного материала предложенных технических решений.

Объем вводной части составляет не более 3 страниц. Раздел "Введение", как правило, не имеет порядкового номера раздела.

Общая часть дипломного расчетно-пояснительной записки проекта делится на подразделы: расчет программы цеха, описание условий эксплуатации деталей, ТУ на готовую продукцию.

Расчет производственной программы цеха или отделения. Основой для него служат производственные программы цехов завода, продукция которых подлежит обработке в проектируемом термическом подразделении. В задании на проектирование программа задается укрупненно, т.е. за выпуск готовых изделий определенного типа (100 тыс. мотороллеров в год). На основе укрупненных показателей производится подетальный расчет производственной программы. Проектируя термическое отделение для обработки деталей мотороллера надо воспользоваться альбомами с технологическими картами по термообработке и определить номенклатуру изделий, подвергающихся упрочняющей термообработке, количество деталей каждого вида, необходимых для укомплектования 1 мотороллера с учетом потребности в запчастях и рассчитать общую потребность в термообработанных деталях каждого вида для выполнения производственной программы завода.

Если номенклатура деталей достаточно обширна, то они могут быть сгруппированы в технологические группы по различным признакам. В этом случае в производственной программе указывают только типичные представители этих групп деталей (2-3), которые принимаются для разработки техпроцесса, а количество деталей и их общая масса проставляются в целом по группе.

Процент выпуска запасных частей принимается в соответствии с планами базового предприятия и может составлять 5 или 20% (в зависимости от поломок). Завод покрывает только частичный выпуск запчастей (коленвал двигателя "Жигулей" могут изготавливать и на других заводах). При условии отсутствия на предприятии таких данных, количество запасных частей при расчете программы можно выбрать в диапазоне от 0 до 20% ("0"-для картера).

Программа отделения должна также учитывать количество деталей каждого вида, отошедших в брак при отладке технического процесса. В зависимости от сложности технологического процесса на его отработку может пойти от 0 до 2% (0,5-1,% обычно) деталей каждого вида. Если техпроцесс освоить (иногда за 1-2 года), то эти детали могут перейти в разряд запчастей.

Программа цеха (отделения) для каждой детали A_i в штуках рассчитывается по формуле:

$$A_i = П \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{a_i}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{b_i}{100}\right),$$

где П - годовая программа выпуска машин, шт.;

n- количество однотипных деталей в узле, шт.;

a_i -количество деталей, необходимых на отработку технологического процесса, %;

b_i - количество запасных частей, %.

Годовая производственная программа цеха (отделения) должна быть выражена в виде таблицы.

Таблица

Программа цеха (отделения)

№ п/п	Наименование детали	Марка материала		Размеры, мм	Масса, кг	Программа выпуска в год	
		Базовая	Проект.			Штук	тн
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ролик накатной	9хС	Шх15	Ø20х100	3,2	320	1,24
2	Шестерня	12хН3А	15хГНГ	Ø100х20	1,2	550	0,66
Итого							

В колонках таблицы указываются:

2- Наименование детали, допускается обозначение также 3-4-значным кодом (полная классификация насчитывает 12 знаков). Коды можно в записке не писать, а указывать одни наименования деталей;

3- Марка стали, из которой изготавливается деталь на производстве (базовая);

4- Предложенный с учетом недостатков проектный вариант сплава;

5- Габаритные размеры детали (необходимо знать при укладке деталей в приспособлении и поддоны в термических агрегатах);

6- Масса детали (берется из техкарты);

7 и 8 - количество и масса деталей по программе выпуска.

На основе производственной программы и разработанного технологического процесса выбирается оборудование, рассчитывается его количество, осуществляется планировка.

Характеристика критериев работы деталей в узле машины или механизма.

Выбор материала для каждой детали основан на техусловиях на готовую продукцию (ТУ). Техусловия представляют собой комплекс требований, которыми должна обладать деталь для обеспечения ресурса работы. Требуемый комплекс свойств зависит от условий работы детали в узле машины, который должен быть обеспечен правильным выбором материала и технологии упрочнения. Требования, предъявляемые к материалу, состоят в том, чтобы после упрочняющей обработки, он обеспечивал уровень свойств не ниже указанных в ТУ.

Решать вопросы выбора материала и упрочняющей технологии надо комплексно. В противном случае может оказаться, что материал недорогой, а упрочняющая обработка дорогая, в этом разделе должна быть показана эрудиция дипломника, умение работать с технической документацией и справочной литературой. Нет необходимости проводить замену базового варианта марки материала для каждой детали. Однако требуется доказать, что используемая для изготовления данной детали сталь обеспечит требуемый пакет свойств после термообработки. В некоторых случаях может быть предложена сталь, относящаяся к другому классу (базовый вариант - сталь 9ХС инструментальная, проектный - конструкционная сталь ШХ15).

ТУ разрабатываются на основе конструкторских расчетов, с которыми можно познакомиться в отделе главного конструктора на базовом предприятии, и уточняются в период эксплуатации изделий. ТУ записываются на поле чертежа и в технологических картах.

Условия работы детали. Разработку ТУ на основе анализа условий работы следует выполнить по указанию руководителя дипломного проекта на примере 2-3 деталей. Комплекс свойств, которыми должна обладать деталь в готовом виде устанавливается конструктором на основе расчетов и анализа условий ее работы в узле.

В пояснительной записке надо привести чертеж или кинематическую схему рассматриваемого узла и описать его работу. Это возможно найти в инструкциях, паспорте или справочной литературе (например "Ремонт и эксплуатация автомобилей ВАЗ"). Затем выделить деталь, для которой производится выбор материала, описать условия ее работы, рассмотреть действие сил, изгибающих и крутящих моментов и определить опасное сечение, где действуют максимальные напряжения и построить эпюры напряжений. Следует оценить надежность детали в зависимости от прочностных свойств материала.

Надо раскрыть критерии работы детали:

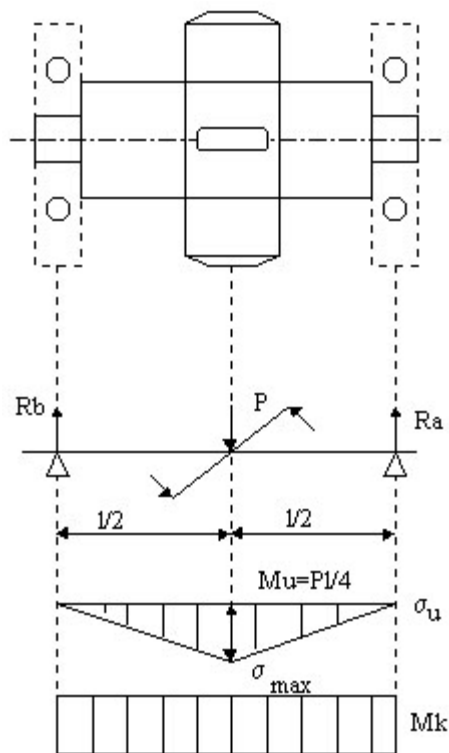
- 1) Характер нагружения (статический, динамический, циклический знакопеременный или знакопостоянный, равномерно распределенная нагрузка), определяющие свой тип разрушения.
- 2) Тип трения (скольжения или качения) определяет различные причины выхода из строя детали. Учитывая, что $f_{\text{сколж}} > f_{\text{качения}}$, следует иметь предпочтение подшипнику качения. Нужно подобрать "пару трения", обеспечивающую минимальный износ деталей сопряжения.
- 3) Температурные условия работы детали
 - низкие климатические (условия крайнего севера). Эксплуатация деталей из материалов с $T_x = -40^\circ\text{C}$ при $T_{\text{эксп}} = -50^\circ\text{C}$ опасна.
 - Нормальные ($-30^\circ\text{C} - +100^\circ\text{C}$). необходимо рассмотреть с точки зрения работы смазки в узле (сухое трение)
 - Повышенные температуры ($100^\circ\text{C} - T_{\text{рекр}}$) до $T_{\text{рекр}} = 700^\circ\text{C}$ для стали прочностными характеристиками являются σ_B , $\sigma_{0.2}$, σ_{-1} .
 - Высокие температуры ($T_{\text{эксп}} > T_{\text{рекр}}$). Основными прочностными характеристиками являются предел ползучести и длительной прочности.
- 4) Среда, в которой работает деталь
 - Влажная атмосфера (насосы)
 - Обычные условия (атмосферная коррозия)
 - Масляная ванна (шестерни в картере)
 - Морская вода, кислоты (агрессивная среда)
 - Резец токарного станка (работает с окислением, или без него)
- 5) Степень ответственности детали
 - Низкая
 - Высокая, когда использование дорогостоящих материалов обосновано сохранением жизни
- 6) Статистика отказов деталей на данном предприятии

Каждая деталь машины должна обеспечивать бесперебойную работу в течении определенного времени - ресурса. Детали с разной долговечностью приводят к удорожанию машины (разборка - замена - сборка). Надо стремиться к одинаковой долговечности деталей. Поэтому заданием спецчасти дипломного проекта рекомендуется разработка технологии повышения долговечности за счет использования упрочняющей обработки. В этом и состоит как раз задача технолога.

Значение свойств материала детали приводятся в подразделе "Технические условия на готовую продукцию". Данные по механическим свойствам стали, удовлетворяющей условиям работы детали в узле машины или механизма, можно взять в техническом отделе главного конструктора. Задачей технолога является обеспечение получения требуемого комплекса свойств.

Анализ работы деталей на примере зубчатого зацепления. Обоснование выбора материала. Основой для выбора материала, технологии его упрочнения и назначения методов контроля свойств является оценка действующих напряжений в детали при ее эксплуатации, позволяющая определить допустимые значения напряжений, а по ним уже выбрать марку материала и технологию упрочнения.

Рассмотрим это на примере вала коробки передач двигателя.



Валы предназначены для передаче крутящего момента и для поддержания вращающейся детали. Обычно они подвержены действию не только крутящих моментов, но и поперечных сил и изгибающих моментов. Силы на валы передаются через насаженные на валы зубчатые колеса, звездочки, шестерни и др. опорные реакции передаются через подшипники качения. Валы обычно рассматривают как балки на шарнирных опорах. для расчета валов надо вычислить изгибающие и крутящие моменты в опасных сечениях. При расчете валов строят эпюры этих моментов. Опасное сечение определяется эпюрами моментов. Номинальное напряжение в опасном сечении

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + \left(\frac{\sigma_m}{\tau_m}\right)^2 \cdot \tau^2} \leq \frac{\sigma_m}{K},$$

где σ и τ - напряжения изгиба и кручения, σ_T и τ_T - пределы текучести, k - запас прочности.

Выразив напряжение через моменты и приняв $\frac{\sigma}{\tau}$;

Номинальное напряжение в опасном сечении

$$\sigma_e = \frac{32 \cdot 10^3}{\pi d^3} \sqrt{M_x^2 + 0,75 M_k^2} \leq [\sigma].$$

Расчет на статическую прочность по номинальным напряжениям используют для определения диаметра вала. В этом случае расчет обычно ведут по номинальным моментам, а допускаемое напряжение выбирают по таблице [16.1, Решетов Д.Н. Детали машин, с. 324].

Допускаемое номинальное напряжение для валов

Источник концентрации напряжения	диаметр вала, мм	[σ], МПа, для сталей			
		35, Ст. 5	45, Ст. 6	45, закалка	40Х, закалка
		$\sigma_B \geq 500$	$\sigma_B \geq 600$	$\sigma_B \geq 850$	$\sigma_B \geq 1000$
		$\sigma_{-1} \geq 220$	$\sigma_{-1} \geq 260$	$\sigma_{-1} \geq 340$	$\sigma_{-1} \geq 400$
Деталь, надетая на вал по переходной посадке	30	80	85	90	95
	50	65	70	75	80
	100	60	65	70	75
Напрессованная деталь	30	58	63	67	70
	50	48	50	55	60
	100	45	48	50	55

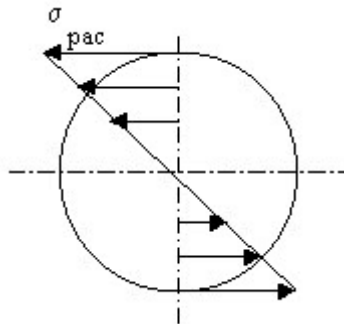
Диаметр вала, работающего на изгиб ($M_k=0$; $32/\pi \approx 10$)

$$d \approx \sqrt[3]{\frac{10^4 M_{из}}{[\sigma]}},$$

где $[\sigma] = \frac{\sigma_B}{k}$ - допускаемое напряжение, k - запас прочности ($k > 1$ до 5)

диаметр вала, работающего на изгиб и кручение

$$d \approx \sqrt[3]{\frac{10^4 \sqrt{Mu^2 + 0,75Mk^2}}{[\sigma]}}$$



По известному номинальному напряжению в опасном сечении можно исключить случаи, когда условия сопротивления усталости заведомо удовлетворяются. Упрощенный в сторону усиления запаса прочности расчет на сопротивление усталости:

$$\sigma_e = \frac{\varepsilon \sigma_{-1}}{K_{\sigma} K},$$

где σ_{-1} - предел выносливости материала, ε - коэффициент влияния абсолютных размеров, K_{σ} - эффективный коэффициент напряжений в опасном сечении, K - запас прочности при установке.

Далее вал проверяется на скручивание и выносливость. Требования к ребрам вала - иметь достаточно высокую твердость (не менее 55:56 HRC). Выдерживая достаточно высокие ударные нагрузки, вал должен обладать достаточно высокой ударной вязкостью.

При работе вала максимальные напряжения возникают на поверхности. Таким образом - требование к поверхности вала - быть твердой, а сердцевине - вязкой. Отдел главного металлурга назначает выбор

материала и технологию его упрочнения. Известно, что эксплуатационные свойства стали определяются ее микроструктурой. Исходя из того, что середина должна быть вязкой, надо иметь структуру сорбита или бейнита.

Рассмотрим 2 варианта для обеспечения заданных свойств:

1. Выбираем среднеуглеродную сталь, улучшаемую. Термообработка- закалка + высокий отпуск (сорбидная структура). Послеуглеродная закалка нагревом ТВЧ повышает твердость шеек вала.
2. Сталь низкоуглеродистая, цементуемая. Закалка создает однородную сорбидную структуру, а упрочнение поверхности методом ХТО - цементации или контрцементации.

Марки материала выбираются для группы изделий в одинаковых условиях с одинаковыми требованиями к свойствам.

Обоснование выбора материала надо вести с использованием отечественной и зарубежной литературы. Марка стали должна выбираться на основе критического подхода и применяемым на производстве сталям. После выбора марки стали дается описание действия легирующих элементов с учетом последующей термообработки. Полный химсостав и механические свойства, а также структура стали после термообработки выносятся в таблицу.

Требование конструктора - обеспечить однородную структуру по сечению. Поэтому улучшаемые стали при закалке должны обеспечить сквозную прокаливаемость. Найти сталь, обеспечивающую требуемую прокаливаемость содержит в составе минимальное количество л.э. (N8, Co, w, Mo, Ni).

На основе заданных ТУ надо выбрать группу сталей по назначению (улучшаемые, цементируемые, высокопрочные). Затем в зависимости от степени надежности выбрать несколько марок, обеспечивающих после термообработки нужные свойства.

Сравнить стали:

- По химсоставу (если выбирается сталь с дорогими легирующими элементами, то требуется обоснование)

Оставшуюся часть сталей сравнить по технологическим свойствам при термообработке и формообразовании (прокаливаемость, штампуемость). При закалке легированную сталь можно закалывать в масло, не опасаясь появления трещин даже в шпоночном пазу.

Целесообразно сравнить стали по температуре критических точек ниже A_3 меньше энергии при нагреве печи.

Если технический анализ не дает однозначного результата по выбору материала, надо сравнить легирующие элементы по стоимости.

Для выбранного элемента указать:

- Химический состав
- Механические свойства в термообработанном состоянии
- Технологические свойства
- Описать роль каждого легирующего элемента в формировании свойств сплава.

Входной контроль. Поставляемый с металлургического завода металл должен проходить входной контроль на предприятии потребителе на соответствие качества и ТУ. Контроль проводится выборочно согласно схеме ОГМет предприятия. Завод - поставщик должен отвечать за поставку металла на соответствие его ГОСТ и сертификатам.

При выборочном контроле металла проверяются отдельные параметры:

- Марочный состав с помощью химического анализа по основным элементам, определяющим марку стали. Партия металла может прийти по верхнему предел по углероду или марки "Селект". Например, для сталей, марок 40X и 40X13 достаточно сделать количественный анализ по углероду и полуколичественный по хрому на стилоскопе. По возможности, следует использовать более дешевые методы установления химсостава;

- Сортамент - измерением мерительным инструментом диаметра или шестигранника;

- Твердость - измерением пробы металла по методу Бриннеля;

- Отсутствие металлургических дефектов визуальным методом;

- Если заготовку детали получают горячей штамповкой, то производится технологическая проба на горячую осадку.

Кроме того, стали специального назначения контролируются по отдельным свойствам, обеспечивающим работоспособность:

- Шарико-подшипниковая сталь должна иметь структуру зернистого, а не пластинчатого перлита и быть чистой по неметаллическим включениям

- Все инструментальные стали должны иметь структуру зернистого перлита и определенный балл карбидной неоднородности

- Нержавеющие стали марки X18H9 (аустенитная) ее склонность к металлической коррозии (пребывание в течении суток в кипящей агрессивной жидкости).

Т.о. при входном контроле проверяется качество на готовых деталях. Поэтому проверяются только те свойства, которые могут повлиять на обрабатываемость заготовки резанием, привести к браку при горячей штамповке или при термообработке.

В дипломном проекте надо разработать карты входного контроля на 2-3 детали с указанием контролируемых свойств, методов контроля с их описанием, определить количество проб от поставляемой партии металла.

При проведении входного контроля качества металла надо использовать технологические пробы, утвержденные стандартами предприятий-потребителей.

Лекция 10-11. Проектирование режимов технологии термической обработки.

Целью данного раздела является научно обоснованная разработка параметров технологического процесса для составления технологических карт и инструкций на термическую обработку характерных деталей.

В зависимости от масштаба производства и номенклатуры обрабатываемых изделий приняты 3 метода разработки технологического процесса:

- подetailная разработка;
- разработка по типовым представителям отдельных групп деталей, аналогичных по сложности и трудоемкости (групповая разработка);
- разработка по укрупненным показателям;

Подetailная разработка технологического процесса применяется в массовом и крупносерийном производстве с небольшой номенклатурой деталей. В этом случае технологическая карта разрабатывается на каждую деталь.

Разработка по типовым представителям характерна для массового и крупносерийного производства с большой и неустойчивой номенклатурой изделий и деталей. В этом случае составление технологической карты производится не по каждой детали, а по типовым представителям технологически однородных групп деталей, аналогичных по сложности, трудоемкости и процессу обработки с применением следующей методики расчета:

- чертежи деталей каждого изделия группируются по массе и по сложности обработки;
- из каждой группы выбирают типовые детали - "представители", для которых разрабатывается технологическая карта.

Применение укрупненных показателей при разработке технологических процессов рекомендуется только в мелкосерийном и единичном производстве с большой и неустойчивой номенклатурой деталей (детали ремонтируемого оборудования, штамповая оснастка). Вместо технологических карт составляются технологические инструкции на обработку характерных изделий, применяемых материалов, выбору способов нагрева и охлаждения и т.д.

Обоснование выбора технологического процесса, который обеспечит необходимый уровень свойств детали при минимальных затратах на производство и минимальных выбросов в окружающую среду, проведем на примере деталей коробки передач автомобиля.

Зубчатое сцепление бывает двух типов: когда зубчатое колесо (шестерня) крепится на валу шпонкой и в случае малого диаметра вала и шестерни изготавливается вал-шестерня для того, чтобы не ослаблять сечение вала шпоночной канавкой. Рассмотрим вал-шестерню коробки передач грузового автомобиля ($m=5$), с точки зрения действующих сил, моментов и

действующего комплекса свойств, который может быть обеспечен выбором материала и упрочняющей обработкой.

Рассмотрим, как работает деталь. Подшипники качения запрессованы в корпус. Под действием силы P балка (вал) прогибается. Из формулы $\sigma = P/S$ определяется площадь сечения S , предварительно задав σ .

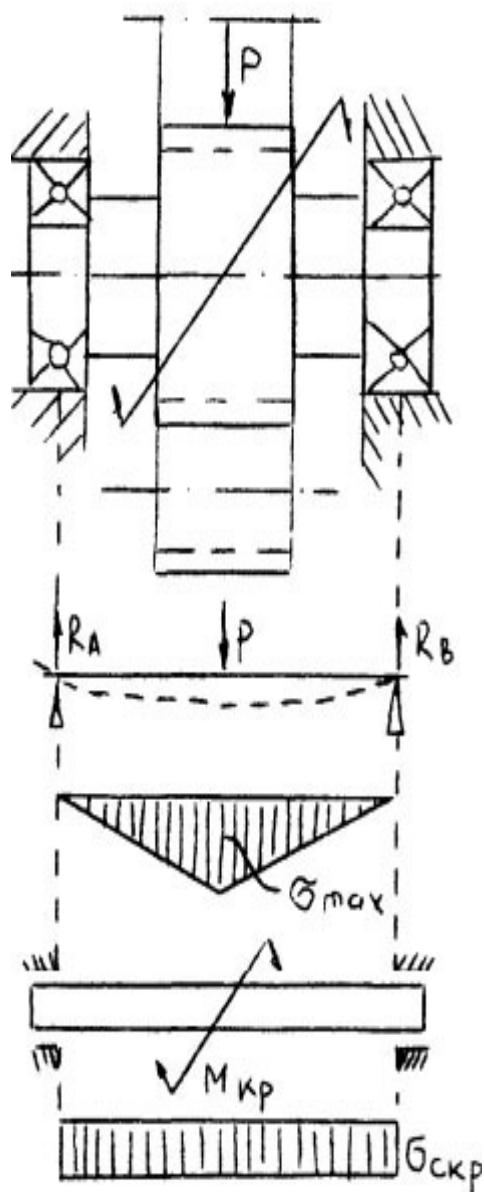
$$[\sigma]_{\max} < \sigma_T / K$$

$[\sigma]_{\max}$ в опасном сечении должно быть менее σ_T / K , где K -коэффициент запаса прочности, величину которого выбирает конструктор. Для дорожных машин $K = 5 \dots 10$.

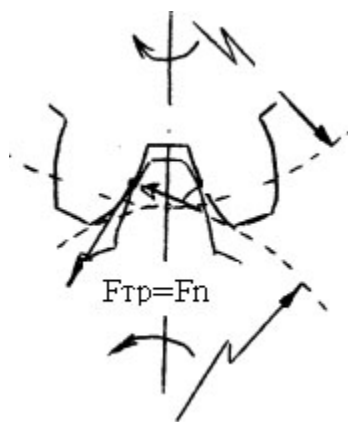
Подставляя в формулу $[\sigma]_{\max} = P/S$, можно определять сечение диаметра вала

$$S = \pi d^2 / 4 = P / [\sigma]_{\max};$$

где $[\sigma]_{\max}$ -максимальное допустимое напряжение в опасном сечении вала.



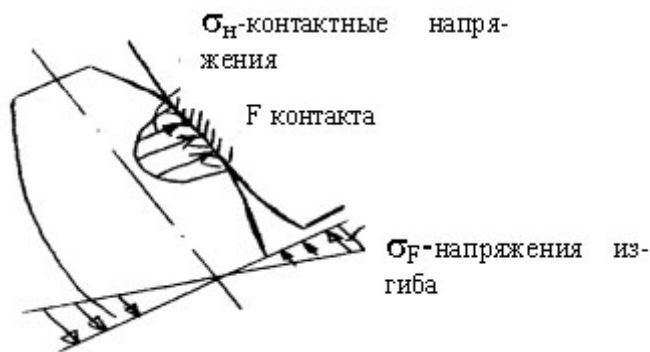
Т.о., определились, что надо делать из материала, у которого $\sigma_T \geq 850$ МПа. Чтобы исключить поломку детали, необходимо обеспечить достаточную вязкость материала. Значение КСЧ принимается интуитивно на основе статистических наблюдений и составляет, к примеру, 0.8 МДж/м^2 . Поскольку вал передает крутящий момент, необходимо проверить его на скручивание, сравнивая $\sigma_{скр}$ и $[\sigma]$ (допустимое значение). Если напряжения велики, то вместо расчета на изгиб, проверяем на скручивание.

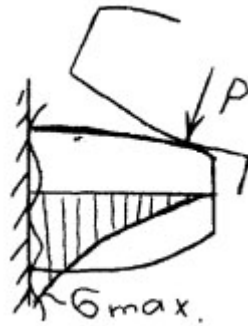


Рассмотрим теперь зубчатое сцепление. Основным кинематическим условием, которому должны удовлетворять профили зубьев, является постоянство мгновенного передаточного соотношения передачи. Для обеспечения высокого КПД, прочности и долговечности колес (проскальзывание ведет к износу) точные радиусы кривизны в точках контакта. Этим условиям наиболее полно удовлетворяет эвольвентное зацепление. Зацепление зубчаток колес эквивалентно качению без скольжения окружностей с диаметрами $d_{н1}$ $d_{н2}$, называемых начальными окружностями. Точка контакта

К перемещается по эвольвенте. Соприкосновение зубьев происходит по линии, равной ширине зуба шестерни. Действующие напряжения $\sigma = P/S$, где S - площадь контакта зубьев. Т.к. контакт осуществляется по линии, то $S \rightarrow 0$, тогда действующие напряжения $\sigma \rightarrow \infty$. Однако разрушения зуба не происходит, т.к. вследствие упругой деформации площадь контакта зубьев увеличивается, а сама площадка перемещается по поверхности зуба. Тогда в формуле $\sigma = P/S$ площадь контакта не стремится к 0 и расчет следует вести для $\sigma < \sigma_T$ материала.

Поломка зубьев может вызываться большими перегрузками ударного или статического действия, повторяющимися перегрузками, вызывающими усталость материала.





Усталостное выкрашивание заключается в появлении на рабочих поверхностях небольших углублений - питингов, которые растут и могут превращаться в раковины. Контактные напряжения в каждой точке рабочей поверхности зубьев изменяются по отпугловому циклу, а напряжения в поверхностных слоях - даже по знакопеременному. Усталостные трещины обычно зарождаются у поверхности, где возникает концентрация напряжений из-за микронеровностей. Поэтому предел текучести для зуба должен быть не менее значений σ_T для вала, т.е. 850 МПа, и $K_{CU} \geq 0.8 \text{ МДж/м}^2$. Зуб может сломаться при перегрузки у ножки (например, при перегрузке ударного действия). Усталостные трещины обычно появляются у корня зубов на стороне растянутых волокон, где действуют небольшие растягивающие напряжения и местные напряжения, связанные с формой (рис.).

Рассматриваем зуб как балку с заземленным концом. Излом происходит преимущественно по сечению у основания зуба. При усталостном разрушении излом имеет вогнутую форму на теле колеса, при разрушении от перегрузок - выпуклую. Для предотвращения поломок зубья рассчитывают на изгиб, исходя из долговечности, т.е. по пределу выносливости.

На усталость работает и вал. Под действием циклических нагрузок на волокна действуют циклические напряжения растяжения - сжатия, что предопределяет расчет на сопротивление усталости.

Теперь обратим внимание на шейки вала. При высокой твердости кольца подшипника 60 HRC шейка при ударе наклепывается, что приводит к уменьшению диаметра шейки и появлению стука в подшипниках. Поэтому твердость поверхности шейки необходимо обеспечить не менее 56 HRC. При подборе материала для вала с таким сочетанием свойств ($K_{CU} \geq 0.8 \text{ МДж/м}^2$ и 56 HRC) просто не найти. Поэтому шейка изготовлена как бы из другого материала, чем сам вал. В то же время при невысокой твердости рабочей поверхности зубьев шестерни происходит их износ, вследствие неточности эвольвенты зубьев, что вызывает проскальзывание зубьев шестерни.

Т.о., твердость поверхности зубьев должна быть не менее 58...60HRC.

Исходя из корреляции прочности и вязкости стали, твердость сердцевины вала должна составлять 28...35HRC.

Толщина упрочненного слоя для зуба шестерни зависит от модуля зуба и рассчитывается, как δ . $\delta = k \cdot m$, где $K=0.25-0.27$, коэффициент, зависящий от модуля зуба. Для шестерни с $m=5$ $\delta=1.0\text{м}$.

Таким образом, определены все ТУ на материал:

Шестерня $m=5$; $\sigma_T \geq 850$ МПа; $KCU \geq 0.8$ МДж/м².

Вал $\sigma_T \geq 850$ МПа; $KCU \geq 0.8$ МДж/м².

HRC шейки вала ≥ 56

HRC поверхности 58-60

HRC сердцевины 28-35

$\delta \geq 1.0$ м

Тип производства - массовый.

Таким комплексом свойств после упрочняющей обработки обладают стали типа: 18ХГТ, 19ХГНР, 12ХНЗА (для "Жигулей", мотороллера). (чем меньше модуль шестерни, тем дороже сталь).

Перечислим все возможные способы упрочнения. Обеспечить уровень свойств детали, обусловленных ТУ на готовую продукцию, можно различными технологическими способами. Например,

1. Цементация в твердом карбюризаторе. Но одна цементация мало что дает. Техпроцесс состоит из охлаждения на воздухе, последующего нагрева под закалку, закали и низкого отпуска. Цементации могут быть подвергнуты стали групп 12ХНЗА..., 18ХГТ..., 25ХГМ...

2. Цементация газовая в шахтной печи (герметичная). Техпроцесс аналогичен цементации в твердом карбюризаторе. Стали те же.

3. Газовая цементация в агрегате с непосредственной закалкой и последующим отпуском. Перед закалкой проводится подстуживание. Использование сталей типа 18ХГТ, 25ХГМ, содержащих титан и молибден, позволяет не опасаться роста зерна аустенита, поэтому стали сохраняют мелкозернистую структуру. Аустенит состоит из отдельных узлов (печи, моечно-сушильная машина).

3. Нитроцементация в цементационной атмосфере с добавлением аммиака.

4.1. Нитроцементация проводится в шахтной печи, с охлаждением на воздухе, последующим нагревом под закалку, закалкой и низким отпуском для снятия внутренних напряжений.

Стали те же, что и для цементации.

4.2. Нитроцементация, выполняемая в агрегате (стали те же).

5. Никобрирование - низкотемпературный ($T < 600^{\circ}\text{C}$) процесс насыщения С и N с получением слоев по свойствам, близким к азотируемым.

Процесс состоит из предварительной операции -

- улучшения (для придания требуемых свойств сердцевине), включающей в себя высокий отпуск ($T_{\text{отп.}} > T_{\text{никотр.}}$).

(Перед никотрированием детали подвергаются мехобработке для придания точных размеров).

- никотрирования ($T_{\text{никотр.}} < T_{\text{отп.}}$) для получения упрочненного слоя на поверхности детали.

Оборудование - шахтные печи, т.к. механизированные агрегаты отсутствуют.

Стали - среднеуглеродистые улучшаемые, низколегированные - 40Х; 38ХС.

Высоколегированные стали плохо подвергаются никотрированию.

6. Азотирование - газовый процесс, выполняемый в шахтных печах (т.к. процесс взрывоопасен). Слои более хрупкие, но более износостойкие.

Стали - 38ХМЮА и 30ХМА (без Al).

Техпроцесс состоит из улучшения (закалка + ВО), механической обработки и азотирования.

7. Насыщение металлами и неметаллами - диффузионная металлизация (борирование, хромирование и др.). Выполняется в порошковых смесях при высокой температуре $900 - 1100^{\circ}\text{C}$.

После хромирования (борирования) детали охлаждаются на воздухе (улучшение) для получения вязкой сердцевины.

Стали - 40Х и др., которые обеспечивают требуемую вязкость.

8. Газопламенная закалка поверхности. Поверхностный нагрев пламенем газовой горелки с последующим охлаждением в воде (в масле нельзя, т.к. возможно возгорание).

Стали среднеуглеродистые, низколегированные.

После газопламенной закалки следует низкий отпуск.

9. Закалка с нагревом ТВЧ (возможно два варианта)

- поверхностный нагрев, осуществляется подбором частоты тока, который обеспечивает прогрев на глубине $xx1\text{ мм}$. Охлаждение спреером водой.



Стали среднеуглеродистые, низколегированные.

-глубокий нагрев, обеспечивающий при охлаждении прокаливаемость стали на определенную глубину.

Стали - типа ПП, РП, (55ПП).

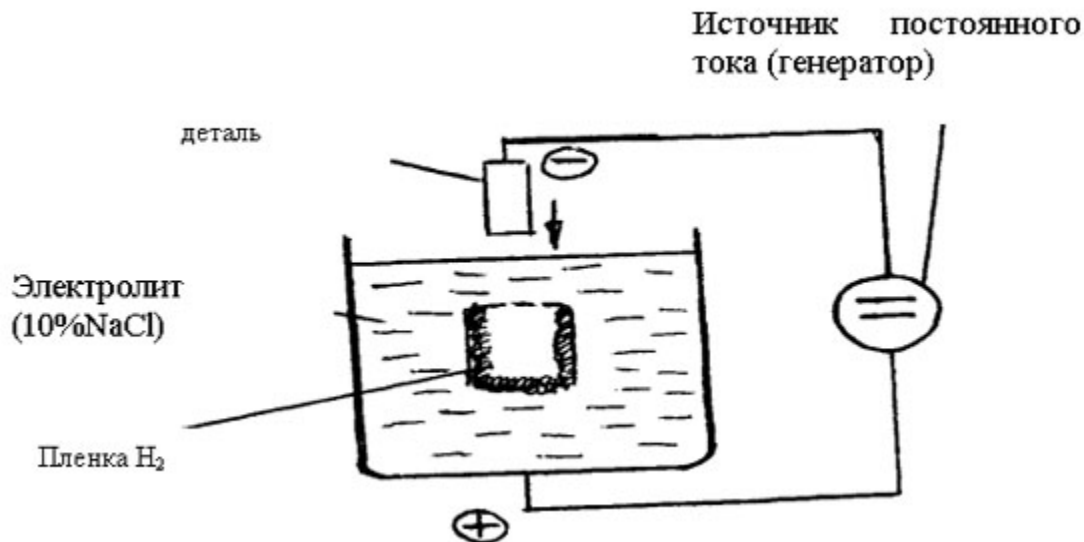
10. Закалка при нагреве в электролите (способ Ясногородского).

Установив режим:

- напряжение $U=240V$

- плотность тока $I/F > 1A/cm^2$

Образуемая на поверхности детали пленка водорода обладает высоким электросопротивлением, что вызывает на поверхности выделение большого количества тепла, приводящего к разогреву поверхности до температур $2000^{\circ}C$.



После отключения тока происходит охлаждение детали (закалка в электролите). Процесс экологически не чистый, т.к. отработанный электролит необходимо куда-нибудь девать. Стали среднеуглеродистые (ПП, РП).

11. Лазерная закалка и электролучевая закалка (нагрев энергией лазера и электронного пучка) обеспечивает локальное упрочнение в труднодоступных местах. Достаточно дорогостоящие технологии.

Таким образом, перечислив все возможные способы обработки, которые могут обеспечить требуемый комплекс свойств детали, проведем анализ, исключив все те способы, которые нельзя применить технически для упрочнения данной детали (- по технической возможности; - по типу производства).

Анализируя предложенные способы, принимаем, что цементация, нитроцементация, никотирование и азотирование могут обеспечить необходимый уровень свойств детали

Рассматриваем борирование: высокотемпературный нагрев ($T_n=950 - 1050^{\circ}\text{C}$) приводит к увеличению размера зерна (укрупненное зерно негативно влияет на вязкость стали). Охлаждение от $T > A_3$ способствует появлению деформации, повторный нагрев до $T > A_{с3}$ - снова деформация. Для приведения детали к точным размерам потребуется шлифовка, но это приведет к уменьшению толщины карбидного слоя.

Упрочнение методом борирования (хромирования) исключаем ввиду длительности процесса и нежелательных деформаций.

Газопламенная закалка. Следует учитывать, что тепловой поток воспринимается перпендикулярно поверхности детали. Вследствие этого вершины зуба испытывают перегрев, а углы впадин - недогрев.

Может быть рекомендована для деталей одинаковой кривизны (валы, оси, пальцы), но для шестерен - не подходит.

Закалка нагревом ТВЧ. Поверхностный способ нагрева технически неприемлем, т.к. обеспечит неравномерность нагрева. Способ нагрева глубокий технически возможен. Необходимо учитывать прокаливаемость стали, т.к. в случае высокой прокаливаемости зуб закаливается на все сечение, а это делает зуб хрупким (шестерня не выдержит удара, зуб сломается).



Это обстоятельство учитывают при выборе метода по величине модуля. Применяется для шестерен с $m \geq 5$ (тогда зуб не прокалится насквозь).

Нагрев и закалка в электролите. Технически метод принят быть не может, т.к. в местах изменения кривизны - перегрев. Тем более для массового производства не подойдет.

Т.о., по техническим возможностям количество способов упрочнения значительно сократилось.

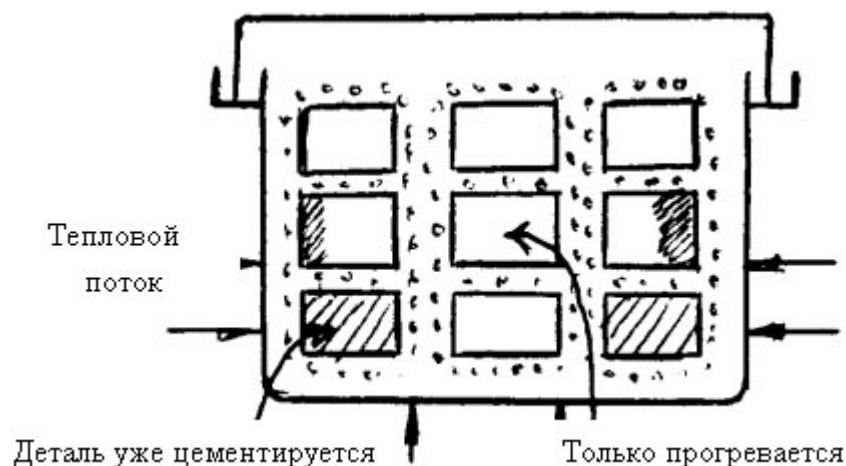
Теперь из оставшихся в списке технологий исключим те, которые явно требуют больших затрат времени, трудоемки, а также экологически вредные производства.

Цементация в твердом карбюризаторе. Техпроцесс: цементация - охлаждение - нагрев (охлаждение в масле)- закалка промывка - отпуск (около 1 час.).

Преимущества в том, что не требуется специального оборудования (можно обойтись одной печью), оборудование дешевое.

Недостатки: требуется много затрат человеческих сил (а это зарплата), трудоемкость высокая, а производительность низкая.

Способ хорош, когда производство не массовое, а мелкосерийное. В крупносерийном не подойдет, а у нас - крупносерийное.



Цементация газовая в шахтной печи. Процесс по сравнению с цементацией в твердом карбюризаторе выглядит лучше: более регулируем, выше качество.

Вследствие низкой теплопроводности цементационной смеси (уголь+...) детали, расположенные ближе к стенке, прогреваются быстрее, чем в центре, поэтому свойства деталей не одинаковы.

При работе в шахтных печах наблюдаются значительные колебания концентрации углерода в слое (от 0.5 до 1.3%) вследствие неравномерности температуры по высоте печи. Кроме того, неизбежен контакт нагретых деталей с воздухом, что вызывает некоторое (до 0.1 мм) обезуглероживание поверхностного слоя и тем самым уменьшение закаливаемости цементованного слоя.

Т.о., для массового производства, где свойства всех деталей должны быть одинаковы, процесс не подходит.

Цементация в агрегате. В состав агрегата входит камерная цементационная печь, отпускная печь, моечно-сушильная машина, газоприготовительная установка. Оборудование - дорогое, но производительность высокая - до 300 кг/ч. в камерных печах нет контакта с воздухом в течение всего цикла ХТО и закалки. Эндотермическая атмосфера с заданным углеродным потенциалом обеспечивает получение качественного равномерного слоя на всех деталях. Хороший способ для массового производства.

Каждое технологическое решение в термическом производстве должно быть экономически обосновано, что должно выражаться в максимальной экономии трудовых, энергетических и материальных ресурсов и наиболее эффективном использовании капитальных вложений.

Экономический анализ выбираемого технологического процесса позволяет определить программу отделения по отношению к критической (выше или ниже) программе.

Два вида статей - условно постоянные (УПо);

- условно переменные (УПе) .

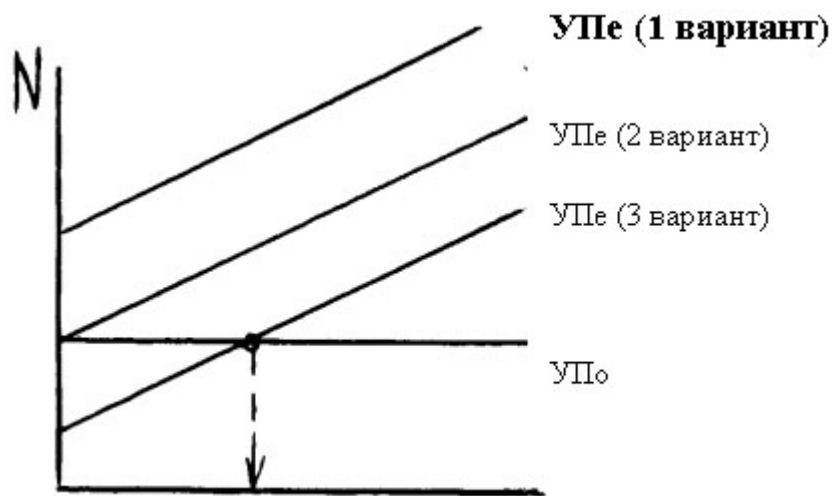
В статью УПо входит зарплата административно-технического персонала, цена.

В статью УПе входят расходы на электроэнергию, масло, контролируемые атмосферы, карбюратор, стоимость оборудования, отчисления на ремонт.

Себестоимость продукции зависит от программы цеха: чем больше программа, тем меньше себестоимость. Статья расходов УПо не зависит от программы подразделения, в то время как расходы по УПе (N) напрямую связаны с программой П и составляют $N = \sum n_i \cdot P_i$, где n_i - затратная статья (расходы на электроэнергию, вспомогательные материалы, стоимость оборудования и отчисления на его ремонт). Графически зависимость статей расхода N от выполняемой программы следующим образом (рис.)

Величину $P_{кр}$ (кубическую программу), при которой затраты по статьям УПе и УПо совпадают, можно рассчитать из выражения $N = \sum n_i \cdot P_{кр}$.

Зная программу подразделения П и сопоставляя ее с критической $P_{кр}$, можно экономически обоснованно рекомендовать технологический процесс с использованием различного типа оборудования. Так, при массовом и серийном производстве, целесообразно использование дорогостоящего агрегатного оборудования, имея при этом экономию по зарплате ($УПо < УПе$). В то же время при единичном производстве, когда $П < P_{кр}$, экономически выгоднее применять недорогое универсальное оборудование садового типа, которое легко переналаживается ($УПе < УПо$).



Т.о., проведя экономический анализ программы цеха, можно выбрать из методов:

- нитроцементация в шахтной печи или

- нитроцементация в агрегате. Последний экономически более оправданный. Следует также учитывать, что в шахтных печах получить качественный нитроцементованный слой трудно.

Выбираем для массового производства - процесс в агрегате.

Никотрирование (низкотемпературная нитроцементация или углеродоазотирование). ХТО проводится при $T=560 - 580\text{ }^{\circ}\text{C}$. Среда - NH_3 и эндогаз. Слой, состоящий из карбонитридной фазы, более вязкий, чем после азотирования. Т.к. при $T < 600^{\circ}\text{C}$ коэффициенты диффузии низкие, то процесс очень длительный (следовательно, дорогой). Для получения слоя с 1мм потребуется 24 часа. Для детали "вал-шестерня" экономически не целесообразен.

Наиболее употребимы для деталей, которые не должны после упрочняющей обработки изменять свои размеры (деформироваться вследствие $A > M$, а $V_M > V_A$). Для больших шестерен после закалки очень значительны, что невозможно исправить. В таких случаях процесс никотрирования наиболее подходящий. Например: шестерня (венце) трактора К - 700, имеющая зубья по обеим боковым поверхностям (солнечная передача, имеющая большое передаточное соотношение). Оборудование - шахтные печи, т.к. $T_{\text{процесса}} < T_{\text{вспышки}}$. Низкая температура процесса позволяет исключить коробление и деформацию детали при обработке.

Азотирование, как процесс ХТО, служит для получения высокой твердости на поверхности, не изменяющейся при нагреве до $T=400^{\circ}\text{C}$, высокой износостойкости и хорошей сопротивляемости коррозии. Азотирование может быть использовано эффективно для деталей, испытывающих одновременно износ (гильзы цилиндров дизельных двигателей танков и судов). Присутствие серы в продуктах сгорания топлива вызывает коррозионный износ. Для вала-шестерни процесс не подходит.

Т.о., из рассматриваемых процессов осталось: цементация, нитроцементация и закалка ТВЧ, которые могут обеспечить требуемый комплекс свойств.

Но для ХТО могут быть использованы стали цементуемые типа 18ХГТ, 25ХГТ или 19ХН, а для закалки ТВЧ - стали РП или ПП.

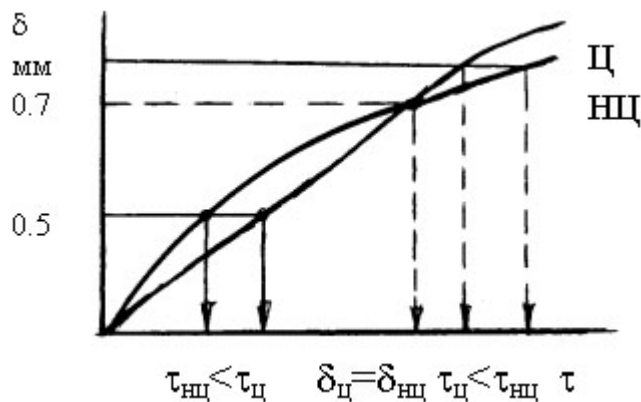
Рассмотрим с точки зрения технической возможности два метода ХТО: нитроцементацию и цементацию.

$$T_{\text{процессаНЦ}} < T_{\text{процессаЦ}}$$

820-840°C 930-950°C

Для получения оптимальных механических свойств при нитроцементации соотношение С и N должно быть оптимальным $\% C + \% N = 1\%$, причем $N = 0.3 - 0.4\%$.

По сравнению с цементацией нитроцементация имеет ряд преимуществ. При легировании аустенита азотом снижается температура $\alpha\text{-}\gamma$ превращения, что снижает температуру процесса. Одновременно в присутствии азота резко возрастает диффузионная подвижность С в аустените.



Несмотря на значительно более низкую температуру насыщения, скорость роста диффузионного слоя при цементации (930 - 950°C) и нитроцементации (820 - 840°C) на толщину слоя δ ($\delta = \kappa \sqrt{D\tau}$) практически одинакова.

Из графика видно, что для получения тонких слоев $\delta = 0.5$ мм выгоднее использовать, как по качеству, так и по себестоимости процесс нитроцементации.

Для получения слоев с толщиной $\delta > 0.7$ мм выгоднее процесс цементации.

Кроме того, при $\delta > 0.7$ мм и высоком содержании азота (0.5%) в слое образуется "темная составляющая", наблюдаемая при увеличении $\times 400$. "Темная составляющая" представляет собой поры, забитые окислами и графитом. Она служит концентратором напряжений, способствует образованию усталостной трещины, снижает предел выносливости, в ней зарождаются трещины.

"Темная составляющая" зависит от марки стали, состава атмосферы ($\%N=0.3 - 0.35\%$) и температуры процесса. При содержании в атмосфере азота $<0,3\%$ свойства НЦ слоя приближается к Ц слою.

Исходя из ТУ на деталь ($\delta=1\text{мм}$), есть опасность появления брака "темной составляющей" в слое. Во избежание брака следует выбрать цементацию.

Рассмотрим оставшиеся 2 варианта: цементация и закалка ТВЧ. Закалка определяется физическими свойствами стали. Чтобы зуб шестерни не сломался (не был полностью закаленным), необходимо иметь прокаливаемость не сквозную.

По ТУ на деталь $\delta=1.0\pm 0.1\text{мм}$ при $m=5$.

Сталь 58 (55ПП) обеспечит несквозную прокаливаемость при закалке ТВЧ шестерен с $m\geq 5$. Для рассматриваемой детали "вал-шестерня" с $m=5$ рекомендовать закалку ТВЧ опасно, т.к. находимся на критическом пороге.

Закалка ТВЧ (по себестоимости ниже ХТО) с успехом может применяться для шестерен с $m=7$ из стали 55ПП, используемых в грузовых автомобилях.

Т.о., проведенный подробный анализ технологических процессов поверхностного упрочнения показывает, что выбор материала (марки стали) должен быть проведен только с учетом технологии его упрочняющей обработки. Проблема решается комплексно.

Такой подробный анализ необходимо представить для одной детали. Все остальные детали объединяются в группы по однотипным технологиям обработки, для которых следует назначить технологии без подробного описания. В дипломном проекте студент лично отвечает за предложенное техническое решение, согласованное с руководителем проекта.

Маршрутная технология. Технические подразделения на современных машиностроительных заводах являются составной частью многих цехов. На крупных заводах с массовым производством, со значительной номенклатурой изделий и многократным использованием термообработки при широком совмещении ее с процессами смежных производств, а также при большом объеме вспомогательного производства число термических подразделений может быть значительным.

Структура термических подразделений во многом определяется видами технологических процессов формообразования. Чаще всего детали машин изготавливают с помощью резания, холодной или горячей пластической деформации, сварки или пайки, прессования, методом порошковой металлургии.

Заготовки в виде поковок и штамповок обычно предварительно обрабатывают в термических отделениях кузнечного цеха с целью исключения транспортных расходов. Целью такой термообработки является восстановление структуры и измельчение зерна перед упрочняющей

термической обработкой (крупнозернистая структура приведет к снижению вязкости стали). В то же время при нагреве ТВЧ предварительная термообработка не требуется, т.к. при высокой скорости нагрева рост зерна не наблюдается.

Предварительная термическая обработка необходима для формирования структуры перед механической обработкой резанием, с целью улучшения обрабатываемости резанием (понижение или повышение твердости до необходимого уровня нормализацией).

Порядок выполнения технологических операций в процессе изготовления деталей указывает маршрутная технология, в которой указывается место термической обработки среди механических операций формообразования.

Разработка схемы маршрутной технологии позволяет указать вид технологической операции и ее место выполнения в маршруте изготовления детали.

Пример. 1. Заготовительные операции.

2. Предварительная механическая обработка.

3. Термическая обработка.

4. Механическая обработка.

5. Сборка.

На предварительную термическую обработку (отжиг литья) или нагрева под горячую пластическую деформацию (штамповку) необходимо привести режимы нагрева и охлаждения, которые могут оказать влияние на структуру сплава.

Лекции 12-13. Документация, регламентирующая технологический процесс.

В дипломном проекте подробная разработка и описание обоснования проводится для одной или группы однотипных деталей. Технология обработки остальных деталей разрабатывается в укрупненных данных и представляется в таблицах.

При разработки технологического процесса необходимо выбирать наиболее рациональные приемы, позволяющие сохранить число операций, экономить энергоресурсы и технологические материалы. При этом следует руководствоваться следующими прогрессивными направлениями:

- 1). Использование остаточной теплоты предыдущей операции (ковки, штамповки) для последующей термообработки (оптика, нормализация, закалка), что сокращает кратность нагрева детали.
- 2). Преемственность операций структурного изменения с использованием тепла предшествующих операций, например: цементации или нитроцементации для закалки, совмещение отпуска и правки (в заневоленном состоянии под прессом) и т.д.
- 3). Применение скоростных методов нагрева, а именно, нагрев в электролите, газокислородным пламенем, индукционный нагрев в поле ТВЧ, контактный нагрев сопротивлением.
- 4). Замена трудоемких процессов химико-термической обработки (цементация, нитроцементация, азотирование и др.) поверхностной закалкой при нагреве ТВЧ или газопламенном нагреве.
- 5). Применение сред нагрева и охлаждения, предотвращающих окисление и обезуглероживание, а именно: контролируемые атмосферы при нагреве, расплаве солей, нагрев в кипящем слое.
- 6). Применение мероприятий, уменьшающих деформацию на заключительных стадиях термообработки - подстуживание при закалке, выполняемой сразу после ХТО; охлаждение нагретых деталей сложной конфигурации в заневоленном состоянии (закалка под прессом и др.); охлаждение при закалке в горячей изотермической среде (нагретое масло, расплавы солей, кипящий слой).
- 7). Замена традиционных методов химико-термической обработки ионными методами насыщения.

Для получения деталей с заданными свойствами необходимо установить для выбранного технологического процесса конкретные значения технологических параметров:

- температуры нагрева для получения необходимой структуры;
- скорости (времени) нагрева, при которой с повышением температуры в детали не возникают дефекты (трещины);

- времени выдержки, достаточной для того, чтобы изделия прогрелись и чтобы в них в нужной степени завершились фазовые превращения;

- скорости охлаждения (выбор охлаждающей среды), что является основным фактором для получения нужной структуры и свойств.

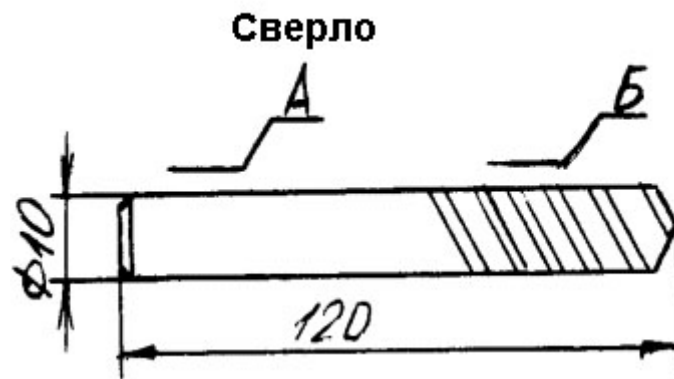
Все эти параметры впоследствии должны войти в технологическую карту, которая утверждена гостом ЕСТД..

1. Технологическая карта.(ГОСТ 3.1405-86)

Несколько типов техкарт: на механическую обработку (несколько видов). Выбирается тот, который необходим. Если нагрев ТВЧ, то требуется указать величину напряжения и тока генератора, а при нагреве в печи - температуру, время выдержки, атмосферу и т.д.

Система ЕСТД введена с 1980г. До нее существовал СТП (стандарт предприятия), по которому продолжают еще работать многие предприятия.

2. Инструкция по выполнения технологического процесса. (ГОСТ 3.1105-84).



Инструкция предписывает все стадии выполнения технологического процесса, а именно:

- как взять деталь;

- куда положить - в поддон или в приспособление;

- как достать и как охладить, т. е. указывает порядок действий и порядок выполнения технологических операций. Технологическая инструкция рассчитана на рабочего и хранится в техотделе цеха. Инструкция по ЕСТД применяется на формате А4, имеет рамку и паспорт (на 1 листе). В дипломной записке рамка не обязательна.

3. Инструкция по контролю качества продукции (оформляется на стандартных листах - 2-3 стр.).

Заполнение технологической карты на термообработку. В ТК выполняется эскиз детали (без масштаба) с указанием габаритных размеров и места измерения твердости.

Габаритные размеры необходимы для расчета количества деталей в приспособлении или в поддоне.

В колонке 2 указывается марка стали (базовый и предложенный вариант).

В колонке 3 указываются основные свойства: σ_b , KCU, $\delta_{\text{слоя}}$ (выписка из ТУ).

На 1-м и последующих методах указывается ответственный за заполнение Тк и ставится подпись.

Порядок выполнения операций кодируется на предприятиях 12-ти значным числом, однако в технологической карте в ДП допускается расшифровка техпроцесса по операциям без указания кода: транспортная операция;

складывание;

нагрев под закалку;

закалка;

промывка;

отпуск и т.д.

Не указывается код и на оборудование: ванна соляная СВС... или печь СНЦ (А).

В графе "Приспособление" указывается его тип: клещи, крючок и т.п.

В колонке "Среда" - тип масла, его марка; состав цементационной атмосферы, эндогаза; при закалке - 10% раствор NaCl в воде; воздух и т.д.

Выбор температуры необходимо производить, пользуясь справочной литературой. Учитывать при этом, что легированные стали нагревают до более высоких температур - растворение карбидов происходит интенсивнее при высоких температурах. Температура нагрева устанавливается методом пробных закалок (изменяя температуру нагрева и закаливая с температуры, измеряют твердость). Все параметры - температура, скорость нагрева, время выдержки должны быть обоснованы. Правильно температуру нагрева следует указывать там, 930+-10°C или 840-860°C.

При выборе температуры процесса нитроцементации необходимо обосновать "Т" и состав насыщающей среды, чтобы не допустить появления "темной составляющей" в структуре.

Расчет времени нагрева детали следует делать на ЭВМ, пользуясь разработанными программами или рассчитать его эмпирически, как

$$\tau_n = 0.1 * K_1 * K_2 * K_3 * D,$$

где K_1 , K_2 , K_3 - коэффициенты формы, укладки, среды соответственно.

D - характеристический размер детали.

Указанная формула дает достаточно точные данные по времени нагрева и удобен для применения.

Время выдержки $\tau_v = 0.25; 0.5; 1$ от τ_n для сталей углеродистых, среднелегированных и высоколегированных соответственно.

В технологической карте указывается суммарное время $\tau = \tau_n + \tau_v$ в мин. или в час.

Для высоколегированных сталей, обладающих высокой теплопроводностью, во избежание появления трещин при нагреве в температурных интервалах, например: сталь 110Г13 нагревают до $T = 750^\circ\text{C}$ со скоростью $\approx 500^\circ\text{C/ч}$, а в интервале $750-1050^\circ\text{C}$ до 100°C/ч .

При использовании конвейерных агрегатов время пребывания в печи указывается по скорости движения конвейерной ленты $\rightarrow 0.5$ м/мин.

При термической обработке в толкательной печи указывают темп (период в мин.) толкания поддонов, например: $\tau = 15$ мин.

При назначении режимов отпуска следует учитывать температуру, время и скорость охлаждения детали, избегая температурных интервалов появления отпускной хрупкости.

Легированные стали при отпуске следует нагревать до более высоких температур и увеличивать время выдержки для получения одинаковых с углеродистыми свойств.

Технический контроль и контроль качества. В цикле производственного процесса изготовления деталей термическая обработка часто является последней операцией, меняющей качество выпускаемой продукции. Технический контроль представляет собой контроль правил выполнения операций технологического процесса. Он непрерывно осуществляется на рабочих местах непосредственно рабочими или мастерами производства, периодически - технологическими службами цеха и отдела ОГМет.

Параметры контроля	Средства контроля
1. Температурный режим.	Приборы для измерения, регулирования и записи температуры. Исполнительные механизмы автоматического регулирования подачи эл/энергии, топлива и воздуха.
2. Среда обработки и циркуляции ее в рабочем пространстве.	Газоанализаторы контроля (H_2O и CO_2). Приборы для измерения давления или вакуума.
3. Продолжительность операции для оборудования периодического действия. То же непрерывного действия.	Реле времени, аппаратура для световой и звуковой сигнализации. То же и регуляторы скорости для механизмов перемещения.

Определение количества потребных приборов в ценах массового и крупносерийного производства производится по нормативам укрупненной производительности.

В инструкции к технологическому процессу для каждого технологического перехода необходимо указать:

- параметры контроля и допустимые значения (T , τ ..);
- методы и приборы контроля;
- свойства детали при выполнении операции и допустимые пределы изменения этих свойств.

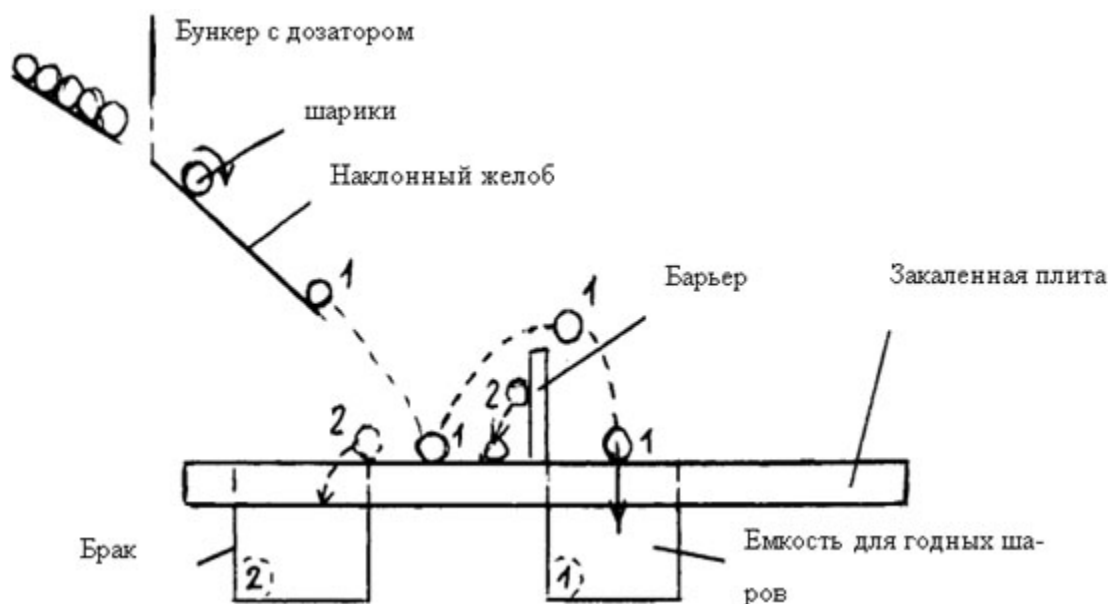
Контроль качества готовой продукции (после термообработки), как правило, осуществляется неразрушающими методами или на образцах - свидетелях. Для контроля качества могут применяться как стандартизированные методы, так и технологические испытания (пробы). Эта операция заносится в технологическую карту с кратким описанием необходимых действий.

Текущий контроль качества продукции сводится к определению твердости, структуры и определению наружных и внутренних дефектов.

Перед измерением твердости необходимо изготовить площадку для круглых деталей, если диаметр < 50 мм. Требуется соответствующая подготовка поверхности (зачистка от окалины, снятие обезуглероженного слоя). Необходимо указать тип прибора и его марку, а также значение твердости, исходя из ТУ на деталь ($HRC > 60$ или не менее $60HRC$ или $35-38HRC$).

Для определения контроля качества необходимо определиться в норме выборки (количество или % деталей, подвергающихся контролю), с целью получения достоверных данных. Существуют нормативы (норма выборки) как по количеству, так и по времени. Например, при садочном методе техпроцесса может составлять до 20% от партии. При конвейерном методе термообработки, более стабильном по сравнению с садочным, норма контроля составляет 15 минут (норма меньше, чем при садочном).

Учитывая, что твердость хорошо коррелирует с другими механическими свойствами, а именно с σ_B , σ_{-1} ($\sigma_B = 0.3HB$), можно использовать этот метод для контроля качества как экспресс-метод. Необходимое условие: правильная термообработка, т.к. одинаковое значение твердости можно получить при закалке и высоком отпуске (структура сорбит), а можно - при неполной закалке (структура мартенсит и феррит), что не обеспечит требуемые эксплуатационные свойства.



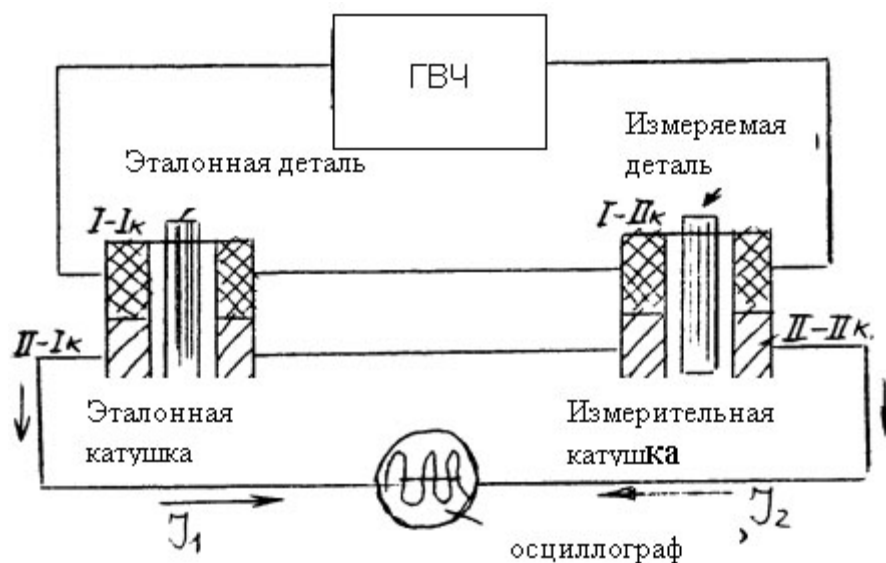
Существуют технологические пробы по определению качества. Шарик подшипников не должны иметь лыску (площадку) для измерения твердости, т.к. это недопустимо. Используется технологическая проба на твердость, основанная на методе Шора.

Высота барьера регламентируется твердостью шарика. Шарик, имеющий высокую твердость (требуемую), отскакивает от плиты, преодолевая барьер, и попадает в емкость для годных шаров. Шарик, имеющий твердость ниже требуемой, не преодолевает барьер и скатывается в брак.

Технологическая проба по определению количества мартенситно-старееющей проволоки диаметром $< 0.1\text{ мм}$ представляет собой разрушение проволоки в узле. Проба была разработана С.В. Грачевым для определения качества проволоки для управления ПТУРСами.

При проведении 100% контроля качества деталей требуется метод, который бы был менее трудоемким и достаточно надежным. На оружейном заводе при 100% контроле качества деталей автомата Калашникова используется прибор типа ЭМИД, основанный на измерении магнитной проницаемости, которая является структурно-зависимой характеристикой. Стали в отожженном состоянии обладают тах магнитной проницаемостью, остальные - меньшей. Магнитная проницаемость увеличивается с уменьшением содержания углерода в стали.

Схема прибора представлена на рис.



I-Iк и II-Iк - первая и вторая обмотки I катушки.

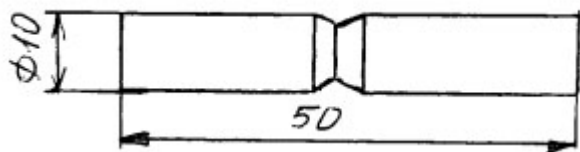
I-IIк и II-IIк - первая и вторая обмотки II катушки.

ГВЧ - генератор высокой теплоты.

Прибор имеет 2 катушки: эталонную и измерительную. Если в катушках нет сердечников (деталей), то ток в катушках отсутствует и на этапе осциллографа - прямая линия. Если поставить в эталонную катушку деталь, которая прошла термообработку без нарушения технологического процесса (как эталон), а в другую катушку - измеряемый образец, то возникающий ток $I_2 \neq I_1$ и на экране осциллографа появляется синусоида.

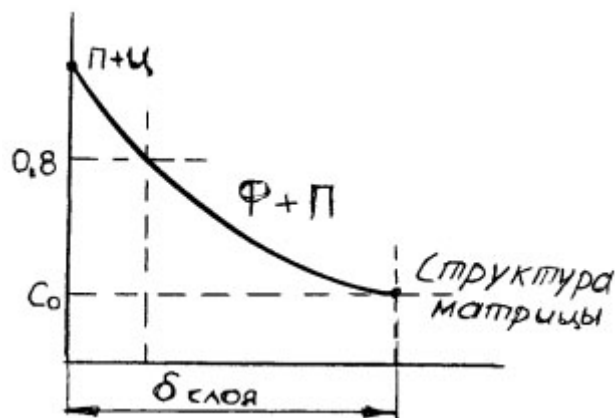
Установив требуемый размах синусоиды, можно фиксировать качество детали. Поставив измеряемую катушку на конвейере таким образом, чтобы через нее проходили циклически детали, можно вести разбраковку деталей по 100% норме контроля. Прибор может быть построен по конечному качеству, т.е. контролировать вначале качество деталей после закалки (корректируя параметры процесса в ту или иную сторону), а затем технологическую операцию отпуск, повышая температуру отпуска, если твердость считается высокой и наоборот, снижая температуру отпуска при пониженной относительно ТУ твердости детали. Данный способ контроля качества гостирован.

Часто применяют и металлографические методы. Металлографический анализ, поскольку он проводится на шлифах, выполняется на образцах - свидетелях, количество которых определяется нормой контроля (1 образец на 1 поддон или 1 свидетель на 2 поддона). Размеры образца - свидетеля для контроля качества (глубины, структуры) диффузионного слоя составляют: $\varnothing 8-10$ мм и $l=50$ мм с надрезом для локализации очага разрушения (удар молотком по одной из половинок).



Разрушив образец - свидетель и изготовив микрошлиф, можно измерить микротвердость на приборе ПМТ-3, определив т.о. толщину слоя.

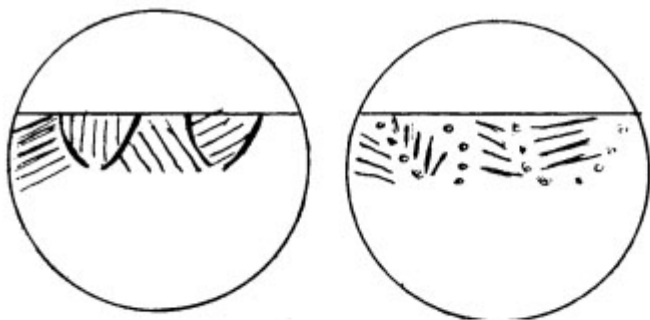
Вторая половина образца подвергается изотермическому отжигу по режиму: нагрев до $t=840^{\circ}\text{C}$ (т.е. в аустенитную область), а затем переносят в печь с $t < A_{\text{r1}}$ ($t=680^{\circ}\text{C}$) и выдерживают в течение 1 часа. Эта температура соответствует перлитному превращению.



Сделав микрошлиф, можно определить глубину слоя от поверхности до слоя с матричной структурой (обычно при увеличении $\times 100$).

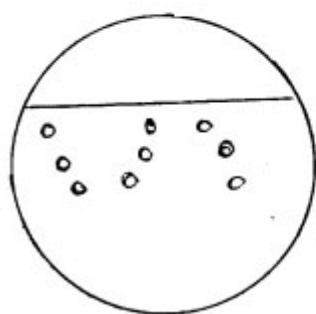
Качество цементации проверяется на отсутствие на поверхности карбидной сетки.

Качество нитроцементации проводится также на образцах - свидетелях. Глубина слоя определяется от поверхности до слоя с матричной структурой. Контролю подлежит карбидная фаза (проверка на огрубление карбидной фазы) и отсутствие "темной составляющей" в слое. Для контроля качества отработанных деталей необходимо составить инструкции с указанием

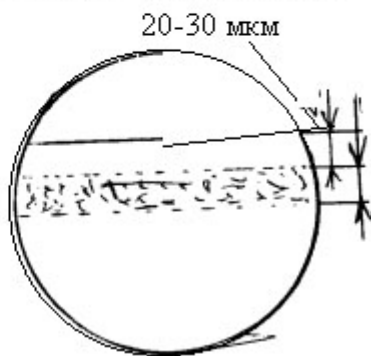


Раздробленная по границам

Толщина слоя с темной составляющей, 20-30 мкм



Карбидная фаза, *100



«Темная составляющая» в слое

-методов контроля качества,

-нормы контроля (в процентах от партии или периодичность проверк при непрерывном техпроцессе),

-способ подготовки детали для осуществления измерений,

-место контроля на детали.

Трещины, возникающие при термообработке могут быть выявлены применением магнитных директоскопов, а кривизна и другие отклонения геометрических размеров с помощью плит, центров и специальных измерительных приборов.

Лекция 14. выбор и расчет потребного количества оборудования.

Принцип выбора оборудования производится методом сравнительной оценки печей (какую печь взять).

При массовом серийном производстве выгодно применять механизированное оборудование:

- для объемной закалки рекомендуется конвейерно-закалочный агрегат СКЗА (закалочная печь, моечно-сушильная машина, отпускная печь - состав агрегата);
- для цементации и нитроцементации может быть использован агрегат СНЦА в составе: одна - две цементационных печи СНЦ, совмещающих операции ХТО с закалкой, моечно-сушильная машина, отпускная печь.

Перемещение деталей в агрегате СНЦА механизмами, в агрегате СКЗА по конвейеру.

Качество деталей одинаковое, в отличие от использования шахтных печей периодического действия.

В случае мелкосерийного (штучного) производства эффективно используется низко механизированное оборудование садового типа, которое легко переналаживается (изменение Тзакалки, охлаждающей среды и т.д.) - оно универсальное.

В разделе "Выбор оборудования" необходимо решить следующие задачи:

- какой тип оборудования следует выбрать.
- какая марка печи, размеры рабочего пространства, мощность,
- произвести расчет количества единиц оборудования и определить коэффициент загрузки.

В паспорте печи указана средняя производительность печи. Но это величина неконкретная. Расчет по средней производительности ведется, когда большое разнообразие деталей (штучное, мелкосерийное производство). Другое понятие - конкретная производительность. Расчет по конкретной производительности производится при небольшой номенклатуре деталей (несколько видов деталей).

Производительность печи может быть определена следующим образом: $G = m / \tau$, где G - производительность садки, кг; τ - время обработки, час.

(Пример: масса деталей на поддоне - 320 кг, время обработки (цементация) - 8 час., производительность печи $G = 320 / 8 = 40$ кг/час).

При проектировании технологического процесса по групповому представителю обрабатываемые детали разбиваются на группы:

-в группу входят однотипные детали, изготовленные из одной и той же марки стали и обрабатываемые по одному и тому же технологическому режиму ;

-масса детали в одной группе не должна отличаться более чем в 2 раза;

-групповым представителем является деталь средней массы.

Далее производится расчет производительности печи по каждой группе деталей:

$$G_1 = m_1 / \tau_1 ; G_2 = m_2 / \tau_2 ; G_3 = m_3 / \tau_3 \text{ и т.д.}$$

Усреднять производительность недопустимо, т.к. в значениях G_1 ; G_2 ; G_i может быть различное количество деталей, имеющих разное сечение.

Необходимо установить действительный фонд работы оборудования F_d , который всегда меньше календарного.

Действительный годовой фонд времени оборудования определяется в часах за вычетом из календарного фонда времени (365 дней) выходных дней (52 дня) и праздничных. Для универсального оборудования, применяемого в единичном и мелкосерийном производстве дополнительно учитывают потери времени на разогрев печей в связи с их остановками и охлаждением. Т.о. на участках с прерывным характером производства при использовании универсального оборудования периодического действия действительный годовой фонд времени оборудования F_d рассчитывают по формуле:

$$F_d = [(365 - 52 - 6)T * m] K_p \text{ пече-часов,}$$

где 365 - календарный фонд времени в днях;

52 - количество выходных в году;

6 - количество праздников в году;

T - количество часов работы в смену;

m - количество смен;

K_p - коэффициент потерь времени на ремонт, переналадку режимов и на разогрев ($K_p = 0.94 - 0.90$).

При непрерывной круглосуточной работе оборудования (включая выходные и праздничные дни) F_d рассчитывается с учетом потерь на ремонт по формуле

$$F_d = 365 * 24 * K_p, \text{ где } K_p - \text{коэффициент потерь по ремонту, } K_p = 0.94 - 0.90.$$

Для конвейерных линий $F_d = [365 - (52 + 6)] * 24 = 7368$ пече-часов.

Следует учитывать, что печь может работать в сутки 24 часа (выключать печь невыгодно), оптимально рабочий режим печи - двухсменный и "щадящий" по поддержанию ее тепловой в третью смену. При выполнении ХТО печи останавливают редко, т.к. выход на режим продолжительный. Для расчета потребного количества оборудования необходимо установить задолженность печи $A(\text{час})$ - т.е. время, которое печь работает для выполнения годовой программы - $A=M/G$ (час), где M - годовая масса обрабатываемых деталей(кг), G - производительность печи(кг/час).

Учитывая производительность печи по каждой группе деталей $G_1, G_2, \dots, G_i$, задолженность печи при выполнении годовой программы по каждой группе детали составит:

$$A_1=M_1/G_1; A_2=M_2/G_2; A_i=M_i/G_i.$$

Общий годовой фонд времени работы печи для выполнения программы составит

$$A_{\text{общ}}=\sum A_i.$$

Расчет потребного количества оборудования n производят по каждой операции по формуле

$$n_{\text{раб}}=A_{\text{общ}}/\Phi_{\text{д}} \text{ (шт.)}.$$

Полученное при этом дробное число округляется до ближайшего целого числа. Это число и будет фактически принятым (потребным) количеством $n_{\text{ср}}$ единиц оборудования. Коэффициент загрузки оборудования определяется отношением расчетного количества к фактически принятому:

$$K_3=(n_{\text{р}}/n_{\text{ср}})*100\% .$$

Рекомендуемое значение K_3 составляет от 0.75(min) до 0.95(max). Если $K_3=0.5$ - то загрузка оборудования низкая, следовательно печь в серии по производительности выбрана неправильно. Необходимо взять печь с меньшей производительностью, что приведет к увеличению коэффициента загрузки оборудования.

Для определения потребного количества установок Т.В.Ч.(закалочных станков, индукторов) предварительно рассчитывается норма штучного времени на операцию. Зная норму штучного времени ($T_{\text{ш}}$) и действительный годовой фонд времени оборудования ($\Phi_{\text{д}}$) можно рассчитать потребное количество установок на годовую программу по формуле

$$U_{\text{р}}=N_{\text{г}}*T_{\text{ш}}/(\Phi_{\text{д}}*60) \text{ шт.},$$

где $U_{\text{р}}$ - расчетное количество установок Т.В.Ч.;

$N_{\text{г}}$ - годовая программа в шт. по деталям, упрочняемым индукционной закалкой;

$\Phi_{\text{д}}$ - действительный фонд времени в час.;

$T_{\text{ш}}$ - норма штучного времени на операцию, мин.

Для оборудования пульсирующего и непрерывного действия часовая производительность G рассчитывается по формуле:

$$G=Q/T_0,$$

где Q - масса деталей, одновременно находящихся в рабочем пространстве печи (допустим, на одном погонном метре);

T_0 - основное время обработки.

Величина Q устанавливается по формуле

$$Q=nqL/l,$$

где L - длина рабочего пространства печи или используемой части конвейера;

l - шаг конвейера (расстояние между центрами двух приспособлений или между двумя сложными деталями);

q - масса одной детали;

n - количество изделий на одном приспособлении (садка на погонном метре конвейера)

При поштучной загрузке изделий на движущийся подвеске на крючки подвесного контейнера $n=1$.

В случае печи толкательного типа производительность учитывается по темпу толкания.

Выбор и расчет дополнительного и вспомогательного оборудования. Дополнительным оборудованием считаются:

-правильные прессы и очистные установки;

-травильные ванны;

-дробеструйные аппараты;

-моечные машины и промывные баки;

- маслоохладительные установки.

Это оборудование, предназначенное для выполнения дополнительных операций.

Для правки применяют механические, гидравлические и ручные прессы в зависимости от размеров деталей. Промывные баки и моечные машины применяются для очистки изделий от солей в горячем водном растворе щелочи с содержанием каустической соды.

К вспомогательному оборудованию относится оборудование, предназначенное для выполнения вспомогательных операций технологического процесса, т.е. установки для приготовления контролируемых атмосфер и карбюризаторов, подъемно-транспортного оборудования, маслоохладительные установки и др.

Конструкции и технические характеристики дополнительного и вспомогательного оборудования приведены в книге "Оборудование и проектирование термических цехов", Рустем С.Л.

Число дополнительного и вспомогательного оборудования рассчитывают по его часовой производительности и заданной годовой программе на основе технически обоснованных норм времени ("Общемашиностроительные нормативы времени на ТО в печах, пламенных, соляных и электрических ваннах"). Например: правка детали на правильном прессе 1.5 - 2.0 мин на деталь или 30 - 40 шт/ч.

Расчет потребного количества оборудования завершается таблицей, в которой указывается техническая характеристика, мощность, коэффициент загрузки, количество единиц оборудования.

Лекции 15-16. Планировка цеха или отделения.

Термические цеха имеют в своем составе производственные участки, вспомогательные отделения (склады и участки деталей, поступающих на термообработку, склады готовой продукции, вспомогательных материалов, приспособлений; трапоформаторные подстанции и др.), а также служебные и бытовые помещения. Для размещения термических цехов (отделений), имеющих значительные выделения тепла и газов, применяют одноэтажные здания прямоугольной формы. Для термических цехов машиностроительных заводов следует ориентироваться на унифицированные сборные железобетонные конструкции, так как они значительно дешевле, требуют меньшего расхода металла, негоряемы, меньше подвержены коррозии. Применение металла в элементах каркаса допускается, если строительный пролет превышает 30м или высота цеха более 15м.

Все элементы здания термического цеха относятся к категории Г по пожароопасности и должны выполняться из негоряемых материалов. Здание компонуется из одного или нескольких пролетов. Ширина пролетов кратна 6 и может составлять 12, 18, 24, 30 и 36м в зависимости от схемы размещения оборудования и требуемой ширины проездов по требованиям техники безопасности. Целесообразно применять сетки колонн 12*18 и 12*24м для бескрановых зданий и 12*30м - для зданий, оборудованных кранами. Колонны имеют консоли, на которых размещаются подкрановые балки 0.57 и высотой 0.8м. Перекрывающие пролет железобетонные фермы делают сборными двухскатными, предварительно напряженными. Сечение железобетонных колонн можно брать 0.6*0.4м при кране грузоподъемностью до 10т и 1.0*0.4м при 30-т кранах. Размер подошвы фундамента под колонны определяется крановой нагрузкой и характером грунта. Заглубление подошвы фундамента должно быть ниже промерзания грунта, а при плотных грунтах - 1.75м от уровня чистого пола. Наружные стены здания термических цехов делают из блоков легковесного бетона, толщиной 400 и 500 мм, реже кирпичными, толщиной в 1.2-2 кирпича. Наружные стены ставят за колоннами и выполняют самонесущими, вес стены передается через продольную железобетонную балку на фундаменты колонн. Оконные проемы зданий термических цехов следует выполнять с одинарным остеклением шириной 3, 4 и 6м. На перекрывающие пролет фермы и фонари укладывают крупнопанельные железобетонные плиты размерами 6.0*1.5 и 6*3м, которые перекрывают утеплителями из теплоизоляционных материалов. На теплоизоляционные плиты по битумной мастике укладывается кровля.

Для улучшения освещенности зданий и возможности естественной аэрации формы снабжают фонарями с вертикальным остеклением, что обеспечивает более равномерное освещение. Полы в промышленных зданиях термических цехов делают из клинкера или цемента. На участках травления и промывки покрытие пола должно быть водонепроницаемым.

Термические цехи характеризуются большим количеством инженерных коммуникаций (трубопроводы масла, воды, растворов, пара, воздуха, вентиляции, электроэнергии, газов и др.), установка и монтаж которых затрудняет нормальное проведение технологического процесса. Вопрос рационального размещения коммуникаций может быть решен путем сооружения туннелей, которые по своей конструкции могут быть проходными и непроходными. Непроходные туннели более дешевле, чем проходные, но имеют недостаток - их нельзя размещать под оборудованием. Они располагаются вдоль стен, проездов - на свободном месте. Газопроводы прокладывать в туннелях запрещается. Газовые магистрали крепят на металлических или железобетонных колоннах или на кронштейнах, которые закрепляют к

стенам цеха на высоте, не менее 3м и окрашивают в желтый цвет. Такое положение трубопроводов позволяет обеспечить проверку труб газовиками.

За высоту здания принимают полезную высоту от пола до головки подкранового рельса, которая должна составлять не менее 7-9м.

Для санитарно-гигиенического и культурного обслуживания рабочих и размещения конторских помещений строят бытовые помещения. Предпочтительнее размещать бытовые помещения в торце производственного здания, что обеспечивает движение рабочих к местам работы в направлении технологических и транспортных потоков. Бытовые помещения можно располагать и подале от производственного здания, которые соединяются между собой остекленным переходом (галереей). В соответствии с санитарными нормами проектирования промышленных предприятий площадь бытовых помещений должна соответствовать норме 4.5кв.м. на работника.

Определение площади цеха. Площадь цеха по назначению делится на производственную, вспомогательную и бытовую.

К производственной площади относятся площади, занимаемые участками основного производства, на которых производится обработка изделий. Производственную площадь рекомендуется рассчитывать путем суммирования площади для каждого вида выбранного оборудования:

$$S_{\text{пол}} = \sum S_i,$$

$S_{\text{пол}}$ - полезная потребная площадь; S_i - площадь для данного вида оборудования.

Нормы производственной площади на одно нагревательное устройство составляют:

- для печей садочных периодического действия (камерные, шахтные, печи-ванны) - 40-80кв.м.;
- для печей механизированных в агрегатах непрерывного действия (конвейерные, толкательные) - 80-150кв.м.;
- для установок скоростного нагрева (ТВЧ, электролитные, газопламенные).

В состав вспомогательных площадей входят площади, занимаемые кладовыми хранения деталей и вспомогательных материалов, мастерскими по ремонту оборудования и оснастки, установками для приготовления контролируемых атмосфер, трансформаторными подстанциями и др. Вспомогательная площадь определяется по укрупненным показателям и составляет 25-35% от величины производственной площади.

Т.о. общая площадь определяется суммированием производственной и вспомогательной площадей с последующим сопоставлением расчетных данных, полученных по обоим источникам.

После определения и суммирования площадей подбирают количество пролетов и их размеры. По условиям аэрации количество продольных пролетов обычно ограничивается двумя-тремя. Длина цеха (пролетов) вычисляется как частное от деления расчетной площади цеха на его ширину, с

округлением до большей величины, кратной 12м (шаг колонн). Удобно, когда соотношение длины пролета и его ширины составляет $12 \div 2$.

План цеха вычерчивается в масштабе 1:100 или 1:200; изображается вид сверху в разрезе на уровне 1м ниже подкрановых путей. Краны наносятся на план схематически, пунктиром. На плане наносят сетку разбивочных осей, определяющих шаг колонн и ширину пролетов. Тонкими линиями обозначают направление и границы открывания ворот и дверей, открытые приямки и каналы. Штриховыми линиями обозначают невидимые подземные коммуникации. Постоянные места рабочих изображают наполовину зачерненными кружочками. На плане изображают основные элементы здания (стены, колонны, проемы окон и дверей), ограждающие устройства, все виды технологического, энергетического и транспортного оборудования, места складирования деталей и др.

Общая компоновка и грузопоток цеха. Общая компоновка цеха включает установление месторасположения точек поступления и выдачи готовой продукции, размещения в цехе пожарных проездов и главных проходов, а также установление месторасположения производственных участков в порядке последовательности разработанного технологического процесса. Компоновочная схема может предусматривать два варианта расположения точек поступления и выдачи продукции по длине цеха, а именно, в одном месте, у одной из торцевых стен для цеха с относительно небольшой длиной и в разных концах цеха значительной длины.

Определив площадь и разбив ее по длине и ширине в соответствии с сеткой колонн, намечают грузопоток цеха - движение деталей по технологическим операциям. При составлении грузопотоков линии движения продукции не должны пересекаться. Допускается перекрещивание грузопотоков - движение грузов на разных горизонтах (конвейер под потолком, электрокара на полу). 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 и места складирования. Изображение грузопотоков на чертежах выполняется линиями различной толщины. Толщина основной линии грузопотока и ответвлений от основной делается в масштабе так, чтобы по чертежу можно было видеть относительное количество продукции на отдельных ветвях грузопотока. По каждой ветви проставляется количество обрабатываемой продукции в тоннах.

Траектории грузопотоков должны быть наикратчайшими и осуществляться с минимальным числом перегрузов изделий, т.к. перегрузочные операции не только увеличивают трудоемкость, но и увеличивают вероятность попадания сырых деталей в корзину с готовыми изделиями. Помимо прямолинейных грузопотоков, которые целесообразны при обработке длинномерных изделий с расположением оборудования по прямой вдоль пролета, применяется поперечная схема грузопотоков (перпендикулярно продольной оси пролетов), а также схема движения грузопотоков П-образная, по кругу, четырехугольнику и т.п., что позволяет производить загрузку и выгрузку изделий в одном месте одним рабочим, а также не требует использования специального транспорта.

При планировке оборудования необходимо руководствоваться следующими соображениями:

1. Размещение оборудования должно быть произведено по участкам, например по участку цементации, участку азотирования, участку закалки и т.д.

2. оборудование должно располагаться в соответствии с общим направлением основного грузопотока. Расстояние между оборудованием должно быть не менее 1.2м.

3. Крупное агрегатное оборудование (конвейерное, толкательное, цементационное) удобно размещать вдоль наружных стен цеха в несколько рядов, оставляя проходы между печами не менее 2.5м.

4. Оборудование не должно устанавливаться вплотную к стенам цеха. Расстояние от стены должно быть не менее 1-1.5м.

Участки с высокой вредностью производства и использующие электрическое напряжение более 1кВ должны располагаться в изолированных помещениях. Опасные места, где используется высокое напряжение (машинные генераторы индукционного нагрева ТВЧ), располагаются в специальном машинном зале. Закалочные станки установок ТВЧ можно располагать на общей площади цеха, они должны иметь защитное заземление. Силовой кабель располагается под полом или на достаточной высоте. Ламповые генераторы ТВЧ с частотой 40-60кГц размещают в отдельных помещениях, оборудованных системой защиты от радиопомех. В этом случае в стену вмонтируется проволоочная сетка, размер ячейки которой должен быть меньше длины волны излучения.

Оборудование, не относящееся к основному циклу работы, такое как распределительные щиты, щиты высокого напряжения, размещают на стенах.

Установки для приготовления контролируемых атмосфер могут располагаться на антресолях на высоте 3÷3.5м. Площадь под ними может быть занята кладовыми, мастерскими, вспомогательным и дополнительным оборудованием.

Если в термическом отделении используются ядохимикаты, например в ваннах цианирования, то эти помещения должны находиться в отдельном здании и доступ людей туда ограничен.

Термические цеха оснащены вентиляцией. В каждом отделении есть кратность обмена воздуха. Применяют два типа вентиляции - приточную и вытяжную.

Термический цех должен иметь один сквозной проезд шириной 3.5÷4.5м, который используется как транспортная сеть и в случае тушения пожара для проезда пожарных машин. Для подвоза и обслуживания оборудования проезды и проходы должны быть не менее 2.5м.

Планировка оборудования. Планировку проектируют с помощью особых макетов (темплетов, габариток), представляющих собой контурные очертания каждого вида оборудования, выполненные в данном масштабе из картона или прозрачного пластика. В таком же масштабе вычерчивают план помещения с изображением сетки колонн. Разработку планировки ведут следующим образом. Вначале составляют компоновку производственных участков и отделений. Затем устанавливают места проездов и проходов, места расположения генераторов, маслоохладительных систем и складирования продукции. Далее, с помощью темплетов находят оптимальный вариант расположения оборудования в проектируемом подразделении.

В размещении оборудования проектируемого подразделения необходимо определить прежде всего принцип, учитывая характер производства и тип оборудования. Существуют 4 принципа

планировки исходя из минимальной длины пути движения детали и минимально возможных потерь и ошибок при перемещении "сырых" деталей и готовой продукции.

1. Предметный принцип (по типу детали). Одна или группа однотипных деталей проходит термическую обработку в одном месте (На одной площади обрабатываются только шестерни, на другой - только валы и т.д.). Предметный принцип подходит для крупносерийного или массового производства с использованием оборудования агрегатного типа с законченным циклом обработки. Перемешивание "серых" и термообработанных деталей исключается.

2. Технологический принцип, в основе которого заложена компоновка по технологическим операциям (закалка, промывка, отпуск). Каждое отделение - закалочное, промывочное, отпускное располагается на своей площади. Технологический принцип оправдан в штучном и мелкосерийном производстве. Состав рабочих - термистов в каждом отделении свой: при закалке - кальщики, при отпуске - отпускники, что позволяет легче осваивать квалификацию и повышает ответственность за выполненную работу. Недостатком является необходимость транспортирования деталей с одного участка на другой. Удобен в инструментальном производстве, в ремонтных цехах.

3. Смешанный принцип. Применяется при среднем объеме производства с большой номенклатурой деталей. При этом на одной площади термического отделения ведется обработка разных деталей и по различным технологическим процессам, что требует постоянных накладок оборудования. Смешанный принцип реализуется в термических подразделениях машиностроительного производства.

4. По типу оборудования. Принцип размещения оборудования основан на используемом типе оборудования: участок цементационных агрегатов, участок печей с выдвижным подом, участок конвейерных закалочных агрегатов, участок больших шахтных печей и т.д. Оправдывает себя там, где требуется особое помещение или транспорт для обслуживания какого-либо типа оборудования.

Лекция 17. Транспортные механизмы цеха общего назначения.

Транспортными механизмами общего назначения называют общецелевой транспорт, предназначенный для передачи изделий или грузов внутри цеха между отделениями, складами, агрегатами и рабочими местами.

Транспортные механизмы подразделяют на подъемно-транспортные и неполные.

Подъемно-транспортные механизмы (ПТМ). Эти механизмы в термическом цехе служат для передачи изделий с одной операции на другую, но могут использоваться также при выполнении технологических процессов (закалка изделий в баках, для чего необходимо иметь большую скорость подъема и опускания изделий). К подъемно-транспортным механизмам, наиболее распространенных в термических цехах и отделениях относятся электротали и электротельферы, которые служат для вертикального и горизонтального перемещения изделий.

Электротали - грузоподъемные устройства, в которых подъем грузов осуществляется с помощью электродвигателей. Тележка для перемещения в горизонтальном направлении, к которой подвешивается ручная или электрическая таль, называется кошкой.

При грузоподъемности $G < 1 \text{ тс}$ кошки перемещаются вручную. Перемещают либо толкая груз, либо оттягивая саму таль. Кошки имеют 1, 2 или 4 катка, которые перемещаются по монорельсовой дорожке, представляющую собой двутавровую балку.

При грузоподъемности $G > 1 \text{ тс}$ кошки перемещаются от электродвигателя и такие электротали называются электротельферами. Ток к электротали подводится по гибким проводам, а при большой длине - по троллейным. Минимальный радиус закругления монорельса составляет 3м.

Грузоподъемность таких ПТМ составляет от 0.25 до 10 тс. Серийно выпускаются электротали и электротельферы грузоподъемностью 0.5; 1; 2; 3; 5 тс. высота подъема груза до 6м при скорости подъема груза 6÷8м/мин.

Электротали и электротельферы используются для обслуживания шахтных печей и передачи деталей и поддонов от одной печи к другой.

Для индивидуального (локального) обслуживания работы печей применяют консольные краны (кран балки) с ручным и электрическим приводом. Подкрановые пути однобалочных кранов крепятся к фермам здания или опираются на колонны здания. Кран балки по конструкции своей представляют укосину из двутавровой балки, по нижней полке которой движется ручная лебедка или электроталь. Угол поворота стрелы составляет 180° , а при установке кран балки на свободно стоящей колонне может достигать 360° . Грузоподъемность кран балки с ручной лебедкой до 1 тс, а с электроталью до 10 тс. Вылет стрелы кран балки - 6м. Используются кран балки при небольших грузопотоках для разгрузки и загрузки шахтных печей. Для обслуживания шахтных печей, расположенных в отделении в технологическую цепочку, используется также передвижной кран, представляющий собой монорельс, закрепленный к фермам здания, с электротельфером.

Для проведения монтажных и ремонтных работ оборудования, а также выполнения технологических операций по закалке тяжелых деталей в закалочных баках, а также загрузки и разгрузки печей применяются мостовые краны. Один кран обслуживает цех длиной до 60м.

Наиболее простая конструкция - ручной однобалочный мостовой кран состоит из моста, механизма передвижения и грузовой тележки (обычная ручная таль). Мост крана - сварная конструкция из продольных несущих двутавровых балок, опирающихся на рамы из швеллеров. Электрический мостовой кран состоит из моста и тележки. Этот кран представляет собой стальную конструкцию, опирающуюся на ходовые колеса, которые приводятся в движение электродвигателем. Ходовые колеса тележки передвигаются по мосту крана (поперек цеха). Все три механизма крана имеют свой электродвигатель. Кран получает электроэнергию через скользящие контакты троллейных проводов. Подкрановые рельсы располагаются на подкрановых балках Т-образного сечения, опирающихся на консоли колонн здания. В зависимости от грузоподъемности крана ($G=3+200\text{тс}$) скорость подъема груза может составлять $2\div 8\text{м/мин}$, перемещения тележки $20\div 30\text{м/мин}$, моста крана $60\div 120\text{м/мин}$. Чем больше грузоподъемность крана, тем меньше скорость передвижения механизмов. При выполнении закалки скорость подъема и опускания составляет соответственно $20\div 30\text{м/мин}$ и $50\div 70\text{м/мин}$. Величина пролета крана берется в зависимости от строительного пролета зданий (12, 18, 24м). Подъемно-транспортное оборудование снабжается различными грузозахватными приспособлениями разнообразного назначения и конструкций.

Напольные транспортные механизмы. Небольшие детали транспортируют при помощи ручных и самоходных тележек, разнообразных конструкций.

Ручные тележки имеют грузоподъемность от 0.25 до 1тс, самоходные - от 1 до 5тс. Самоходные тележки (электрокары) бывают без подъемной платформы и с поднимающейся платформой, высота подъема которой составляет от 1.5 до 3м при скорости передвижения до 10км/ч. Такой вид напольного транспорта используют в целях любого производства. Зарядка аккумуляторов производится ежедневно по окончании смены.

Автокары - механические тележки с двигателем внутреннего сгорания используют, в основном, как межцеховой транспорт, т.к. выбросы выхлопных газов в помещениях цеха недопустимы.

В условиях массового и крупносерийного производства, где постоянные грузопотоки наряду с универсальными применяют специальные транспортные средства. Широкое распространение для перемещения деталей получили подвесные конвейеры. Они не требуют дополнительных площадей и позволяют транспортировать грузы по сложным пространственным трассам. Цепные подвесные конвейеры служат для передачи деталей от закалочных баков к отпускным печам, к очистным устройствам, затем на контроль. Детали движутся по роликам на специальных тележках (корзинах), перемещаемых цепью. Цепи сообщаются возвратно-вращательное движение по замкнутой трассе. Тележка перемещается по подвесному рельсу с заданной траекторией на высоте до 5м. В местах загрузки и выгрузки корзин высота конвейера снижается до 1.5-2м.

Роликовые конвейеры (рольганги). Рольганги служат для обратной передачи поддонов у печей непрерывного действия, для транспортирования цементационных ящиков. Перемещение поддонов осуществляется по роликам, которые вращаются при перемещении по ним груза. Уклон конвейера до 50 облегчает передвижение грузов. Конструкция рольганга простая и его свободно можно перемещать по цеху.

Цепные и роликовые конвейеры, обслуживающие два и более агрегатов, имеют устройство с заданным адресованием груза позволяют перемещать детали между цехами без складов, распределять по рабочим местам, создавать подвесные склады для хранения задела, обеспечивая бесперебойное функционирование производственных участков.

Для перемещения тяжелых деталей типа валов, осей, штанг применяются рейнерные конвейеры. Рейнеры - захватывающие приспособления, передвигающиеся по направляющим между двумя агрегатами. Рейнер может перемещать деталь не только в горизонтальном, но и в вертикальном направлении.