

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

140400.62 - электроэнергетика и электротехника

СОСТОИТ ИЗ ДВУХ ЧАСТЕЙ!

Контрольная работа включает в себя 5 задач (первая часть – одна задача; вторая часть – четыре задачи). Работа выполняется письменно. При оформлении работы нужно оставлять на каждой странице поля для замечаний преподавателя. Все условия задания переписываются в тетрадь. В конце выполненной работы следует привести список использованной литературы и ресурсов интернета.

ПЕРВАЯ ЧАСТЬ

Цель первой части работы - проверка знания студентами диаграммы состояния железо-цементит и умения пользоваться ею при определении равновесной структуры железоуглеродистых сплавов и назначении режимов термической обработки.

Первая часть контрольной работы имеет 10 вариантов, номера которых соответствуют **последней цифре шифра**.

Для ответа на приведенные ниже вопросы заданий необходимо нарисовать диаграмму железо-цементит и указать фазы во всех областях диаграммы. В ряде случаев можно ограничиться соответствующей частью диаграммы, например, при выборе режимов термической обработки сталей достаточно рассмотреть "стальной угол" диаграммы. При ответе на вопросы нужно использовать рисунок диаграммы, анализируя состояние сплавов в различных ее областях.

Вариант 1

Определить по диаграмме железо-цементит, какие превращения совершаются в заэвтектоидной стали марки У10 и доэвтекктическом чугуна при медленном охлаждении от расплавленного состояния до комнатной температуры. Сопоставить эти превращения и указать окончательную структуру сплавов. Каково принципиальное отличие структуры чугуна от структуры стали, и как это отличие сказывается на механических и технологических свойствах этих сплавов?

Вариант 2

Определить по диаграмме железо - цементит температуры отжига сталей марок 40, У8 и У12. Какова температура нагрева этих сталей под закалку? Дать обоснование выбранным температурам нагрева сталей, описав структурные превращения в этих сталях при соответствующих режимах (и видах) термической обработки.

Вариант 3

Определить по диаграмме железо-цементит превращения, совершающиеся в стали марки У8 при медленном охлаждении от расплавленного состояния до комнатной температуры. Начертить диаграмму изотермического превращения аустенита для названной стали и показать на ней, как будут изменяться структура и свойства этой стали по мере ускорения охлаждения из аустенитной области. Какую структуру и свойства приобретет эта сталь, если скорость охлаждения из аустенитной области превысит критическую скорость заковки?

Вариант 4

Определить по диаграмме железо-цементит, какие превращения совершаются в стали марки 40 при медленном охлаждении от расплавленного состояния до комнатной температуры и окончательную структуру этой стали. Какую структуру будут иметь изделия из этой стали после заковки с температур 740°C и 840°C? Какой из указанных вариантов заковки следует выбрать для обеспечения более высоких эксплуатационных характеристик изделий из этой стали и почему?

Вариант 5

Определить по диаграмме железо-цементит, до какой области температур была нагрета сталь марки 45, если после заковки со скоростью выше критической ее структура состояла из феррита и мартенсита. Описать превращения, которые совершились в стали при охлаждении, и указать является ли выбранная температура нагрева стали удачной с точки зрения получения высоких механических свойств. Какова должна быть температура

нагрева этой стали, чтобы при охлаждении со скоростью выше критической ее структура не содержала феррита?

Вариант 6

Сталь марки 50 после одного вида термической обработки получила структуру феррит+пластинчатый перлит, после второго - мартенсит+феррит и после третьего - мартенсит. Указать, какие виды термической обработки применены в каждом случае. Определить по диаграмме железо-цементит, до какой области температур была нагрета сталь при каждом виде термической обработки и указать, какие превращения она претерпела в процессе охлаждения в каждом из трех случаев.

Вариант 7

Определить по диаграмме железо-цементит, какие превращения совершаются в доэвтектическом белом чугуна какого-либо состава при охлаждении от расплавленного состояния до комнатной температуры. Какова окончательная структура сплава? Назначить режим термической обработки для превращения этого чугуна в ковкий чугун и указать, как изменяются при этом свойства чугуна. Какова причина этих изменений?

Вариант 8

Определить по диаграмме железо-цементит, какие превращения совершаются в стали марки У12 при медленном охлаждении от расплавленного состояния до комнатной температуры, привести окончательную структуру стали. Какую структуру будут иметь изделия из этой стали после закалки с температур 770 и 960°C? Какой из указанных вариантов закалки следует выбрать для обеспечения более высоких эксплуатационных характеристик инструмента из этой стали и почему?

Вариант 9

При закалке инструмента из углеродистых сталей температура в печи оказалась завышенной на 150°C по сравнению с оптимальной.

Нарисовать в масштабе «стальной угол» диаграммы железо-цементит и показать на нем оптимальный интервал закалочных температур. Используя

рисунок, объяснить, как указанное нарушение режима закалки повлияет на структуру и свойства сталей марок У7 и У10.

Вариант 10

Сталь марки У12 после одного вида термической обработки получила структуру пластинчатый перлит+вторичный цементит, после второго - мартенсит+остаточный аустенит, после третьего - мартенсит+остаточный аустенит+вторичный цементит. Указать, какие виды термической обработки применены в каждом случае. Определить по диаграмме железо-цементит, до какой области температур была нагрета сталь при каждом виде термической обработки и указать, какие превращения она претерпела в процессе охлаждения в каждом из трех случаев.

ВТОРАЯ ЧАСТЬ

Цель этой части работы - выработка навыков по выбору материалов для изготовления изделий различного назначения (деталей машин, приборов и аппаратов, инструмента, конструкций и др.) и рациональных технологий объемной и поверхностной упрочняющей обработки (термической, химико-термической и др.) этих изделий.

Для выполнения заданий этой части работы необходимо освоить все темы дисциплины и уметь пользоваться учебной и (в отдельных случаях) специальной справочной литературой (см. список рекомендуемых изданий).

Ответы на каждый вопрос задания должны быть обоснованными, четко указано, почему произведен выбор данной группы материалов, конкретной марки сплава, того или иного режима упрочняющей обработки и т. д.

Ниже описана примерная схема выбора материалов для различных изделий.

Отправной точкой являются, во-первых, назначение данного изделия, его конфигурация, размер; во вторых, условия работы. При их анализе необходимо учитывать величину и характер основных нагрузок (статические или динамические (ударные, циклические); поверхностные или объемные и т. д.), а также различные внешние факторы, влияющие на работу изделия (температура, химическая активность среды и контактирующего материала, наличие абразивных частиц в зоне контакта и др.).

Назначение и условия работы изделия определяют выбор того или иного класса материалов - инструментальных, конструкционных, а среди них, например, теплостойких, жаропрочных, коррозионностойких и т. п.

Далее выбор может быть сужен, если учесть технологию изготовления изделия, поскольку в данной группе сплавов обычно различают литейные и деформируемые (обрабатываемые давлением) материалы.

Для стальных закаливаемых изделий дополнительным ориентиром по выбору конкретного материала может служить также размер поперечного сечения детали. Это связано с тем, что в таких изделиях требуется, как правило, сквозная прокаливаемость, величина которой зависит от химического состава и, следовательно, марки стали.

Следует далее помнить, что для получения оптимальных свойств большинство стальных изделий подвергается объемной термической, а иногда, дополнительно и поверхностной обработке. Во всяком случае, для ответственных изделий из легированных и качественных углеродистых сталей обязательной является термическая обработка, состоящая из закалки и отпуска. Режимы закалки и отпуска выбираются исходя из марки (химического состава) стали и требований, предъявляемых к изделию по механическим свойствам.

Помимо обеспечения необходимого комплекса служебных свойств при решении задачи необходимо учитывать экономический фактор - стоимость материала и технологии изготовления изделий.

Вторая часть контрольной работы имеет 10 вариантов (в каждом четыре задания). Номер варианта выбирается по предпоследней цифре шифра. Задания скомпонованы так, чтобы учесть, по возможности, специализацию студентов:

Вариант 1

1. Сварные части корпуса реакторов АЭС (обечайки, днища и крышки) изготавливают методом штамповки. Обосновать выбор достаточно экономичной стали для этих изделий, учитывая необходимость их длительной эксплуатации при температурах до 600°C. Привести марку стали, химический состав и роль легирующих элементов. Назначить режим термической обработки, обеспечивающей необходимый комплекс свойств. Указать окончательную структуру и механические свойства стали.

2. Выбрать сплав для магнитопроводов электрических машин и аппаратов (роторов и статоров асинхронных двигателей, сердечников трансформаторов и т.п.) Перечислить требования, предъявляемые к материалам этого назначения. Привести марку, химический состав,

структуру и физические свойства сплава. Описать технологию изготовления и термической обработки данных изделий, объяснить ее влияние на физические и механические свойства сплава.

3. В системах электроснабжения широко используются литые изделия различного назначения (корпуса насосов, редукторов, вентилях, гидроприводов и т.п.). Выбрать наиболее экономичный сплав с прочностью $\sigma_b \approx 300$ МПа для изготовления таких изделий. Привести марку, химический состав, механические и технологические свойства; описать структуру и способ получения.

4. Выбрать пластмассу с прочностью $\sigma_b \approx 130$ МПа для изготовления катушек электромагнитов, работающих при температурах до 100°C . Привести ее марку, состав, строение, физические и механические свойства.

Вариант 2

1. Некоторые внутриреакторные детали механизмов управления (штоки, штанги, захваты, ответственный крепеж) работают в контакте с химически активной средой и по характеру нагружения должны обладать оптимальным сочетанием прочности и вязкости. Выбрать подходящую марку стали, указать химический состав и роль легирующих элементов. Обосновать режим термической обработки, привести окончательную структуру и механические свойства стали.

2. В электромашиностроении многие детали сложной формы (короткозамыкающие кольца с вентиляционными лопатками, фасонные корпуса асинхронных двигателей, автомобильных генераторов и т.п.) отливают из сплавов невысокой плотности. Выбрать сплав с прочностью $\sigma_b \approx 180$ МПа для таких изделий. Указать марку, химический состав, физико-механические и технологические свойства сплава. Описать металлургический прием, применяемый для улучшения структуры сплава, а также режим упрочняющей термической обработки.

3. Выбрать сталь ($\sigma_{0,2} \approx 1400 \dots 1600$ МПа) для пружинных подвесок и опор трубопроводов. Указать марку, химический состав, роль легирующих элементов, назначить режим термической обработки, привести окончательную структуру и механические свойства стали.

4. Выбрать пластмассу для изготовления малонагруженных деталей управления электрических приборов (ручек, кнопок, маховичков и т.п.). Указать классификационную группу, состав, строение, физические и

механические свойства пластмассы. Описать способ получения деталей.

Вариант 3

1. Опора вала перекачивающего насоса реактора АЭС находится в жидком натрии, используемом в качестве теплоносителя. Обосновать выбор износостойкой наплавки на поверхности пары трения вал-опора с учетом того, что температура рабочей среды $\geq 600^\circ\text{C}$. Привести марку сплава, химический состав и назначение отдельных элементов. Описать физико-механические свойства и способ изготовления сплава.

2. В ряде случаев детали электрических машин и аппаратов изготавливают из немагнитных (магнитная проницаемость $\mu \leq 1,5$) сталей и чугунов. Какую структуру должны иметь эти сплавы? Каков способ получения такой структуры? Каковы преимущества немагнитных сталей и чугунов по сравнению с цветными сплавами этого назначения? Выбрать оптимальный сплав для изготовления литых деталей (крышки, кожухи, втулки) масляных выключателей, силовых и сварочных трансформаторов. Привести марку сплава, химический состав и назначение легирующих элементов. Описать структуру, характеризующие свойства и способ получения деталей.

3. В энергомашиностроении широко применяются труднообрабатываемые резанием стали и сплавы. Обосновать выбор стали для металлорежущих инструментов (резцов, фрез, сверл), используемых для обработки указанных материалов. Привести марку, химический состав, объяснить роль легирующих элементов. Назначить режим термической обработки такого инструмента. Проследить, как изменяется структура и твердость стали на отдельных этапах термической обработки.

4. Выбрать пластмассу для изготовления смотровых стекол, прозрачных шкал переносных электроизмерительных приборов, подверженных ударам. Указать классификационную группу пластмассы, ее состав, строение, физические и механические свойства.

Вариант 4

1. Выбрать экономичный сплав с прочностью $\sigma_b \approx 450$ МПа для изготовления фасонных литых деталей (станины, подшипниковые щиты) мощных электрических двигателей. Учесть, что указанные детали помимо

статических испытывают и вибрационные нагрузки. Привести марку сплава, его химический состав и механические свойства. Описать технологию получения этих деталей. Объяснить, как влияет режим термической обработки отливок на их структуру и механические свойства.

2. Работающие на трение детали привода регулирующих систем реакторов АЭС (шестерни, червяки, втулки и т.п.) должны обладать высокой твердостью ($HRC_{\Sigma} \approx 50...55$) и коррозионной стойкостью. Выбрать марку стали для таких деталей, указать химический состав и роль легирующих элементов. Назначить режим термической обработки, привести окончательную структуру и механические свойства стали.

3. Выбрать сплав для изготовления проволочных нагревателей электропечей с рабочей температурой до 1100°C . Привести марку, химический состав, назначение легирующих элементов, физические и механические свойства сплава. Отметить связь между химическим составом, структурой и свойствами сплавов данной группы.

4. Выбрать полимерный материал с рабочей температурой – $60...+200^{\circ}\text{C}$ для теплоизоляции теплопроводов ТЭЦ, холодильных камер и т.п. Указать классификационную группу материала. Описать его состав, строение, физические и механические свойства.

Вариант 5

1. Выбрать сталь для сварных деталей и узлов водогрейных котлов и трубопроводов, используемых для теплоснабжения жилых районов. При выборе марки стали учесть экономический фактор и то, что температура теплоносителя в данном случае не превышает 200°C . Привести химический состав, структуру, механические и технологические свойства стали.

2. Перечислить требования, предъявляемые к сплавам для изготовления деталей подшипников качения. Обосновать выбор марки стали для крупногабаритных подшипников (диаметр тел качения ≈ 50 мм) мощных электродвигателей. Указать химический состав и роль легирующих элементов. Назначить режим термической обработки, привести окончательную структуру и твердость стали.

3. Крупногабаритные (толщина стенок до 190 мм) цилиндрические и полусферические детали корпусов АЭС (обечайки, крышки) изготавливают методом штамповки. Каков принцип выбора температуры нагрева заготовок для формообразования таких деталей? Какую инструментальную сталь

следует использовать для изготовления соответствующих штампов? Приведите ее марку, химический состав, роль легирующих элементов. Назначьте режим термической обработки штампа. Укажите окончательную структуру и механические свойства стали.

4. Выбрать пластмассу с прочностью $\sigma_b \approx 500 \dots 600$ МПа, которую можно использовать для изготовления высоковольтных изоляторов, а также нагруженных трубопроводов криогенных установок. Указать классификационную группу пластмассы, описать ее строение, физические и механические свойства.

Вариант 6

1. В токоведущих контурах некоторых аппаратов используются пружинные контакты, материал которых должен обладать высокими показателями электропроводности, прочности ($\sigma_b \approx 1200$ МПа) и коррозионной стойкости. Выбрать сплав, удовлетворяющий этим требованиям. Привести его марку и химический состав. Назначить режим термической обработки; объяснить, как изменяется структура и механические свойства сплава на отдельных этапах.

2. Некоторые подшипники качения энергетических установок работают в химически агрессивных средах (например, в механизмах привода реакторов АЭС). Выбрать сталь для деталей таких подшипников. Указать марку, химический состав; объяснить влияние основных элементов на структуру и твердость.

3. Перечислить требования, предъявляемые к магнитотвердым материалам. Выбрать сплав для литых постоянных магнитов измерительных приборов, роторов и статоров микродвигателей и микрогенераторов постоянного тока. Привести марку сплава, химический состав, физические и технологические свойства. Описать способ получения таких магнитов и режим их термической обработки; отметить ее влияние на структуру и магнитные характеристики сплава.

4. Выбрать полимерный материал для электроизоляции проводов, кабелей, а также антикоррозионных покрытий стальных трубопроводов, эксплуатируемых в диапазоне температур $-70 \dots +70^\circ\text{C}$. Указать классификационную группу материала, его химический состав, структурную формулу, физические и механические свойства.

Вариант 7

1. Выбрать сталь и способ объемно-поверхностного упрочнения ответственных точных деталей (например, штоков клапанов паровых турбин, гильз и клапанов дизельных двигателей), существенно повышающий поверхностную твердость (до 1200 HV), износостойкость, сопротивляемость коррозии и предел выносливости при работе до 500°C. Указать марку, химический состав стали и назначение легирующих элементов. Описать последовательность технологических операций обработки таких деталей и изменения, происходящие при этом в структуре стали. Привести окончательную структуру и твердость стали в различных частях сечения изделий.

2. Выбрать сплав ($\sigma_{0,2} \approx 800$ МПа, $E \approx 2 \cdot 10^5$ МПа) для нетоковедущих пружин приводных механизмов аппаратов, электромагнитных реле, контакторов и т.п. Привести марку сплава, его химический состав. Назначить режим термической обработки пружин. Привести окончательную структуру и механические свойства материала пружины.

3. Многие металлические изделия энергетического оборудования и электрических аппаратов изготавливают методами холодной пластической деформации. Как влияет такая обработка на структуру, физические (электросопротивление) и механические свойства металла? Обосновать выбор стали для изготовления серийных штампованных деталей (например, защитных кожухов электромоторов, трансформаторов). Привести марку, химический состав, структуру, механические и технологические свойства стали.

4. Выбрать пластмассу с твердостью HB 250...350 МПа для изготовления бесшумных зубчатых передач механизмов управления систем электроснабжения. Описать строение и способ получения материала. Привести классификационную группу пластмассы, ее физические и механические свойства.

Вариант 8

1. Нагруженные шестерни реактора питательного насоса тепловых электростанций должны обладать высокой износостойкостью (твердостью поверхности $HRC_3 \geq 60$) и достаточной вязкостью для предотвращения хрупкого разрушения зубьев. Выбрать марку стали для шестерен с рабочим сечением ≥ 100 мм. Привести химический состав, объяснить его влияние на выбор марки стали. Назначить технологию и режимы объемно-

поверхностного упрочнения шестерни. Привести окончательную структуру и механические свойства в различных частях сечения шестерни.

2. Выбрать сплав для рабочих лопаток, дисков газовых турбин, работающих при температурах до 850°C. Указать марку сплава, химический состав, роль легирующих элементов. Назначить режим термической обработки, объяснить ее влияние на основную рабочую характеристику сплава; привести его механические свойства.

3. Объяснить почему для подвижных электрических контактов чувствительных реле, пакетных выключателей и переключателей не используют стальные пружины. Выбрать сплав с прочностью $\sigma_b \approx 400 \dots 750$ МПа для плоской пружины переключателя. Привести марку, химический состав и механические свойства сплава. Отметить влияние химического состава на структуру, механические и технологические свойства сплава. Пояснить, каким путем достигается в данном сплаве верхний уровень прочности, указанный в задании.

4. Перечислить основные типы пластмасс, применяемых в приборостроении для изготовления фольгированных диэлектриков. Выбрать материал для печатных плат высокой прочности, работающих в условиях повышенной влажности. Описать состав, строение, физические и механические свойства пластмассы.

Вариант 9

1. Материал труб теплообменных аппаратов, конденсаторов паровых турбин должен обладать высокими показателями теплопроводности, коррозионной стойкости, а также пластичности ($\delta \geq 40 \%$). Выбрать сплав с прочностью $\sigma_b \approx 320 \dots 400$ МПа, удовлетворяющий этим требованиям. Привести марку, химический состав; отметить его влияние на структуру, механические и технологические свойства сплава.

2. Обосновать выбор стали для крупногабаритных ($\varnothing \geq 500$ мм) валов, роторов паровых турбин, турбогенераторов, испытывающих при работе большие знакопеременные циклические нагрузки. Привести марку, химический состав; объяснить роль легирующих элементов. Назначить режим термической обработки таких деталей, указать окончательную структуру и механические свойства стали.

3. Температура рабочей среды в коллекторах, паропроводах котла, пароперепускных трубах составляет $\approx 500...600^{\circ}\text{C}$. Какую сталь можно использовать для этих изделий, если рабочая среда не обладает высокой агрессивностью? Привести марку стали, химический состав, роль легирующих элементов. Назначить режим термической обработки, обеспечивающей наилучшие эксплуатационные свойства таких изделий; указать окончательную структуру и механические свойства стали.

4. Перечислить основные антифрикционные пластмассы. Каковы их преимущества и недостатки по сравнению с металлическими сплавами данного назначения? Выбрать пластмассу для нагруженного подшипника скольжения (удельная нагрузка до 30 МПа), работающего в насосах систем водоснабжения. Указать классификационную группу пластмассы, ее строение, физические и механические свойства.

Вариант 10

1. В качестве опор валов турбо- и гидрогенераторов, турбокомпрессоров, водяных насосов электростанций применяются подшипники скольжения. Перечислить требования, предъявляемые к сплавам для подшипников этого типа. Выбрать марку сплава для изготовления вкладыша подшипника скольжения высокооборотной машины. Привести химический состав и физико-механические свойства. Отметить влияние структурных особенностей сплава на рабочую характеристику подшипника.

2. Температура теплоносителя в трубах парогенераторов АЭС на быстрых нейтронах достигает 600°C . Выбрать коррозионностойкую сталь для изготовления таких труб. Привести марку, химический состав, роль легирующих элементов, структуру, механические и технологические свойства стали. Описать возможные изменения в структуре сталей этого типа при их длительной эксплуатации в данных условиях. Объяснить влияние этих процессов на надежность труб, указать пути предотвращения возникающих нежелательных явлений.

3. В высоковольтных аппаратах применяются металлические экраны вокруг токопроводящих элементов. Их изготавливают из тонколистовых заготовок методами холодной пластической деформации (например, гибкой с последующей сваркой или глубокой вытяжкой). Обосновать выбор сплава с учетом указанной технологии для изготовления легкого ($\rho \approx 2,7 \text{ г/см}^3$) экрана. Привести марку, химический состав, структуру и механические

свойства сплава. Объяснить, как данный способ формообразования влияет на механические свойства и электросопротивление сплава

4. Срок службы электрических машин во многом определяется долговечностью электроизоляции. Выбрать пленочный полимерный материал с удельным электросопротивлением $\approx 10^{17} \dots 10^{18}$ Ом·см и нагревостойкостью до 250°C . Указать классификационную группу материала, описать его физические, химические и механические свойства.