

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

**ГОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ»**

Б.Н. Гузанов

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

Екатеринбург
2009

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

**ГОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ»**

Б.Н. Гузанов

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания и контрольные задания
для слушателей факультета заочного обучения

Екатеринбург
2009

УДК 621.002.3-034.14:006

Б.Н. Гузанов, доктор технических наук. Материаловедение и технология материалов: Методические указания и контрольные задания для слушателей факультета заочного обучения. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2009 г.

Рецензент: М.А. Гервасьев заведующий кафедрой «Металловедение» УГТУ-УПИ им. С.М. Кирова профессор, доктор технических наук.

Данные методические указания по выполнению контрольных работ разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины «Материаловедение и технология материалов» и предназначены для оказания помощи слушателям в процессе их самостоятельной работы.

В методических указаниях даны краткие теоретические сведения по основным разделам курса, рассмотрены вопросы, вызывающие у слушателей наибольшие затруднения при самостоятельном изучении. Приведены варианты заданий и дан алгоритм их решения. Требования к оформлению контрольной работы представлены в виде решения одного из вариантов задач.

Методические указания и контрольные задания по курсу «Материаловедение и технология материалов» для слушателей факультета заочного обучения обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Общетеchnических дисциплин»

Одобрено на заседании методического совета

©Уральский институт ГПС МЧС РФ 2009г.

Введение

Дисциплина «Материаловедение и технология материалов» является одной из основных дисциплин общетехнической подготовки инженера пожарной безопасности по специальности 330400 и базируется на таких дисциплинах Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования, как физика, химия, математика, инженерная графика и прикладная механика.

Дисциплина состоит из двух разделов, структурно и методически согласованных между собой, что позволяет слушателям не только познать природу машиностроительных материалов, но и изучить их свойства в зависимости от химического состава, структуры и последующих обработок. Весьма важным можно считать ознакомление с традиционными и новыми технологическими процессами получения металлических и неметаллических материалов, а также технологиями получения заготовок и готовых изделий.

Контрольная работа предполагает самостоятельную разработку слушателями маршрутной технологии изготовления конкретного изделия с учетом всех возможных переделов металлургического производства. Учебный материал необходимо рассмотреть в последовательности, в которой он изложен в методических указаниях. Перед изучением каждой темы внимательно прочитайте данные указания. Затем, используя предложенную литературу, проработайте учебный материал с обязательным составлением конспекта. После изучения каждой темы ответьте на вопросы для самопроверки.

Методические указания по программе дисциплины

Приступая к изучению курса, необходимо уяснить роль металлургического и машиностроительного производства в создании материально-технической базы страны и ознакомиться с направлениями технического прогресса этих отраслей промышленности.

После изучения курса слушатель должен знать основные виды конструкционных материалов, способы их производства, а также технологические процессы формообразования изделий и деталей из конструкционных материалов.

Конструкционными называют материалы, применяемые для изготовления деталей машин, конструкций и сооружений. Понятие «конструкционные материалы» включает в себя черные и цветные металлы, подразумевает большой ассортимент неметаллических материалов, таких как пластические массы, резиновые материалы, а также силикатные стекла, ситаллы и керамика. В особую группу конструкционных материалов выделяют композиционные материалы, материалы и изделия порошковой металлургии. Конструкционные материалы должны отвечать определенным требованиям с учетом их механических, физико-химических,

технологических и эксплуатационных свойств.

Особое внимание при изучении курса следует уделить возможностям получения одного вида продукции различными способами получения и умению провести технико-экономическое сравнение этих способов.

Вопросы для самопроверки

1. Какие металлы и сплавы относятся к цветным?
2. Какие металлы и сплавы относятся к черным?
3. Перечислите основные группы неметаллических конструкционных материалов.

Раздел 1. ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ

Технология конструкционных материалов представляет собой совокупность знаний о способах производства материалов и технологии их переработки с целью изготовления заготовок и изделий различного назначения. В этот раздел системно и связно входят разнообразные переделы современного производства, позволяющие с разной точностью обработки и качеством поверхности формообразовывать материалы как на металлической, так и на неметаллической основах.

Тема 1. Основы металлургического производства

Современное металлургическое производство представляет собой сложный комплекс различных производств, базирующихся на месторождениях руд, коксующихся углей, энергетических мощностях

Слушатель должен уяснить схему современного металлургического производства с учетом всех возможных основных и вспомогательных переделов. Необходимо знать основные виды продукции черной и цветной металлургии.

1.1 Физико-химические основы металлургического производства

В природе практически все металлы из-за их большой химической активности находятся в связанном состоянии в виде различных химических соединений. Рудой называется природное минеральное сырье, содержащее металл, извлечь который можно экономически выгодным промышленным способом. Задачей металлургии является получение металлов и металлических сплавов из руд и других исходных материалов. Для этого в зависимости от природы металла и вида исходного сырья возможно применение различных способов. Разберите сущность восстановления, электролиза и металлотермии в металлургическом производстве. Рассмотрите основные материалы, используемые при получении металлов из руд (промышленная руда, флюсы, топливо, огнеупорные материалы).

Вопросы для самопроверки

1. Структура современного металлургического производства.
2. Материалы для производства металлов и сплавов.
3. Основные виды металлургических процессов.

1.2. Производство чугуна

Для выплавки чугуна главным образом используют доменное производство. При изучении процесса получения чугуна необходимо рассмотреть устройство доменной печи и вспомогательных агрегатов. Исходными материалами для производства чугуна являются железные и марганцевые руды, флюс и топливо. При изучении характеристик железных руд следует усвоить, что металлургическая ценность руды определяется содержанием железа в руде, возможностью обогащения руды, наличием вредных примесей, физическим состоянием руды (пористость, крупность кусков), составом пустой породы. К основным операциям подготовки руды к плавке относятся дробление, обогащение, окускование.

Большое значение для металлургических процессов имеют флюсы, т.е. вещества, добавляемые при плавке руд для понижения температуры плавления пустой породы и получения жидкотекучего шлака. Кроме того, флюсы способствуют рафинированию металла от вредных примесей и удалению золы кокса. Разберите, какие флюсы применяют в доменном производстве.

Процессы производства чугуна протекают при высоких температурах. Следует изучить свойства и требования, предъявляемые к доменному топливу. Необходимо также ознакомиться с видами огнеупорных материалов (кислых, основных, нейтральных).

Физико-химическая сущность доменного процесса состоит в следующем. В доменной печи железо должно быть отделено от пустой породы, восстановлено до металлического состояния и, наконец, для снижения температуры плавления соединено с правильно подобранным количеством углерода. Для осуществления этих изменений требуется проведение сложных процессов: 1) горения топлива; 2) восстановления окислов железа и других элементов; 3) науглероживания железа; 4) шлакообразования. Эти процессы протекают в печи одновременно, но с разной интенсивностью и на разных уровнях печи. Рассмотрите каждый из этих процессов.

Продуктами доменного производства являются чугуны и ферросплавы различных марок, доменный шлак, колошниковый газ.

Работы по улучшению показателей доменного производства ведутся по нескольким направлениям: 1) улучшение конструкции печей; 2) улучшение подготовки шихтовых материалов; 3) интенсификация доменного процесса; 4) совершенствование систем комплексной механизации и автоматизации управления доменным процессом.

Вопросы для самопроверки

1. Расскажите о технологических процессах подготовки руды к производству.
2. Какова роль флюса в доменном производстве?
3. Какие виды топлива применяются в доменной печи?
4. Классификация огнеупорных материалов.
5. Физико-химические процессы, протекающие в доменной печи.
6. Начертите схему внутреннего профиля доменной печи и назовите главные ее части. Укажите примерные температуры в различных участках доменной печи.
7. Для чего и в каких агрегатах подогревается воздух, подаваемый в доменную печь?
8. Что достигают применением дутья, обогащенного кислородом, а также увлажнением дутья?
9. Назовите продукты доменной плавки и укажите области их применения.
10. Расскажите о мероприятиях по увеличению производительности доменной печи.

1.3. Производство стали

Основным исходным материалом для производства стали являются: передельный чугун и стальной лом (скрап).

Сталь отличается от чугуна меньшим содержанием углерода, кремния, марганца, серы и фосфора. Удаление примесей, т.е. передел чугуна в сталь, происходит за счет окислительных реакций, которые протекают при высоких температурах. Поэтому все способы переработки чугуна в сталь сводятся в основном к воздействию на чугун кислорода при высоких температурах. Однако в процессе избирательного окисления углерода и других примесей расплавленное железо также поглощает некоторое количество кислорода, которое отрицательно влияет на качество готовой стали. Поэтому на последней стадии сталеплавильного процесса избыточный кислород связывают в окислы других металлов и удаляют в шлак, т.е. осуществляют раскисление добавкой кремния, марганца и алюминия.

Переделывать чугун в сталь можно в различных металлургических агрегатах. Основными из них являются кислородные конверторы, мартеновские печи и электропечи.

Ознакомьтесь с устройством этих агрегатов, принципом их действия, особенностями технологического процесса получения стали в них, технико-экономическими показателями их работы.

В ряде случаев готовая сталь не всегда может удовлетворять предъявляемым к ней требованиям. Для получения сталей особо высокого качества применяют специальные способы: разливку стали в инертной атмосфере; обработку синтетическим шлаком; вакуумную дегазацию;

электрошлаковый, вакуумно-дуговой, электронно-лучевой и плазменно-дуговой переплавы. Изучите эти способы.

В настоящее время практически все сталеплавильные процессы являются циклическими, прерывистыми. Замена прерывистого процесса непрерывным позволяет увеличить производительность агрегатов, повысить качество стали. Ознакомьтесь с принципом действия сталеплавильных агрегатов непрерывного действия.

К прогрессивным способам получения стали (железа) относятся внедоменные способы, которые дают возможность получать непосредственно из руды, минуя доменную печь, металлическое железо в виде губки, крицы или жидкого металла. Необходимо изучить схемы и особенности этих процессов.

Готовую сталь подвергают разливке с целью получения заготовок. Следует ознакомиться с устройством разливочного ковша и изложниц, а также с основными способами разливки стали: разливкой сверху, разливкой сифоном, непрерывной разливкой. Перечисленными способами получают заготовки, которые в дальнейшем идут на изготовление деталей различными технологическими способами. Большое влияние на свойства заготовок оказывает строение металлических слитков, получаемых в изложницах. Изучите строение слитков спокойной и кипящей стали.

Вопросы для самопроверки

1. Укажите основные различия в химическом составе чугуна и стали.
2. Расскажите о физико-химической сущности передела чугуна в сталь.
3. Назначение процесса раскисления стали.
4. Кислородно-конверторный способ производства стали. Его особенности и преимущества.
5. Устройство мартеновской печи и принцип ее работы.
6. Особенности производства стали в мартеновских печах.
7. Получение стали в дуговых и индукционных электропечах.
8. Какими технико-экономическими показателями характеризуется получение стали в конверторах, мартеновских и электрических печах? Какой из этих способов получения является экономически более выгодным и почему?
9. Перечислите и охарактеризуйте способы получения высококачественных сталей.
10. Сталеплавильные агрегаты непрерывного действия: устройство, принцип действия.
11. Расскажите о внедоменных способах получения стали (железа).
12. Устройство разливочного ковша и изложниц.
13. Способы разливки стали в изложницы.
14. Преимущества процесса непрерывной разливки стали.
15. Строение слитка спокойной и кипящей стали.

1.4. Производство цветных металлов

Производство меди. Медь в природе содержится в виде окисных и сульфидных соединений. Разработаны гидрометаллургический и пирометаллургический способы извлечения меди из медных руд. Изучите пирометаллургический способ получения меди, ознакомьтесь с физико-химической сущностью каждого этапа в технологической схеме производства меди.

Производство алюминия. По объему производства алюминия занимает второе место в мире после железа. Основным сырьем для получения алюминия служат бокситы. Алюминий получают путем электролиза глинозема, растворенного в расплавленном криолите. Это сложный и энергоемкий процесс. Разберите схему получения алюминия и способы его рафинирования.

Производство титана. Титан обладает целым рядом ценных свойств: малым удельным весом, высокими механическими свойствами, хорошей коррозионной стойкостью. По этим показателям титан и его сплавы значительно превосходят многие металлические материалы. Однако широкое использование титана в современной технике сдерживается высокой стоимостью этого металла вследствие чрезвычайной сложности извлечения его из руд. Один из наиболее распространенных способов получения титана - магнийтермический способ. Изучите этот способ производства титана.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные руды меди.
2. Расскажите о методах обогащения медных руд.
3. Приведите упрощенную схему производства меди.
4. Приведите промышленную схему производства алюминия
5. Что является сырьем для получения глинозема и криолита?
6. Назовите основные руды титана.
7. Опишите сущность магнийтермического способа производства титана.

1.5 Безотходные и ресурсосберегающие технологии в металлургическом производстве

В создании безотходных и малоотходных технологий в металлургическом производстве можно выделить следующие направления:

1. Комплексное использование металлических руд. Например, из медных руд при пирометаллургическом способе производства меди извлекают не только медь но и золото, серебро, селен, теллур; из титаномagnetитов получают наряду с титаном и железо.

2. Использование материалов попутной добычи. Оказывается, что около 70% вскрышных и шахтных пород, идущих в отвалы при добыче полезных ископаемых, годны для получения флюсов, огнеупорных и

строительных материалов. В настоящее время используются только 3-4% таких материалов.

3. Использование отходов коксохимических и металлургических производств. В этих отраслях промышленности остро стоит вопрос о переработке всех отходов в продукцию. В настоящее время реализуются следующие процессы утилизации отходов: в коксохимической промышленности из отходов получают аммиак, лекарства, красители, нафталин и другие вещества; в доменном производстве отходы используют для получения строительных материалов (шлак) и для подогрева воздушного дутья поступающего в доменную печь (колошниковый газ). В процессе производства меди и попутно получают серную кислоту из отходящего сернистого газа.

4. Создание замкнутых циклов. Подразумевается многократное использование тех или иных веществ в производственном цикле. Например, в производстве титана после рафинирования титановой губки оборотный магний снова направляется в производство - на восстановление титана.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные направления в создании безотходных технологий.

Тема 2. Основы получения металлических заготовок

Приступая к изучению данного раздела, необходимо уяснить, что формообразование заготовок, деталей и изделий возможно при нахождении металлов и сплавов в различных агрегатных состояниях: в твердом (обработка давлением, механическая обработка, сварка), жидком (литье), газообразном (напыление). Одним из критериев выбора способа формообразования заготовок являются свойства материала заготовок, такие как пластичность, твердость, свариваемость, литейные свойства и целый ряд других.

2.1. Основы технологии литейного производства

Литейным производством называют отрасль машиностроения, занимающуюся изготовлением фасонных деталей путем заливки расплавленного металла в форму, полость которой имеет конфигурацию детали. Основные преимущества и достоинства получения отливок – относительная дешевизна по сравнению с другими способами изготовления деталей и возможность получения изделий самой сложной конфигурации из различных сплавов.

Пригодность сплавов для производства отливок определяется следующими литейными свойствами: жидкотекучестью, усадкой, ликвацией, газопоглощением. Следует ознакомиться с литейными свойствами металлов и сплавов.

В настоящее время существует более 100 различных способов изготовления литейных форм и получения отливок. Причем современные способы получения заготовок литьем достаточно широко обеспечивают заданные точность, параметры шероховатости поверхности, физические и механические свойства заготовок. Поэтому при выборе способа получения заготовки необходимо оценивать все преимущества и недостатки каждого сопоставляемого варианта.

В общем производстве литых заготовок значительный объем занимает литье в песчано-глинистые формы, что объясняется его технологической универсальностью. Этот способ литья экономически целесообразен при любом характере производства, для деталей любых масс, конфигураций, габаритов, для получения отливок практически из всех литейных сплавов. Технологический процесс изготовления литых фасонных изделий в песчано-глинистых формах состоит из значительного числа операций: подготовки формовочной и стержневой смесей, изготовления форм и стержней, заливки форм, освобождения отливок из форм, обрубки и очистки литья. Изменяя способ формовки, используя различные материалы моделей и формовочных смесей, можно получить отливки с достаточно чистой поверхностью и точными размерами.

Изготовление литейных форм из песчано-глинистых смесей - наиболее сложная и ответственная операция. Необходимо изучить технологию изготовления литейных форм при ручной и машинной формовке, ознакомиться с литейной технологической оснасткой. Выбивка и очистка литья - самые трудоемкие и маломеханизированные процессы. Следует запомнить способы выбивки отливок, методы обрубки и очистки литья, ознакомиться с дефектами отливок и мерами по их устранению.

Несмотря на универсальность и дешевизну, способ литья в песчано-глинистые формы связан с большим грузопотоком вспомогательных материалов, повышенной трудоемкостью. Кроме того, до 25% массы отливок превращается в стружку при механической обработке.

По сравнению с литьем в песчано-глинистые формы преимущество специальных видов литья состоит в следующем: в повышении точности и улучшении качества поверхности отливок; уменьшении массы литниковой системы; резком снижении расхода формовочных материалов. Кроме того, технологический процесс изготовления отливок специальными способами легко поддается механизации и автоматизации, что повышает производительность труда, улучшает качество отливок, снижает их себестоимость.

К специальным способам литья относят: литье в оболочковые формы, точное литье по выплавляемым моделям, литье в металлические формы (кокили), центробежное литье, литье под давлением и непрерывное литье в кристаллизаторах. Следует тщательно разобраться в сущности, особенностях и областях применения специальных видов литья.

Вопросы для самопроверки

1. Значение и область применения литейного производства.
2. Классификация способов получения отливок.
3. Основные преимущества получения литых деталей.
4. Литейные свойства сплавов.
5. Формовочные материалы, применяемые для изготовления литейных форм и стержней.
6. Какие требования предъявляют к формовочным материалам?
7. Основные операции при получении отливок.
8. Формовка ручная и машинная при литье в песчано-глинистые формы.
9. Назначение и изготовление стержней.
10. Способы выбивки и очистки литья.
11. Охарактеризуйте сущность способа литья по выплавляемым моделям, преимущества и недостатки этого способа.
12. Сущность способа литья в оболочковые формы и его преимущества.
13. Укажите преимущества литья в металлические формы (кокили).
14. Охарактеризуйте сущность способа литья под давлением.
15. Изложите сущность получения фасонных отливок на центробежных машинах.
16. Область применения непрерывного литья.

2.2. Основы технологии обработки металлов давлением

В современной металлообрабатывающей промышленности обработка металлов давлением (ОМД) является одним из основных способов формообразования деталей машин различного назначения. Обработка металлов давлением основана на пластичности металлов, т.е. на возможности металлов пластически деформироваться без разрушения. На пластичность металлов оказывают влияние химический состав материала, температура и скорость деформации, форма очага деформации. Создавая соответствующие условия деформирования, можно получить требуемую технологическую пластичность. Обработка металлов давлением существенно отличается от других видов обработки, так как в процессе пластической деформации металл не только приобретает требуемую форму, но и меняет свою структуру и физико-механические свойства.

В настоящее время насчитывается около 400 способов ОМД. Несмотря на большое многообразие процессов обработки давлением, их можно объединить в две основные группы: процессы металлургического и машиностроительного производства.

К первой группе относятся прокатка, прессование и волочение, т.е. процессы, в основе которых лежит принцип непрерывности технологического процесса. Продукцию металлургического производства (листы, полосы, ленты, периодический и профильный прокат, трубы, профили, проволоку и т.п.) используют как заготовку в кузнечно-прессовых и механических цехах и как готовую продукцию для создания различного

рода конструкций. Во вторую группу входят такие процессы, как ковка, объемная штамповка (горячая и холодная), листовая штамповка и специальные виды обработки давлением (раскатка кольцевых деталей, редуцирование, обкатка и т.д.). Эти процессы обеспечивают получение заготовок деталей и готовых изделий, не требующих последующей механической обработки. Кованые и штампованные заготовки отличаются высокими механическими свойствами, поэтому наиболее ответственные, тяжело нагруженные детали машин изготавливают из заготовок, полученных ковкой или штамповкой.

При изучении данного раздела необходимо уяснить, что понимают под пластичностью металлов и усвоить основные факторы, влияющие на пластичность (состав металла, скорость деформации и температура нагрева металла).

Необходимо обратить внимание на то, что обработка давлением не только изменяет форму, но и улучшает механические свойства металла вследствие наклепа, получения более мелкозернистой структуры и уплотнения металла за счет ликвидации дефектов металлургического производства (раковины, пузыри, трещины),

Важно понять разницу между влиянием горячей и холодной обработки на свойства металла. Необходимо уяснить принцип классификации способов ОМД.

Прокатка — один из наиболее прогрессивных и широко распространенных видов обработки металлов давлением. В машиностроении прокаткой получают как заготовки для свободнойковки, штамповки, волочения, так и готовые изделия - элементы строительных конструкций и деталей машин: балки, швеллеры, уголки, прутки и другие профили, трубы, колеса, шарики и т.п.

Необходимо ознакомиться с инструментом, оборудованием и схемами прокатки, знать классификацию прокатных станков, продукцию прокатного производства. Следует обратить внимание на производство листов, сортового проката, бесшовных и сварных труб.

Вопросы для самопроверки

1. Начертите схемы прокатки металла.
2. Охарактеризуйте основное и вспомогательное оборудование прокатного производства.
3. Что такое калибровка валков?
4. По каким признакам классифицируются прокатные станы.
5. Как осуществляется прокатка листов и профилей?
6. Расскажите о прокатке бесшовных и сварных труб.

Прессование - единственно возможный способ обработки малопластичных металлов. При этом достигается наиболее выгодное сочетание главных направлений кристаллической решетки металлических материалов и схемы главных деформаций. Знакомясь с технологией

прессования, изучите два метода прессования (прямой и обратный) и запомните их достоинства и недостатки. Изучите инструмент и оборудование прессования.

Вопросы для самопроверки

1. Изложите сущность процесса прессования прямым и обратным методами.
2. Основной инструмент и оборудование при прессовании.
3. Технология процесса прессования. •
4. Продукция прессования.
5. Каковы достоинства и недостатки прессования как одного из способов ОМД?

Волочение - деформирование металлических материалов в холодном состоянии. В процессе холодной пластической деформации металл упрочняется (наклепывается). Продукция волочения обладает высокой точностью размеров и хорошим качеством поверхности. Необходимо хорошо разобраться в операциях технологического процесса волочения, особенно в операциях предварительной подготовки металла, изучить инструмент и оборудование волочения, достоинства и недостатки этого метода, знать продукцию волочения.

Вопросы для самопроверки

1. Сущность и особенность процесса волочения.
2. Схемы и принципы работы волочильных станков.
3. Продукция волочения.

Производство гнутых профилей – метод профилирования листового материала в холодном состоянии. В этом случае получают фасонные тонкостенные профили весьма сложной конфигурации и большой длины. Разберитесь в сущности этого метода и области его применения.

Вопросы для самопроверки

1. Расскажите о технологическом процессе получения гнутого профиля из листовой, заготовки.

Свободная ковка - горячая обработка металлов давлением, при которой деформирование заготовки осуществляется универсальным инструментом. При ковке формоизменение происходит вследствие течения металла в стороны, перпендикулярные к движению деформирующего инструмента - бойка. Ковка является рациональным и экономически выгодным процессом получения качественных заготовок с высокими механическими свойствами в условиях мелкосерийного и единичного производства.

Следует ознакомиться с заготовками, применяемыми при ковке, с операциями свободной ковки и соответствующими инструментами.

Рассмотрите оборудование, используемое в каждом случае, достоинства и недостатки свободнойковки.

Вопросы для самопроверки

1. В чем сущность процесса свободнойковки?
2. Что является заготовкой приковке?
3. Какие Вы знаете операции свободнойковки и какой при этом применяется кузнечный инструмент?

Штамповка - разновидностьковки, позволяющая механизировать и автоматизировать этот процесс. Штамповка бывает горячей и холодной, объемной и листовой. Необходимо изучить основные методы и операции объемной и листовой штамповки, инструмент, оборудование, достоинства и недостатки. Обратите внимание на прогрессивные способы объемной штамповки: поперечно-клиновья вальцовка, ротационное обжатие, штамповка в разъемных матрицах и т.д.

Вопросы для самопроверки

1. Сравнитековку и штамповку. Какой вид обработки более прогрессивный? Почему?
2. Опишите основные этапы технологического процесса горячей объемной штамповки.
3. Каковы исходные заготовки при объемной штамповке?
4. Сравните достоинства и недостатки объемной штамповки в открытых и закрытых штампах.
5. Нарисуйте схемы операций холодной объемной штамповки.
6. Что является исходной заготовкой и продукцией листовой штамповки?
7. Какие операции листовой штамповки вы знаете?

2.3. Основы технологии сварочного производства

Сварка является наиболее прогрессивным, высокопроизводительным и весьма экономичным технологическим способом получения неразъемных соединений. Сварку можно рассматривать как сборочную операцию (особенно в строительной промышленности) и как способ производства заготовок. Во многих областях промышленности широко используют комбинированные сварные детали, которые состоят из отдельных заготовок, выполненных с применением различных технологических процессов, а иногда и различных материалов. Деталь расчленяют на составные части с последующей их сваркой, если изготовление ее цельнолитой или цельнокованой связано с большими производственными трудностями, отсутствием оборудования, усложнением механической обработки или если отдельные части детали работают в особо тяжелых условиях (повышенного изнашивания и температуры, коррозии и т.п.) и их изготовление требует применения более дорогих материалов.

Приступая к изучению раздела сварки необходимо, прежде всего, уяснить физическую сущность процессов сварки, которая заключается в образовании прочных атомно-молекулярных связей между поверхностными слоями соединяемых заготовок. Для получения сварного соединения требуется очистить свариваемые поверхности от загрязнений и оксидов, сблизить соединяемые поверхности и сообщить им некоторую энергию (энергию активации). Эта энергия может сообщаться в виде теплоты (термическая активация) и в виде упругопластической деформаций (механическая активация). В зависимости от метода активации все способы сварки разделяют на три класса: термический, термомеханический и механический.

Следует ознакомиться с возможным источником теплоты при сварке и с критериями свариваемости материалов, а также обратить внимание на технологичность сварных соединений.

Термический класс сварки - соединение плавлением с использованием тепловой энергии (дуговой, электрошлаковой, плазменной, электронно-лучевой, лазерной, газовой).

При дуговой сварке источником тепла для плавления металла служит электрическая дуга, возникающая между заготовкой и электродом. Изучая электродуговую сварку, слушатель должен ознакомиться с сущностью дугового процесса, изучить технологию, оборудование, области применения ручной дуговой сварки, а также другие способы дуговой сварки: автоматическую под слоем флюса и сварку в среде защитных газов. Особо должен быть рассмотрен вопрос об электрошлаковой сварке. Следует уяснить, что электрическая дуга горит здесь лишь в самом начале процесса, чтобы подготовить шлаковую ванну, а дальнейшее плавление присадочного и основного металла достигается за счет тепла, выделяемого при прохождении электрического тока через шлаковую ванну.

Сварка электронным лучом в вакууме, плазменной струей, лучом лазера относится к специальным способам электрической сварки. Рассмотрите технологию этих видов сварки, особенности сварных соединений, область применения.

Особенностью газовой сварки является применение в качестве источника тепла газового пламени. Рекомендуется изучить процесс горения и структуру сварочного пламени, конструкцию газовой горелки, оборудование и технологию сварки.

Далее необходимо рассмотреть резку металлов. Существует три основных вида резки: разделительная, поверхностная и резка кислородным копьём. В зависимости от способа нагрева металла до расплавления различают кислородную, кислородно-флюсовую, плазменную, воздушно-дуговую резку металлов.

Вопросы для самопроверки

1. Изложите сущность процесса дуговой электросварки.
2. Особенности и характеристика сварки плавящимся и неплавящимся электродами.
3. Для чего металлические электроды покрывают обмазками и какими?
4. Ручная дуговая сварка.
5. Начертите схему автоматической дуговой сварки под слоем флюса.
6. Изложите сущность процессов дуговой сварки в защитной среде.
7. Начертите схему электрошлаковой сварки.
8. Перечислите и охарактеризуйте специальные способы сварки плавлением .
9. Изложите технологию газовой сварки.
10. Расскажите об области применения газовой сварки.
11. Какие способы резки металлов Вы знаете?

Термомеханический класс сварки - сварка, осуществляемая с использованием тепловой энергии и давления (электроконтактная и диффузионная).

Электроконтактная сварка относится к видам сварки с кратковременным нагревом места соединения и осадкой разогретых заготовок. Это высокопроизводительный вид сварки, она легко поддается автоматизации и механизации, вследствие чего широко применяется в машиностроении. Необходимо ознакомиться с электрической контактной сваркой и ее разновидностями: стыковой, точечной, шовной, рельефной. Необходимо подробно изучить технологию, режимы и оборудование электроконтактной сварки.

При диффузионной сварке соединение образуется в результате взаимной диффузии атомов поверхностных слоев контактирующих материалов. Этот способ сварки позволяет получать качественные соединения металлов и сплавов в однородном и разнородных сочетаниях. Разберитесь в особенностях технологии и областях применения диффузионной сварки.

Вопросы для самопроверки

1. Начертите и объясните схемы точечной, роликовой, шовной и рельефной электроконтактной сварки.
2. Приведите примеры применения контактной сварки в машиностроении.
3. Расскажите, в каких отраслях народного хозяйства применяется диффузионная сварка.

Механический класс сварки - сварка, осуществляемая с использованием механической энергии и давления без предварительного подогрева соединяемых заготовок (холодная сварка, сварка ультразвуком, сварка взрывом, сварка трением). Необходимо ознакомиться с технологией, преимуществами и областью применения этих видов сварки.

Вопросы для самопроверки

1. Начертите и поясните схемы видов сварки механического класса.

Наплавка - способ восстановления изношенных и упрочнения исходных деталей. В настоящее время разработаны и широко используются различные способы наплавки и нанесения покрытий. Наплавочные работы применяют для создания на деталях поверхностных слоев с требуемыми свойствами. Следует изучить технологию различных способов наплавки, материалы и оборудование, применяемые при наплавочных работах.

Вопросы для самопроверки

1. Укажите приемы и способы наплавки.
2. Расскажите об областях применения наплавки.

Пайка - технологический процесс соединения металлических заготовок без их расплавления посредством введения между ними расплавленного металла - припоя.

Припой имеет температуру плавления более низкую, чем температура плавления соединяемых металлов. Следует разобраться в физической сущности процессов пайки, знать способы пайки и типы паяных соединений. Важно уяснить, в каких случаях следует применять мягкий припой, а в каких - твердый. Необходимо изучить области применения пайки металлов и сплавов.

Вопросы для самопроверки

1. Физическая сущность процесса пайки.
2. Какое назначение имеет флюс при пайке?
3. Какое оборудование применяется при пайке?

Качество сварных и паяных соединений оценивают с помощью разрушающих методов контроля. Необходимо изучить внешние и внутренние дефекты соединений и методы их контроля.

Нарушение технологических режимов сварки приводит в ряде случаев к возникновению в сварных соединениях напряжений и деформаций. Необходимо ознакомиться с мерами борьбы с напряжениями, возникающими при сварке, и способами исправления деформированных элементов и конструкций.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите дефекты сварных и паяных соединений.
2. Перечислите разрушающие и неразрушающие методы контроля сварных и паяных соединений.
3. Назовите причины возникновения остаточных напряжений в сварных конструкциях.

4. Как можно уменьшить или полностью устранить деформацию конструкций при сварке?

Тема 3. Основы размерной обработки заготовок деталей машин

Под размерной обработкой понимают придание деталям соответствующих чертежу размеров и форм различными методами резания с использованием специализированных станков и инструментов. Обработку резанием можно считать окончательной операцией в цикле изготовления разнообразных изделий машиностроительного производства, т.к. только она обеспечивает заданный квалитет точности.

3.1. Основные сведения о процессе обработки металлов резанием

Обработка металла резанием предназначена для придания деталям требуемой геометрии с соответствующей чистотой поверхностей. При этом до начала обработки будущую деталь называют заготовкой, в процессе обработки эту заготовку называют обрабатываемой деталью, а по окончании всех видов обработки получают готовую деталь.

Слой металла, который удаляют при обработке называют припуском, причем удаление припуска ручным способом соответствует слесарной обработке, а снятие припуска на станках – механической обработке.

Движение исполнительных органов металлорежущих станков подразделяют на рабочие и вспомогательные. Разберитесь, какие движения называют рабочими и схематично изобразите их на рисунке. При этом обратите внимание, что суммарное движение режущего инструмента относительно заготовки называют результирующим движением резания.

При обработке резанием рассматривают следующие виды операций: точение, сверление, фрезерование, строгание, протягивание, шлифование. Уясните, что это деление относительное, т.к. любой вид обработки имеет ряд подвидов, например при сверлении дополнительно применяют зенкование, развертку и т.д.

По приведенным в учебниках схемам и чертежам разберитесь в видах обрабатываемых поверхностей. При этом особое внимание уделите геометрии режущего инструмента на примере токарного резца. Процесс образования стружки является основным механизмом резания и зависит от силы резания и режима резания. Все это характеризуется мощностью резания. На основе этих параметров изучите нормативные показатели резания и поймите принципы выбора режимов резания, включая расчет времени обработки.

Вопросы для самопроверки

1. Какие движения при механической обработке называют рабочими, а какие вспомогательными?
2. Какие виды поверхностей выделяют при механической обработке?
3. Какие углы выделяют в режущей части инструмента?
4. Что понимают под плоскостями резания в статической системе координат?
5. Опишите процесс образования стружки.
6. Что понимают под силой резания?
7. Какие операции включают в себя режим резания и как его выбирают?
8. Как рассчитывают время обработки?

3.2. Классификация режущих станков и технология обработки резанием

Все металлорежущие станки разделяют на группы по характеру выполняемых работ и виду применяемых инструментов. Подробно рассмотрите принятую в России классификацию и уясните единую систему условного обозначения станков, понимаемую как нумерация. Затем подробно рассмотрите технологии обработки резанием, выполняемые на разных металлорежущих станках.

Обработка на токарных станках. С использованием рисунков рассмотрите основные узлы токарно-винторезного станка и поймите, почему токарные станки часто называют универсальными. Проанализируйте типы станков токарной группы.

Обработка на сверлильных и расточных станках. Поймите что понимают под обработкой круглых отверстий на станках сверлильной группы.

Обработка на фрезерных станках. Уясните что такое фрезерование и какие типы фрез для этого используют.

Обработка на строгальных, долбежных и протяжных станках. С учетом видов обработки поверхностей строганием выделите особенности этой группы станков. Изучите типаж инструментов, используемых для этих целей. Составьте схему работ на станках этой группы.

Обработка на шлифовальных и отделочных станках. Изучите процесс шлифования и инструмент, используемый для этих целей. Обратите внимание, что шлифование также относится к операциям резания и разберитесь с чем это связано. Рассмотрите методы шлифования и типы шлифовальных станков.

Для всех рассмотренных технологий резания изучите возможные виды работ.

В заключении уделите внимание возможностям механизации и автоматизации металлорежущих станков. Уясните, что представляют собой станки с числовым программным управлением (ЧПУ) и как из них собирают

гибкие автоматические линии (ГАПы). Введите для себя понятие о роботах и манипуляторах.

Вопросы для самопроверки

1. Для чего используют станки токарной группы?
2. Почему токарные станки часто называют универсальными?
3. Что понимают под зенкованием и развертыванием крупных отверстий.
4. Какие основные типы фрез существуют?
5. В чем особенности строгальных станков?
6. Что понимают под процессом шлифования?
7. Что понимают под абразивным инструментом?
8. Для каких целей используют в механообработке роботы и манипуляторы?

3.3. Электрофизикохимическая обработка материалов

По сравнению с обычной обработкой металлов резанием эти виды обработки имеют ряд преимуществ: позволяют обрабатывать материалы с высокими механическими свойствами, обработка которых обычными методами затруднена или совсем невозможна (твердые сплавы, рубины, алмазы и даже сверхтвердые материалы), а также дают возможность обрабатывать самые сложные поверхности (отверстия с криволинейной осью, глухие отверстия фасонного профиля и др.).

Все эти методы обычно подразделяют на две большие группы, к которым относят:

Электрофизические способы обработки. Методы, относящиеся к этой группе, чаще всего называют электроэрозионными и электродуговой в зависимости от способа подвода энергии к обрабатываемой поверхности.

Электроэрозионная обработка токопроводящих металлов и сплавов основана на явлении местного разрушения материала под действием пропускаемого между ним и специальным электродом импульсного электрического тока.

Разряды тока осуществляют непосредственно в зоне обработки, где они преобразуются в тепло, выплавляющие частицы обрабатываемого металла.

Выделяют:

- Электроискровую обработку;
- Электроимпульсную обработку;
- Электроконтактно-дуговую обработку;
- Ультразвуковую обработку.

Электродуговую обработку проводят на любых материалах и она не зависит от их электропроводности. В данном случае энергия подается на обрабатываемую поверхность за счет использования квантовых генераторов (лазеров) или электронно-лучевых пушек.

Выделяют:

- Светолучевую обработку (лазерную);
- Электронно-лучевую обработку.

Рассмотрите каждый метод в отдельности и зарисуйте в конспекте схему обработки.

Электрохимические способы обработки. Эти способы находят широкое применение в промышленности и основаны на анодном растворении металла (анода) при пропускании через раствор электролита постоянного тока.

Выделяют:

- Электрохимическое травление (полирование);
- Размерную электрохимическую обработку;
- Электрохимико-механическую обработку;
- Химико-механическую обработку.

Уясните для себя суть каждого метода, его возможности и область применения. Конспект сопроводите схемами процесса обработки.

Вопросы для самопроверки

1. В чем суть электрофизических способов обработки?
2. Почему электроэрозионной обработке можно подвергать, только электропроводящие материалы?
3. Что является источником энергии при ультразвуковой обработке?
4. Какие технологические операции можно осуществлять с использованием лазеров?
5. В чем суть электрохимических способов обработки?
6. Для каких целей применяют электрохимическое травление (полирование)?
7. Почему один из видов электрохимической обработки называют размерной?

Тема 4. Основы технологии производства заготовок и деталей машин из неметаллических и композиционных материалов

Понятие «неметаллические материалы» включает в себя пластмассы, резиновые материалы, древесину, силикатные стекла, керамику, ситаллы и другие материалы.

Неметаллические материалы являются не только заменителями металлов, но их часто применяют как самостоятельные, иногда даже как незаменимые (резина, стекло). Отдельные материалы обладают высокой механической и удельной прочностью, легкостью, термической и химической стойкостью, высокими электроизоляционными характеристиками и т.п. Особо следует отметить технологичность неметаллических материалов. Применение неметаллических материалов обеспечивает значительную экономическую эффективность.

Неметаллические конструкционные материалы

При изучении неметаллических конструкционных материалов необходимо, прежде всего, уяснить, что основой неметаллических материалов являются полимеры. Известно, что макромолекулы полимеров бывают линейные, разветвленные, поперечно сшитые и с замкнутой пространственной сетчатой структурой. Тип макромолекул полимеров определяет их поведение при нагревании. В зависимости от этого полимеры делят на термопластичные и термореактивные. Изучите особенности строения полимеров, их классификацию. Особое внимание обратите на физическое состояние и фазовый состав полимеров.

Пластмассы - это искусственные материалы, получаемые на основе органических полимеров. Необходимо изучить состав простых и сложных пластмасс, ознакомиться с их свойствами и классификацией. Особое внимание следует обратить на применение термопластичных и термореактивных пластмасс.

Переработка пластмасс в изделия и детали возможна во всех трех физических состояниях полимеров: вязкотекучем, высокоэластичном и твердом. Причем основное формоизменение и получение заготовок производят в вязко-текучем состоянии. Придание окончательной формы и размеров деталям и изделиям из пластмасс осуществляют в высокоэластичном и твердом состояниях. Изучите способы переработки пластмасс в изделия и способы получения неразъемных соединений из пластмасс сваркой и склеиванием. Разберитесь в сущности методов, применяемом инструменте и оборудовании.

Важной группой полимеров являются каучуки, которые составляют основу отдельного класса конструкционных материалов - резин. Как технический материал резина отличается высокими пластическими свойствами. Кроме того, резина обладает таким рядом важных свойств, как газонепроницаемость и водонепроницаемость, химическая стойкость, ценные электротехнические свойства и т.д. Уясните состав резин и влияние различных добавок на их свойства. Изучите физико-химические свойства и области применения резин различных марок.

Технологическая схема производства изделия из резин включает в себя операции приготовления резиновой смеси, формование ее и вулканизацию (химическое взаимодействие каучука и серы). Рассмотрите способы формообразования изделий из резин и методы получения резинотканевых изделий.

Особую группу составляют лакокрасочные и склеивающие материалы. Уясните для себя, что представляют собой лаки и эмали. Здесь важно понять, что это сложные многокомпонентные системы, в состав которых входят разные вещества, обеспечивающие требуемый комплекс свойств. Выделите характерные признаки и составьте классификацию лакокрасочных материалов.

Весьма велика в современном производстве роль клеев. Они позволяют

получать неразъемные соединения, в т.ч. и между совершенно разными по природе материалами. Изучите классификацию клеев по составу и назначению, особенности их изменения и механические возможности.

Вопросы для самопроверки

1. Что называется полимером?
2. Что лежит в основе классификации полимеров а «термопласты» и «реактопласты»?
3. Чем характеризуется кристаллическое состояние полимеров.
4. Расскажите о трех физических состояниях полимеров: стеклообразном (твердом), высокоэластичном и вязкотекучем.
5. Перечислите причины старения полимеров.
6. Перечислите компоненты, входящие и состав сложных пластмасс.
7. Какие Вы знаете наполнители пластмасс?
8. Укажите область применения термопластов и реактопластов.
9. В чем преимущества пластмасс по сравнению с металлическими материалами? Каковы их недостатки?
10. Какие компоненты входят в состав резин и как они влияют на их свойства?
11. Расскажите о технологических способах изготовления резино-технических изделий.
12. В чем отличие между масляными красками и эмалями?
13. Какие показатели характеризуют качество клеевого соединения?

Неорганические конструкционные материалы

В группу неорганических материалов входят неорганические стекла, стеклокристаллические материалы (ситаллы), керамика, графит и асбест. Уясните, что основой неорганических материалов являются, главным образом, оксиды и бескислородные соединения металлов. Обратите внимание, что большинство этих материалов содержат различные соединения кремния с другими элементами и поэтому их часто объединяют общим названием – силикатные материалы. В настоящее время спектр неорганических материалов значительно расширился. Применяют чистые оксиды алюминия, магния, циркония и др., свойства которых значительно превосходят свойства обычных соединений кремния. Рассмотрите комплекс физико-химических и механических свойств неорганических материалов и сравните его с аналогичными показателями для органических полимерных материалов.

Особую группу составляют естественные неорганические материалы, к которым относят графит, асбест, древесину и ряд горных пород (мрамор, базальт, обсидиан). Изучите особенности этих материалов и их технические возможности.

Вопросы для самопроверки

1. Какие минеральные материалы относятся к силикатному стеклу?
2. Что такое ситаллы, укажите способы их получения.
3. Что представляет собой техническая керамика?

Композиционные конструкционные материалы

Композиционными называют искусственные материалы, получаемые сочетанием химически разнородных компонентов. В композиционных материалах, в отличие от сплавов, компоненты сохраняют присущие им свойства и между ними наблюдается четкая граница раздела. Выделяют естественные (эвтектические) и искусственные композиционные материалы.

В композитах одним из компонентов является матрица, другим - упрочнитель. Упрочнитель воспринимает нагрузку и должен обладать высокой прочностью, а матрица лишь передает нагрузку этому высокопрочному материалу и может упруго и пластически деформироваться. В качестве матриц применяют полимерные, углеродные и металлические материалы. Для упрочнения используют разнообразные материалы на металлической и неметаллической основах. Упрочнители могут быть в виде дисперсных частиц, волокон, проволоки, жгутов, нитей, лент, тканей. Свойства композиционных материалов зависят от состава компонентов, их сочетания, количественного соотношения и прочности связи между ними. Рассмотрите полимерные, углеродные, металлические композиционные материалы, их свойства и применение.

Технология получения порошковых материалов состоит из ряда последовательных операций: получение металлических порошков, формование, спекание, окончательная обработка. Необходимо изучить физико-химические и физико-механические способы производства порошков, рассмотреть различные способы формования, уяснить назначение и технологию проведения спекания.

Порошковая металлургия позволяет получать конструкционные материалы с особыми физико-химическими, механическими и технологическими свойствами, которые невозможно получить методами традиционной обработки металлов. Необходимо ознакомиться со свойствами и применением материалов и изделий, получаемых этим методом.

Вопросы для самопроверки

1. Какие материалы используют в качестве матриц и упрочнителей в составе композиционных материалов?
2. Перечислите металлические, полимерные и углеродные композиционные материалы. Какими свойствами они обладают и где используются?
3. Приведите технологическую схему получения порошковых материалов.
4. Расскажите о физико-механических и физико-химических способах

- получения порошков.
5. С какой целью осуществляют операции формования и спекания порошков?
 6. Какие операции окончательной обработки порошковых материалов Вы знаете?
 7. Расскажите о применении пористых металлокерамических изделий.
 8. Приведите состав и назовите область применения твердых сплавов.

Раздел 2. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Материаловедение – наука о материалах, изучающая связь между составом, строением и свойствами металлических и неметаллических материалов, закономерности их изменения при механическом, тепловом и других видах химических воздействий. Она создает научную основу получения разнообразных по составу материалов с заданными свойствами. Как всякая наука, материаловедение представляет собой совокупность знаний, полученных расчетным и экспериментальным путем и в своей основе базируется на соответствующих разделах физики, химии и математики. Основное внимание в материаловедении уделяется металлическим материалам, т.к. сегодня металлы и их сплавы являются самым обширным и универсальным по применению классом материалов. Центральное место среди них занимают две группы сплавов железа с углеродом – стали и чугуны.

В тоже время, в последние годы значительное внимание уделяется разработке неметаллических композиционных материалов, где достигнут несомненный успех и что является одним из важнейших направлений развития современного материаловедения.

Тема 5. Основы теоретического материаловедения

5.1. Строение и свойства чистых металлов

Прежде чем начать изучать эту главу, необходимо понять, что в природе существует две разновидности твердых тел, различающихся по своим свойствам – кристаллические и аморфные.

Кристаллические тела остаются твердыми до вполне определенной температуры при которой они переходят в жидкое состояние. При охлаждении процесс идет в обратном направлении. Так, у чистых металлов, переход из одного состояния в другое протекает при ограниченной, всегда постоянной температуре плавления.

Аморфные тела при нагревании размягчаются в большом температурном интервале, становятся вязкими, а затем переходят в жидкое состояние. При охлаждении процесс идет в обратном направлении, но часто с изменением свойств самого материала.

Уясните для себя, что кристаллическое состояние твердого тела более

стабильно, чем аморфное и это обусловлено упорядоченным, геометрически правильным расположением в пространстве частиц, из которых они состоят (ионов, атомов, молекул).

5.1.1. Атомно-кристаллическое строение металлов

Атомно-кристаллическое строение металлов и металлических сплавов, а также наличие в них металлической связи, определяют их специфический комплекс свойств. Высокая электропроводность и теплопроводность, пластичность, способность испускать электроны при различных возбуждающих воздействиях и другие свойства связывают с наличием свободных коллективизированных электронов в высокосимметричной решетке объемно-центрированного куба (ОЦК) и гранецентрированного куба (ГЦК).

При изучении этой темы особое внимание следует обратить на реальное строение металлов и дефекты, встречающиеся в металлах и сплавах (точечные, линейные, плоские, объемные).

Обратите внимание на такие понятия, как диффузия и анизотропия. Определите, от каких факторов зависят эти свойства. По схемам, приведенным в учебной литературе, разберитесь с кристаллографическими индексами плоскостей и направлений в кристаллических телах (индексы Миллера).

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные признаки, характеризующие металлическое состояние вещества?
2. Какие дефекты кристаллического строения Вы знаете?
3. Как записываются индексы Миллера?
4. Нарисуйте элементарные ячейки ГЦК и ОЦК, определите плотность упаковки и координационные числа. Какие металлы имеют ГЦК и ОЦК решетки (приведите пример)?
5. Что понимают под самодиффузией и гетеродиффузией?

5.1.2. Формирование структуры металлов при кристаллизации

Движущей силой процесса кристаллизации является разница свободных энергий жидкой и твердой фаз, возникающая при переохлаждении расплава ниже равновесной температуры кристаллизации. Конечная структура затвердевшего сплава определяется условиями кристаллизации, а именно: степенью переохлаждения, скоростью охлаждения, присутствием нерастворимых, тугоплавких частиц, являющихся дополнительными центрами кристаллизации. Каждое зерно, образующееся в результате кристаллизации, представляет собой дендритный кристалл, химический состав которого изменяется от центра к периферии.

Зарисуйте и разберите строение металлического слитка в зависимости от условий кристаллизации.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое равновесная температура кристаллизации?
2. Какова физическая природа кристаллизации? Какие виды кристаллизации вы знаете?
3. Чем определяется конечная структура сплава при кристаллизации?
4. Что такое дендрит?
5. Что такое ликвация?
6. Что такое модификация?

5.1.3. Вторичная кристаллизация металлов

Большое количество металлов способно перестраивать тип своей кристаллической решетки при достижении определенных температур. При каждой данной температуре равновесным будет тот тип решетки, который имеет наименьшую свободную энергию. Такое явление носит название полиморфизма или аллотропии. Перестройка одного типа решетки металла в другой при полиморфном превращении может происходить по двум механизмам: за счет диффузионного перераспределения атомов (нормальный) и за счет кооперативного сдвига атомов при мартенситном превращении.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое полиморфизм?
2. Что является главным условием протекания полиморфного превращения?
3. Какую кристаллическую решетку имеют: α -Fe, γ -Fe, α -Ti, β -Ti, α -Co?

5.2. Строение и свойства металлических сплавов

Необходимо понимать, что применение чистых металлов в промышленности крайне ограничено. Их использование не всегда экономически выгодно, а часто и не оправдано, т.к. они не могут обеспечить требуемый комплекс свойств. В этом смысле наиболее перспективны сплавы, которые позволяют реализовать как любое достижимое свойство, так и целую группу требуемых свойств.

5.2.1. Фазовый состав сплавов

При рассмотрении этой главы следует усвоить следующие понятия: «компонент», «фаза», «структурная составляющая». В процессе образования сплавов компоненты вступают между собой во взаимодействия различного вида, зависящие от их природы и количественного соотношения. Необходимо, прежде всего, усвоить два противоположных вида взаимодействий: твердые растворы и химические соединения. Остальные фазы, встречающиеся в сплавах, являются промежуточными, так как имеют

свойства, характерные как для твердых растворов, так и для химических соединений. Следует также усвоить, что структура - это форма существования фазовых составляющих. Одна и та же фаза может входить в состав механической смеси и существовать в виде самостоятельных формирований.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое твердый раствор? Назовите его свойства?
2. Охарактеризуйте виды твердых растворов?
3. Какими условиями определяется образование твердых растворов различного типа?
4. Назовите свойства химических соединений?

5.2.2. Понятия о диаграммах состояния двойных систем

Следует четко определять понятия: «термодинамическая система», «свободная энергия системы», «компонент», «фаза», «термодинамическое равновесие системы». Особое внимание уделите разбору правила фаз и рассчитайте число степеней свободы при кристаллизации чистого металла и двухкомпонентного сплава.

Переход металла из жидкого состояния в твердое (кристаллизация) совершается в условиях, когда система переходит в термодинамически более устойчивое состояние с меньшей свободной энергией. Для этого перехода необходимо наличие разницы в свободных энергиях твердой и жидкой фаз, причем энергия твердой фазы должна иметь более низкое значение. Процесс кристаллизации начинается с образования зародышей твердой фазы и продолжается в процессе роста их числа и размеров. Для описания кристаллизации чистого металла достаточным является построение термической кривой. При кристаллизации двухкомпонентных сплавов в равновесном состоянии используются диаграммы состояния, которые в удобной графической форме позволяют судить о их фазовом составе в любой точке диаграммы. Оценка количества фаз в двухфазной области производится в соответствии с правилом отрезков (рычага).

При изучении диаграмм состояния следует усвоить основные их типы: диаграмма с образованием механической смеси компонентов; с неограниченной растворимостью компонентов; эвтектического типа; перитектического типа; с образованием химического соединения; с полиморфным превращением.

В реальных диаграммах состояния следует научиться находить основные типы превращений.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое диаграмма состояния (фазового равновесия)? Какие методы ее построения Вы знаете?
2. Перечислите основные типы диаграммы состояния?

3. В чем заключается суть эвтектического (перитектического) превращения?
4. Как определить фазовый состав сплава при заданной температуре?
5. Как определяется соотношение количества фаз в сплаве при заданной температуре?

5.2.3. Зависимость свойств сплавов от типа диаграммы состояния

Весьма важным следует считать изучение диаграмм «состав-свойство» (правило Курнакова Н.С.), которое составляет основу физико-химического анализа сплавов. Поймите физический смысл изменения таких свойств, как пластичность, жидкотекучесть, электросопротивление и др. в зависимости от типа фаз в концентрационном интервале существования двухкомпонентной системы.

Вопросы для самопроверки

1. Почему твердые растворы обладают высокой пластичностью?
2. Почему литейные свойства выше у сплавов по составу близких к эвтектическому?
3. Какие сплавы обладают повышенной обрабатываемостью резанием?

5.3. Пластическая деформация и разрушение металлов и сплавов

Данная глава должна дать понимание показателей механических свойств материалов и методов их оценки. Важным здесь следует считать, что механические свойства характеризуют сопротивление материала деформации, разрушению или особенностям его поведения в процессе разрушения. Эта группа свойств включает показатели прочности, пластичности, твердости, вязкости и упругости. Основную группу таких показателей составляют стандартные характеристики механических свойств, которые определяют в лабораторных условиях на образцах стандартных размерах.

5.3.1. Определение стандартных механических свойств

При испытании стандартных образцов на растяжение можно определить такие механические характеристики, как σ_b , σ_t , δ и ψ , необходимые при расчетах на прочность конструкций, деталей и узлов машин и механизмов. Очень важно понять, что все эти характеристики определяются структурой сплава, его способностью к пластическому деформированию. Поскольку процесс пластической деформации протекает путем образования и перемещения дефектов типа дислокаций, то большое значение имеет то, насколько легко могут эти дислокации перемещаться в пределах зерна. Кроме определяемых по кривой «напряжение - деформация» таких свойств, как σ_b , σ_t , δ , ψ и еще ряд свойств (ударная вязкость, сопротивление усталости и др.) определяются в условиях динамического нагружения. Оценка стандартных механических свойств сопровождается

разрушением специальных образцов и не позволяет изучить прочностные свойства конкретных деталей на конечном этапе изготовления. В этом смысле важное значение имеют неразрушающие методы оценки прочностных свойств. К ним относят различные способы измерения твердости, которые прямо или косвенно характеризуют механические свойства материалов. По сути дела измерение твердости можно рассматривать как местные механические испытания поверхностных слоев металлов. При этом следует понимать, что если структура металла по сечению равномерна, то поверхностные измерения могут характеризовать свойства всей детали в целом. При изучении этого вопроса следует обратить особое внимание на движение и взаимодействие дислокации, связь этих процессов с упрочнением. Разрушение необходимо рассматривать как двухстадийный процесс зарождения и распространения трещины, а конструктивную прочность - как комплекс свойств материала. Следует установить связь прочностных и пластических характеристик со структурным состоянием материала. Необходимо разобраться, что понимают под хрупким и вязким разрушением.

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение временного сопротивления, предела текучести, ударной вязкости, относительного удлинения и сужения.
2. Чем различаются между собой упругая и пластическая деформации? Дайте их определение.
3. Назовите основные схемы нагружения.
4. Как определяют твердость по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу?
5. В чем разница в механизмах хрупкого и вязкого разрушения?

5.3.2. Влияние холодной пластической деформации и последующего нагрева на структуру металла

В процессе холодной пластической деформации происходят следующие изменения в микроструктуре: зерно деформируется, дробится на блоки, плотность дислокаций возрастает. Дислокации, пересекаясь между собой и выстраиваясь в «стенки», образуют устойчивые искажения кристаллической решетки, что приводит к торможению движения вновь образующихся дислокаций. В результате возрастают напряжения скольжения, вызывающие пластическую деформацию, т.е. возникает явление деформационного наклепа. При этом состояние металла неустойчиво, свободная энергия повышена по отношению к стабильному состоянию.

Если холодная деформация имеет определенную направленность (прокатка, волочение и т.п.), то часто возникает ориентировка определенных кристаллографических плоскостей и направлений относительно направления прокатки – текстуры. Нагрев холоднодеформированного металла приводит к снижению уровня его свободной энергии за счет снижений внутренних напряжений I и II рода в процессе возврата и рекристаллизации. При этом происходит фазовая перекристаллизация, и в зависимости от степени

деформации и температуры формируется новое зерно соответствующего размера и формы. В результате изменяется комплекс механических свойств холоднодеформированного металла.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое наклеп?
2. Что такое текстура?
3. Чему равна температура рекристаллизации для чистых металлов и для сплавов?
4. Какие процессы происходят в деформированных сталях с увеличением температуры?

5.4. Железо и его сплавы

Сплавы железа с углеродом представляют самую многочисленную группу конструкционных материалов. При их изучении существенную помощь оказывает диаграмма «железо - углерод» в метастабильном и стабильном вариантах. Чтобы разобраться в сути превращений, протекающих в этой системе, следует усвоить характеристики ее компонентов и обратиться к предыдущему разделу, в котором приводятся основные типы диаграмм состояния, часть которых входит в состав диаграммы «железо - углерод».

В метастабильном состоянии свободный углерод связан в виде цементита (химическое соединение Fe_3C) и поэтому диаграмма рассматривается как «железо - цементит».

Стабильное равновесие рассматривается при выделении свободного углерода в виде стабильной фазы графита, и диаграмма преобразуется в систему «железо - графит».

Рассмотрите оба типа диаграмм, определите отличия и особенности кристаллизации.

5.4.1. Диаграмма состояния «железо - цементит»

Перед началом изучения диаграммы «железо - цементит» необходимо повторить аллотропические (полиморфные) превращения в железе. Рассмотрение диаграммы следует начать с анализа всех превращений, протекающих в железоуглеродистых сплавах при медленном охлаждении и получающиеся при этом структуры, особенно превращения в твердом состоянии.

Запомните, что в результате вторичной кристаллизации по линии GS при охлаждении начинается превращение аустенита в феррит вследствие аллотропического превращения γ -железа в α -железо. Так как в феррите максимально растворяется 0,04 % углерода (точка P), то в аустените количество углерода все время увеличивается. Каждая точка линии GS показывает содержание углерода в аустените при данной температуре. Критические точки, образующие линию GS, принято обозначать при нагреве Ac_3 , а при охлаждении - Ag_3 . По линии ES при охлаждении из аустенита начинает выделяться вторичный цементит вследствие уменьшения

растворимости углерода в аустенит при понижении температуры. Цементит содержит 6,67 % углерода, поэтому в остающемся аустените количество углерода уменьшается. Каждая точка линии ES показывает содержание углерода в аустените при данной температуре (правило отрезков). Критические точки, образующие линию ES принято обозначать A_{cm} . На линии PSK происходит окончательный распад аустенита по реакции $Fe\gamma(c) \rightarrow Fe\alpha(c) + F_3C$ образованием структуры перлита во всех сплавах системы. Из аустенита образуется механическая смесь фаз пластинчатой морфологии, состоящая из феррита и цементита третичного- эвтектоид, так как в равновесном состоянии γ -железо при температурах ниже $727^\circ C$ существовать не может, α -железо практически углерод не растворяет (точка P). При температуре $727^\circ C$ во всех сплавах содержится в аустените 0,8% C (точка S, куда сходятся линии GS и ES), значит состав перлита также постоянен и содержит 0,8% углерода. Критические точки, образующие линию PSK, при нагреве обозначают A_{c1} , а при охлаждении A_{r1} .

В заэвтектоидных сталях ниже линии ES предельная концентрация углерода в аустените снижается, что инициирует выход атомов углерода из решетки аустенита с образованием цементита вторичного. Механическая смесь фаз аустенита и цементита вторичного называется ледебурит.

Необходимо отметить, что температура, при которой из аустенита начинает выделяться феррит или цементит (линии GS и ES), зависит от состава сплава, а превращение аустенита в перлит происходит во всех сплавах при одной и той же температуре ($727^\circ C$). Нужно знать, что в простых углеродистых сплавах в равновесном состоянии при температуре ниже $727^\circ C$ аустенит существовать не может, он распадается на перлит (эвтектоидную смесь феррита и цементита третичного). Равновесными структурами железоуглеродистых сплавов являются: аустенит, феррит, перлит, цементит, ледебурит. Запомните разницу между эвтектикой и эвтектоидом: и представляет собой то и другое механическую смесь фаз, но эвтектика - продукт первичной кристаллизации, она получается при одновременной кристаллизации двух или нескольких фаз из жидкого раствора, а эвтектоид — продукт вторичной кристаллизации, он образуется при распаде твердого раствора. И эвтектика, и эвтектоид образуются в том случае, если вещества друг в друге не растворяются в твердом состоянии. Хорошо разберитесь в процессах, протекающих при нагревании и охлаждении сплавов с различной концентрацией углерода. Особое внимание обратите на критические точки, в которых происходит вторичная кристаллизация, и на получающиеся структуры.

Изучая часть диаграммы с образованием чугуна, уясните для себя, какие чугуны называются белыми, а какие - серыми. Содержание углерода в них может быть одинаковым, однако состояние углерода – различно. В серых чугунах углерод находится в свободном состоянии в виде графита и имеет форму пластинок. Металлическая основа может быть перлитной или ферритной.

Вопросы для самопроверки

1. Какие превращения происходят в сплавах железо - цементит по линиям GS и ES?
2. При какой температуре происходит образование перлита?
3. Укажите, что из себя представляют все структуры в железоуглеродистых сплавах?
4. Сколько углерода растворяется в аустените при 1147°C и при 727°C?
5. Назовите линии первичной кристаллизации на диаграмме железо-цементит?
6. Назовите структуры до- и заэвтектических серых чугунов?

5.4.2. Углеродистые стали

Разберите маркировки углеродистых сталей в соответствии с качеством и назначением по ГОСТу. Изучите влияние углерода и основных примесей на свойства углеродистой стали. Запомните, что вредное влияние фосфора проявляется при эксплуатации стальных деталей, сера же главным образом затрудняет горячую обработку давлением. На работу деталей она практически не влияет, так как детали из углеродистых сталей при высоких температурах не работают. Основное внимание обратите на требования к конструкционным и инструментальным сталям. Запомните, что в конструкционных сталях содержание углерода не превышает 0,65%, так как при большем содержании углерода детали становятся хрупкими. В инструментальных сталях, наоборот, содержание углерода должно быть выше 0,7%, так как инструмент в первую очередь должен быть твердым (кроме штампов, деформирующих металл в горячем состоянии).

Вопросы для самопроверки

1. Как влияет углерод на свойства сталей?
2. Почему практически не применяются стали, в которых углерода более 1,35%?
3. Как влияют основные постоянные примеси на свойства стали?
4. Как влияют фосфор и сера на свойства стали?
5. Какая разница в свойствах при одинаковом содержании углерода между сталью обыкновенного качества, качественной и высококачественной?
6. Какая сталь называется автоматной? Область ее применения?
7. Расшифруйте марки сталей: ВСт4кп, 60, У12А. Укажите область их применения?

5.4.3. Чугуны

В отличие от сталей, чугун широко применяется как конструкционный материал для изготовления фасонных отливок, так как обладает хорошими литейными свойствами.

Разбирая механические свойства чугунов с графитом, обратите внимание на форму графитовых включений и их количество, так как от этого зависит прочность чугуна.

Графит в меньшей степени снижает пластичность и вязкость металлической основы чугуна, если не имеет форму в виде пластин. Изменение формы графита из пластинчатой на хлопьеобразную или спиралеподобную может быть получено при отжиге белых чугунов (ковкие чугуны) и в высокопрочных чугунах в результате модифицирования. Надо знать способы получения ковких чугунов. Следует иметь в виду, что ковкие чугуны, несмотря на их название, ковать нельзя.

В высокопрочных чугунах, модифицированных магнием, графит имеет шарообразную форму, что еще больше увеличивает прочность и пластичность. Высокопрочные чугуны могут выдерживать и некоторые ударные нагрузки. Уясните сущность модифицирования чугунов.

Нужно знать, что металлическая основа у серых, ковких и высокопрочных чугунов может быть одинаковая - перлитная или ферритная.

Обязательно нужно знать маркировку чугунов по ГОСТу. В отличие от стали чугуны маркируются не по содержанию углерода, а по механическим свойствам, так как при одинаковом содержании углерода они могут иметь разные свойства.

Вопросы для самопроверки

1. В каком состоянии находится углерод в белых и серых чугунах?
2. Как влияют основные примеси на свойства чугунов?
3. Укажите способы упрочнения серых чугунов?
4. Как получают ковкий чугун?
5. Какова форма графита в модифицированных чугунах?
6. Как маркируются серые, ковкие и высокопрочные чугуны?

Тема 6. Основы практического материаловедения

При изучении этой темы необходимо понять, что практическое материаловедение рассматривает вопросы формирования структуры и свойств металлических материалов в соответствии с требуемыми как в процессе объемной тепловой обработки (термическая обработка), так и в процессе поверхностной (поверхностная тепловая обработка).

Все режимы термической обработки выбираются в соответствии с диаграммой «железо-цементит» для сталей с учетом возможного фазового состава и предполагаемых структур. Особое место занимает поверхностная химико-термическая обработка, которая позволяет при сохранении общих свойств детали значительно повысить контактную прочность быстроизнашивающихся поверхностей. Причем вид химико-термической обработки определяется характером повреждения детали в процессе эксплуатации.

6.1. Элементы теории термической обработки стали

Изучение этого раздела дает знания об основных фазовых и структурных превращениях в сталях, приводящих к получению требуемых свойств. Необходимо рассмотреть четыре основных превращения в сталях и усвоить, что условия нагрева, изотермической выдержки и охлаждения определяют фазовый состав, структурное состояние и, следовательно, свойства стали.

Процессы, происходящие при нагреве стали в аустенитную область, приводят к росту зерна. В этом плане различаются наследственно мелкозернистые и крупнозернистые стали. При рассмотрении процессов распада переохлажденного аустенита следует обратить внимание на различия, обусловленные характером охлаждения (непрерывное или с изотермической выдержкой). Значение диаграмм изотермического распада аустенита и термокинетических диаграмм для конкретных сталей велико, так как они достаточно полно характеризуют структуры, образующиеся при распаде аустенита, и позволяют обоснованно назначать определенные виды термической обработки. Для успешного использования диаграмм следует внимательно разобраться в зависимости структурных и фазовых превращений от температуры изотермической выдержки и условий охлаждения, четко усвоить, что существуют диффузионное (перлитное), промежуточное (бейнитное) и сдвиговое (мартенситное) превращения.

Разберите диаграмму распада аустенита при непрерывном охлаждении в условиях изотермической выдержки. (С-образные кривые), а также структуры, получающиеся при разной скорости распада аустенита. Перлит, сорбит и троостит - это двухфазные структуры, представляющие собой ферритно-цементитную смесь различной степени дисперсности (размельченности), они имеют в этих условиях пластинчатое строение. При большой скорости охлаждения диффузия углерода подавляется и происходит только аллотропическое превращение железа, причем из аустенита получается только однофазная структура - мартенсит, который представляет собой пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе, имеющий игольчатое строение. Запомните, что чем больше скорость охлаждения аустенита, тем тверже получающиеся структуры. Нужно знать, какая температура называется мартенситной точкой. В углеродистых сталях начало мартенситного превращения происходит около 200°C . Отметьте для себя отличие мартенситного превращения от перлитного. Запомните, что в отличие от перлитного мартенситное превращение никогда не идет до конца, поэтому в стали всегда остается определенное количество остаточного аустенита; на мартенситную точку скорость охлаждения не влияет, она практически зависит только от состава стали по углероду.

При нагреве мартенсита в перлитную область происходит распад пересыщенного твердого раствора углерода в α железе с образованием двухфазных структур перлитного класса, но другой морфологии. В этом случае троостит, сорбит и перлит имеют дисперсное мелкозернистое

строение. Следует отметить, что образование зернистых структур улучшает многие свойства сталей. При одинаковой твердости, прочности и пластичности стали с зернистой перлитной структурой имеют более высокие значения предела текучести, относительного сужения и ударной вязкости.

Вопросы для самопроверки

1. Какие получаются продукты распада аустенита в зависимости от скорости его охлаждения?
2. Какая скорость охлаждения называется критической скоростью закалки?
3. Какие факторы влияют на мартенситную точку?
4. Как можно в стали 40 получить структуры: перлит + феррит; сорбит; бейнит; мартенсит?
5. Как влияет увеличение скорости охлаждения на количество избыточной фазы в сталях неэвтектоидного состава?
6. Какими факторами определяется размер зерна при нагреве?

6.2. Технология термической обработки сталей

Любая термическая обработка состоит из нагрева до заданной температуры, выдержки и охлаждения с заданной скоростью, поэтому термическую обработку обычно выражают графически в координатах «температура – время». В зависимости от температуры нагрева и скорости охлаждения различают следующие основные виды термической обработки: *отжиг, нормализацию, закалку и отпуск*. Нужно знать цель и сущность каждого вида термической обработки, его технологию, а главное - какую структуру и свойства приобретает сталь в результате проведения каждого вида термической обработки. Нужно иметь в виду, что иногда брак, полученный при термической обработке, может проявиться только при эксплуатации деталей.

Изучая процесс отжига, разберите, в каких случаях какой метод отжига наиболее целесообразно применять, каким сталям дают полный отжиг, а каким - неполный. Легированные стали и крупные поковки требуют очень медленного охлаждения, поэтому применение для них изотермического отжига значительно увеличивает производительность.

Разберите условия, характеризующие отличия отжига I рода от отжига II рода. Разведите понятия «перегрев» и «пережог»

Изучая процесс нормализации, прежде всего уясните разницу между отжигом и нормализацией в их назначении и способах проведения процесса. При отжиге скорость охлаждения может быть разная для разных сталей, так как в структуре должен быть перлит. При нормализации же скорость охлаждения для всех сталей одна и та же - на воздухе. Поэтому после нормализации у разных сталей получается разная структура, она зависит от критической скорости закалки. В углеродистой стали после нормализации структура практически получается такая же, как и после отжига, но более

мелкая, поэтому прочность нормализованных сталей несколько выше, чем отожженных. В ряде случаев для углеродистой стали вместо отжига производят нормализацию. В легированных сталях в зависимости от критической скорости закалки в структуре после нормализации может быть сорбит, троостит или мартенсит.

Закалка - один из наиболее важных видов термической обработки. При изучении закалки прежде всего уясните, как выбирается температура нагрева в зависимости от содержания углерода в стали. Для доэвтектоидной стали всегда проводят полную закалку, так как при неполной остается феррит, который образует мягкие участки. Для заэвтектоидной стали можно дать неполную закалку, так как остающийся цементит твердости не снижает. Нужно знать охлаждающие среды и требования к ним. Следует иметь в виду, что при чрезмерном увеличении скорости охлаждения получаются большие внутренние напряжения, коробление и могут быть трещины.

Изучите, что понимают под прокаливаемостью стали и как на нее влияет критическая скорость закалки. Разберите основные методы закалки, применяемые на практике и в каких случаях какой метод целесообразно применять.

Изучая ступенчатую и изотермическую закалку, обратите внимание на то, что температура горячей среды, в которой происходит выдержка, может быть одинаковой (вблизи мартенситной точки), но при ступенчатой закалке время выдержки должно быть меньше времени устойчивости аустенита при данной температуре, поэтому окончательная структура мартенсит. При изотермической закалке время выдержки должно обеспечить полный распад аустенита на игольчатый троостит. Игольчатый троостит обладает значительно меньшей твердостью, чем мартенсит, поэтому изотермическую закалку нельзя применять для режущего инструмента, но она обеспечивает большую прочность при минимальных внутренних напряжениях, так как отсутствует мартенситное превращение. Ее наиболее целесообразно применять для тех деталей, которые работают с временными перегрузками и при работе которых отсутствует пластическая деформация, например для пружин.

В сталях, у которых мартенситная точка лежит ниже 0°C , после закалки может появиться большое количество остаточного аустенита. Такие стали, например, легированные инструментальные или постоянные магниты, для уменьшения количества остаточного аустенита после закалки обрабатывают холодом, т.е. охлаждают ниже 0°C .

В результате закалки в деталях всегда возникают внутренние напряжения обусловленные резким охлаждением и фазовыми превращениями. Для уменьшения напряжений, увеличения вязкости, иногда снижения твердости после закалки всегда следует отпуск окончательная термическая обработка, которая определяет конечную структуру, а значит свойства и качество деталей. Необходимо знать структуру после каждого вида отпуска, температуру различных видов отпуска и для каких деталей обычно применяется низкий, средний и высокий отпуск. Наилучшим

сочетанием между прочностью и вязкостью обладает сорбит отпуска, поэтому термическая обработка, состоящая из закалки и высокого отпуска, называется улучшением стали.

Длительный высокий отпуск, обеспечивающий выделение в сталях и сплавах вторичных упрочняющих фаз, называют старением. Разберите, для каких материалов применяют эту операцию термообработки. Особое внимание уделите явлению отпускной хрупкости. Разберите условия возникновения низкой высокотемпературной отпускной хрупкости.

Детали, которые должны иметь твердость только на поверхности, подвергают поверхностной закалке, в результате чего увеличивается общая прочность деталей, так как увеличивается предел выносливости. Разберите основные методы поверхностной закалки. Уделите внимание закалке токами высокой частоты (ТВЧ), так как ее наиболее легко автоматизировать и получить наилучшие результаты. При изучении поверхностной закалки газовым пламенем надо иметь в виду, что для крупных деталей это в ряде случаев единственный метод поверхностного упрочнения

Нужно знать новые прогрессивные методы упрочнения деталей: термомеханическую, ультразвуковую, термомагнитную обработку. Запомните что высокотемпературной термомеханической обработке (ВТМО) можно подвергать любые стали, а низкотемпературной (НТМО) - только те, у которых переохлажденный аустенит обладает повышенной устойчивостью, т.е. легированные.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое отжиг? Как он подразделяется в зависимости от назначения?
2. В чем принципиальное отличие изотермического отжига от обычного и в чем его преимущества?
3. От чего зависят получающиеся структуры после нормализации?
4. Какая закалка называется полной, а какая - неполной?
5. От чего зависит выбор охлаждающей среды при закалке?
6. Почему для доэвтектоидной стали всегда производят полную закалку?
7. Какая структура получается в стали после ступенчатой и после изотермической закалки?
8. В чем заключается обработка холодом? В каких случаях она целесообразна?
9. Зачем после закалки производится отпуск стали?
10. От чего зависит выбор температуры отпуска?

6.3. Технология химико-термической обработки сталей

При изучении процессов химико-термической обработки нужно обращать внимание на температуру процесса, химический состав стали (особенно на процентное содержание углерода) и на необходимость термической обработки до или после того или иного вида химико-термической обработки. Каждый вид химико-термической обработки имеет

свою область применения, определенные достоинства и недостатки. Рассматривать их нужно именно с этой точки зрения.

При изучении цементации особое внимание уделите газовой цементации, как наиболее прогрессивному методу, который позволяет наиболее полно осуществить механизацию и автоматизацию процесса. Запомните, что твердость поверхностного слоя после цементации получается только при последующей закалке, сердцевина при этом остается вязкой, так как стали с малым содержанием углерода практически не закаляются.

Достоинства азотирования в том, что свойства слоя формируются в процессе насыщения и твердость не снижается при повторных нагревах до температуры азотирования (500—600°С) при этом увеличивается сопротивление износу и коррозии в средах слабой агрессивности. Но азотирование процесс очень дорогой и непроизводительный, поэтому применять его следует только в тех случаях, когда никакая другая обработка не обеспечивает нужных свойств. Например, для деталей, которые подвергаются истиранию и работают в условиях коррозии, или для деталей, которые истираются и во время работы могут периодически нагреваться до 500—600°С (нельзя путать с деталями, которые периодически нагреваются во время работы, например, штампы для горячей штамповки во время соприкосновения с заготовкой и с деталями, которые постоянно нагреты во время работы, например, лопатки газовых турбин).

При изучении цианирования обратите внимание на свойства цианированного слоя в зависимости от температуры, при которой происходит цианирование, и на область применения низко-, средне- и высокотемпературного цианирования. Высокотемпературное цианирование обычно производится в газовой среде. Этот процесс называется *нитроцементацией*.

Нужно иметь представление о диффузионной металлизации хромом, алюминием и другими элементами, понимать принципиальное отличие диффузионного насыщения поверхности металлами от гальванических покрытий, а главное - назначение каждого метода.

При изучении каждого вида химико-термической обработки обращайтесь внимание на возможные виды брака, способы его предотвращения и устранения.

Следует отметить, что технология химико-термической обработки напрямую связана с применяемым оборудованием, так как от оборудования в большей степени зависит последующее качество обрабатываемых деталей. В этом смысле следует обратить внимание на механизированное и автоматизированное оборудование, автоматизированные агрегаты, состоящие из печей непрерывного действия, соляных ванн, закалочного и другого оборудования, в которых производятся все виды термической и химико-термической обработки разнообразных по назначению деталей. Особо следует обратить внимание на современные методы поверхностного упрочнения с использованием высоких технологий.

Вопросы для самопроверки

1. Какие виды химико-термической обработки Вы знаете? Перечислите их и кратко охарактеризуйте технологию проведения каждого вида?
2. Для каких деталей и из каких сталей рекомендуется цементация?
3. Какая термическая обработка следует после цементации?
4. В чем достоинства и недостатки азотирования?
5. Укажите основные виды азотирования?
6. Какая принципиальная разница между диффузионной металлизацией и поверхностным покрытием металлами?

Тема 7. Современные металлические материалы в машиностроении

В настоящее время металлические материалы все еще довольно прочно занимают главенствующее место в промышленном производстве. Без этих материалов немислим технический прогресс в различных отраслях техники, которая предъявляет все новые требования по увеличению надежности деталей машин и оборудования в широком диапазоне температур, давлений и воздействия внешних сред различного агрегатного состояния и агрессивности.

Уясните для себя, что понимают под конструкционной прочностью и разберите основные критерии: прочность, жесткость, надежность и долговечность. Особое внимание уделите понятию «внешняя среда», с учетом влияния которой и разрабатываются все материалы для конкретных условий использования.

7.1. Легированные стали и сплавы

Легированной называют сталь, в состав которой с целью изменения структуры и свойств введены специальные легирующие элементы. Легированные стали имеют ряд существенных преимуществ перед углеродистыми. Они имеют более высокие механические свойства и обеспечивают сочетание ряда других специальных свойств (жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, коррозионную стойкость и др.), что позволяет называть этот класс материалов специальными сталями и сплавами.

7.1.1. Основы легирования углеродистых сталей и чугунов

Одной из основных задач материаловедения является разработка металлических материалов, применение которых позволит уменьшить габариты и металлоемкость машин и оборудования, снизить их стоимость. В этом смысле большое значение имеет применение легированных сталей и сплавов.

Добавка к углеродистой стали даже небольшого количества (до 1-2%) недорогих легирующих элементов (кремния, марганца и некоторых других)

незначительно удорожает эту сталь, но позволяет уменьшить размеры, увеличить долговечность и надежность деталей машин и инструмента, так как легированные стали обладают повышенной прочностью, что в конечном итоге снижает расход металла и дает экономический эффект.

Так как свойства сталей зависят от их внутреннего строения, то изучение этой темы нужно начинать с влияния легирующих элементов на структуру и свойства сталей.

Разберите, почему свойства легированных сталей отличаются от углеродистых при одном и том же содержании углерода. Начните с влияния легирующих элементов на положение критических точек и линий диаграммы железо-цементит. При небольшом содержании легирующих элементов (2—5%) критические линии диаграммы сдвинуты незначительно, поэтому структура низколегированных сталей, а значит, и их свойства в отожженном состоянии мало отличаются от свойств углеродистой стали. Все преимущества низколегированных сталей проявляются только после закалки, поэтому такие стали следует применять только для деталей, которые по условиям работы должны подвергаться упрочняющей термической обработке. При большом содержании легирующих элементов (10—15%) критические точки A_1 и A_3 значительно повышаются или понижаются, структуру таких сталей при комнатной температуре можно получить однофазной ферритной или аустенитной, а в ферритных сталях при повышенном содержании углерода наряду с ферритом могут быть и карбиды. Ферритные и аустенитные стали, как правило, обладают собственными ярко выраженными физико-химическими свойствами (нержавеющие, немагнитные и др.). Поскольку они однофазны, их нельзя упрочнять закалкой, они обычно упрочняются пластической деформацией (наклепом).

Процессы, протекающие при термической обработке легированных сталей те же, что и в углеродистых, но при назначении режима термической обработки необходимо учитывать ряд факторов. Легированные стали можно закалывать в масле, расплавленных солях и т.п.; у них меньше критическая скорость закалки (так как почти все легирующие элементы сдвигают кривые изотермического распада аустенита вправо). Это является их большим достоинством, так как при одинаковой прочности получается повышенная вязкость. Следует отчетливо понять, что чем меньше критическая скорость закалки, тем больше прокаливаемость стали, и при одной и той же скорости охлаждения, например в масле, будет больше глубина закаленного слоя. Поэтому у легированных сталей в значительно большем сечении можно получить равнопрочную одинаковую по строению структуру (см. раздел 6.2).

Необходимо знать классификацию легированных сталей и чугунов по различным признакам и их маркировку, уметь правильно определить по марке стали и чугуна их химический состав и примерное назначение.

Вопросы для самопроверки

1. Как влияют легирующие элементы на критические точки и линии диаграммы железо—цементит?
2. Как влияют легирующие элементы на механические свойства стали?
3. Как влияют легирующие элементы на мартенситную точку и какое это имеет практическое значение?
4. Какое практическое значение имеет возможность закаливания легированных сталей в масле?
5. Почему структура высоколегированных сталей может значительно отличаться от углеродистых?
6. Как влияет легирование стали на размеры и массу деталей машин и оборудования?

7.1.2. Современные легированные стали и сплавы

Изучение этого раздела начните с рассмотрения общих признаков классификации сталей и особенностей их буквенно-цифровой маркировки. Научитесь правильно читать марку стали или сплава в соответствии с написанной маркировкой, и, наоборот, писать маркировку по предложенному химическому составу.

Изучая конструкционные и инструментальные, стали, уясните цель легирования, преимущества легированных сталей перед углеродистыми. Основная цель легирования конструкционных сталей увеличение их прокаливаемости. Сталь должна обеспечить прокаливаемость в рабочем сечении детали, т.е. в том сечении, на которое действуют нагрузки. Обычно чем больше действующие нагрузки и чем больше сечение детали, тем более легирована сталь. Как правило, стали, содержащие до 0,25% углерода, подвергают цементации или нитроцементации с последующей закалкой и низким отпуском. Их так и называют - цементируемые. Их используют для деталей, которые работают с ударными нагрузками и подвергаются истиранию. Детали из сталей, содержащие 0,35-0,5% углерода, подвергающиеся действию больших нагрузок, подвергают улучшению, т.е. закалке и высокому отпуску. Называются они улучшаемые. Если такие детали подвергаются также истиранию, то им дается поверхностное упрочнение (чаще всего закалка токами высокой частоты или азотирование). Отметьте для себя, что азотированию подвергают специальный класс азотируемых сталей.

Стали содержащие 0,55—0,65% углерода, идут обычно на изготовление пружин и рессор. Их подвергают закалке и среднему отпуску или изотермической закалке. В зависимости от легирования рессорно-пружинные стали могут быть общего и специального назначения. Особую группу по составу и маркировке занимают шарикоподшипниковые стали, для которых важным считается сопротивление малым пластическим деформациям.

Основное достоинство легированных инструментальных сталей - возможность их закалки в масле или расплавленных солях, так как при этом

возникают меньшие напряжения и коробления, меньшая хрупкость. Выбор инструментальных сталей делается с учетом термической обработки и в соответствии с областью их применения.

Инструмент из низколегированных сталей не может работать при большой скорости резания, так как при нагреве свыше 200—250°C резко падает твердость. Сохраняют твердость при нагреве до 500—600°C только быстрорежущие стали.

Нужно знать, что быстрорежущие стали маркируют по основному легирующему элементу - вольфраму. Например, в марке P18 цифра показывает его процентное содержание. Обратите внимание на особенности термической обработки быстрорежущих сталей. Если правильно провести термическую обработку, то во время работы твердость инструмента длительно сохраняется вплоть до температуры 600° С (краснотойкость). Помните, что после высокого отпуска твердость быстрорежущей стали повышается, так как в результате отпуска остаточный аустенит переходит в мартенсит. Для штамповых инструментов используют среднеуглеродистые легированные и высоколегированные стали с большой глубиной прокаливаемости. Причем, чем выше температура эксплуатации, тем выше степень легированности штамповых сталей. Особое место в классификации инструментальных материалов занимают твердые сплавы. Изучите основные виды литых твердых сплавов, их маркировку, свойства и область применения. Нужно знать преимущества применения твердых сплавов при обработке деталей и заготовок по сравнению с инструментальными сталями.

Изучая нержавеющие стали, нужно обращать внимание на содержание углерода и связывать их свойства со структурой. Однофазные сплавы значительно лучше сопротивляются коррозии, чем многофазные, поэтому, чем меньше в стали углерода, тем выше ее коррозионная стойкость. Внимательно разберите термическую обработку сталей. Цель закалки ряда низкоуглеродистых нержавеющих сталей - увеличение коррозионной стойкости, а не прочности. Твердость у них при закалке не увеличивается, так как нет превращений в твердом состоянии, но при нагреве карбиды переходят в твердый раствор, а при резком охлаждении не успевают выделиться и поэтому формируется однофазная структура. Прочность сталей типа 08X18H10T достигается нагартовкой. т.е. в результате пластической деформации.

Разбирая жаростойкие и жаропрочные стали, следует иметь в виду, что это всегда сложнолегированные стали, которые содержат много элементов и в большом количестве. Окалиностойкость в основном зависит от химического состава, жаропрочность - от многих факторов. Термическая обработка выбирается в зависимости от условий работы деталей.

Изучите стали и сплавы с определенным коэффициентом линейного расширения и стали с особыми физико-химическими свойствами. Нужно обращать внимание на их химический состав, термическую обработку, если она производится, и область применения каждого сплава.

Вопросы для самопроверки

1. Что понимают под улучшением? Какие для этого используют стали?
2. Выберите марки сталей для рессоры и штампа горячего деформирования.
3. Укажите особенности термической обработки быстрорежущих сталей.
4. Как упрочняются стали типа 08X18H10T?
5. Укажите область применения сплавов с заданным коэффициентом линейного расширения.
6. Какова область применения литых твердых сплавов?
7. В чем преимущества получения инструмента с пластинами из твердых сплавов?

7.1.3. Основы рационального выбора материалов в машиностроении

Выбор стали для изготовления той или другой детали машин и метод ее упрочнения определяется уровнем требуемой конструкционной прочности, технологичностью механической, термической, химико-термической обработок, объемом производства, дефицитностью, стоимостью материала и себестоимостью упрочняющей обработки. В связи с этим, при изучении этой темы необходимо исходить из следующих общих требований:

Эксплуатационные требования. Необходимо понять, что сталь должна удовлетворять условиям работы детали в машине, т.е. обеспечивать заданную конструкционную прочность, определенную расчетом в процессе конструирования. Однако необходимо учитывать, что этих данных, какими бы точными расчеты не были, чаще всего недостаточно для определения надежности работы детали в изделии. Уясните для себя, что только стендовые испытания позволяют с определенной достоверностью прогнозировать работоспособность детали на весь требуемый ресурс работы. В процессе таких испытаний можно установить комплекс прочностных и других параметров, которые находятся в наибольшей корреляции с эксплуатационными свойствами детали. Запомните, что при выборе материала для конкретных условий работы помимо стандартных механических свойств, определенных при статических испытаниях, необходимо учитывать ряд критериев, характеризующих экстремальное воздействие внешней среды. Другими словами, надежность и долговечность деталей машин невозможно обеспечить только повышением запасов статической прочности, т.е. снижением их номинальной напряженности и увеличением сечения. Найдите основные критерии работоспособности, обеспечивающие комплекс специальных свойств, определите их физический смысл и степень влияния в зависимости от внешних условий. Это позволит понять возникновение возможных отказов (внезапных, постепенных, конструктивных, эксплуатационных) и найти пути их устранения за счет выбора соответствующего материала по составу.

Технологические требования. Необходимо понять, что сталь должна удовлетворять требованиям минимальной трудоемкости изготовления детали. Изучите, что понимается под технологичностью материала.

Рассмотрите, как выбирается состав стали в зависимости от последующего формообразования.

Экономические требования. Здесь необходимо сопоставить практическую значимость с экономической целесообразностью выбора стали для изготовления конкретной детали. При этом необходимо учитывать, что материал должен быть возможно дешевле, с учетом всех затрат, включающих не только стоимость стали, но и изготовление деталей с учетом последующей долговечности в изделии. Стоимость материалов резко различна в зависимости от металла основы и системы легирования. Уясните, что применение легированной стали оправдано только в том случае, если оно дает экономический эффект за счет повышения долговечности деталей и уменьшения расхода запасных частей и, таким образом, экономии металлопроката.

При выборе стали или сплава для конкретной детали необходимо различать необходимость упрочнения. Определите, в каких условиях можно пойти на использование более дешевых материалов за счет применения одной из поверхностно упрочняющих технологий. Научитесь выбирать способ поверхностного упрочнения в зависимости от предполагаемых условий эксплуатации.

7.2. Цветные металлы и их сплавы

Цветные металлы составляют довольно большую группу веществ из периодической системы элементов Д.И. Менделеева, однако наибольшее распространение в промышленности получили такие металлы как медь, алюминий, магний, титан, олово, свинец, цинк и никель. Эти металлы используются и как легирующие добавки в производстве специальных сталей и сплавов, так и самостоятельно, главным образом в виде сплавов. Кратко рассмотрите особенности применения этих металлов в различных отраслях техники, уделив особое внимание на взаимосвязь свойств с чистотой очистки их от примесей.

Затем более подробно рассмотрите свойства и применение сплавов на основе меди и алюминия. Эти металлы наиболее широко используют для производства цветных сплавов. Составьте классификацию этих сплавов в зависимости от легирования и назначения. Разберите принципы маркировки медных и алюминиевых сплавов.

Обратите внимание, что эти сплавы можно использовать как в термообработанном состоянии, так и без термообработки. Разберитесь, для каких сплавов упрочняющая обработка обязательна и почему. Ознакомьтесь с использованием порошков цветных металлов в качестве сырья для производства изделий методами порошковой металлургии.

Вопросы для самопроверки

1. Сравните основные свойства алюминия, магния, меди, титана. Назовите области применения этих металлов в машиностроении.
2. Какие алюминиевые сплавы упрочняются путем термической обработки ? В чем сущность явления старения дуралюминов?
3. Какие алюминиевые сплавы упрочняются нагартовкой?
4. Какие известны вам литейные алюминиевые сплавы? В чем сущность процесса модифицирования таких сплавов ?
5. Укажите марки, состав, обработку, свойства и назначение магниевых сплавов.
6. Как классифицируются медные сплавы ? Маркировка, составы и применение бронз и латуней.
7. Каковы требования, предъявляемые к антифрикционным сплавам ?
8. Укажите структуру и свойства баббита марки Б83.
9. Какие достоинства имеют титановые сплавы по сравнению с алюминиевыми ? Назовите области применения титановых сплавов.

ОБЩАЯ СХЕМА ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Ниже приводится 30 вариантов контрольных работ, каждая из которых состоит из разработки технологии изготовления конкретной детали и трех задач по различным разделам курса. Номер варианта работы, выполняемой слушателем, должен соответствовать порядковому номеру его фамилии в журнале группы. Работа оформляется на стандартном листе формата А4 и должна сопровождаться чертежами, схемами, таблицами, иллюстрирующими текст (по мере необходимости). Пример оформления титульного листа приведен в прил. 1.

При выполнении работы вам дается полная самостоятельность в выборе материала детали и дальнейшей его обработки на основе известных методов. Особое внимание следует уделить обоснованию выбора материала и способу его получения. Примерный вариант решения задач приведен в приложении 2.

Обязательно оставьте поля для замечаний преподавателя. Если вы пользуетесь какой-либо литературой, то следует указать номер источника в списке использованной литературы. При ссылке на таблицу или рисунок также указать номер источника. Выполненная работа должна быть подписана автором.

ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Вариант 1

Опишите технологический процесс производства валов длиной 1000 мм и диаметром 150 мм (вал ответственного назначения).

Задача 1

Зубчатые колеса в зависимости от условий работы и возникающих напряжений можно изготавливать из стали обыкновенного качества, качественной углеродистой и легированной с различным содержанием легирующих элементов. Выберите, руководствуясь техническими и экономическими соображениями, сталь для изготовления колес диаметром 50 мм и высотой 30 мм с пределом текучести не ниже 360...380 МПа. Укажите термическую обработку колес, механические свойства и структуру выбранной стали в готовом изделии и для сравнения механические свойства и структуру сталей 45 и 40ХН после улучшающей термической обработки.

Задача 2

Выберите сталь для червячных фрез, обрабатывающих конструкционные стали твердостью НВ 220...240. Объясните причины, по которым для этого назначения нецелесообразно использовать углеродистую сталь У12 с высокой твердостью (63...65 HRC). Рекомендуйте режим термической обработки фрез из выбранной быстрорежущей стали, приняв,

что фрезы изготовлены из проката диаметром 40 мм. Опишите получаемую структуру и возможный комплекс эксплуатационных свойств.

Задача 3

Выберите марку стали для изготовления крепежных болтов, если их обрабатывают на быстроходных станках-автоматах, на которых надо обеспечить максимальную производительность резания и получить высокую чистоту обрабатываемой поверхности; болты не воспринимают в конструкции значительных нагрузок, но работают в агрессивной среде. Укажите марку, химический состав, механические свойства и назначение стали этого типа. Объясните влияние отдельных элементов, присутствующих в этой стали, на формирование заданного комплекса эксплуатационных свойств.

Приведите для сравнения состав, структуру и механические свойства цветного сплава высокой обрабатываемости, применяемого для аналогичного назначения. Объясните, в каких случаях следует применять тот или иной из выбранных материалов и почему.

Вариант 2

Опишите технологический процесс производства гладкого ступенчатого шлицевого вала ответственного назначения длиной 1500 мм и с максимальным диаметром 250 мм.

Задача 1

Выберите сталь для изготовления валов диаметром 50 мм для двух редукторов. По расчету сталь для одного из валов должна иметь предел текучести не ниже 350 МПа, а для другого - не ниже 500 МПа. Укажите: состав и марку выбранных сталей; рекомендуемый режим термической обработки; структуру после каждой операции термической обработки; механические свойства в готовом изделии. Можно ли применять углеродистую сталь обыкновенного качества для изготовления валов требуемого сечения и прочности?

Задача 2

Завод должен изготовить долбяки для обработки с динамическими нагрузками конструкционных сталей твердостью HB 200...230. Выберите марку быстрорежущей стали, наиболее пригодной для этого назначения, рекомендуйте режим термической обработки и укажите структуру и свойства (для долбяков наружным диаметром 60 мм). Предложите режим упрочняющей химико-термической обработки.

Задача 3

Козырьки и черпаки землечерпательных машин, изготовленные из углеродистой стали, быстро изнашиваются при интенсивной работе по грунту. Применение легированной стали с аустенитной структурой, обладающей повышенной износостойкостью при ударных нагрузках, позволяет повысить стойкость козырьков и черпаков в несколько раз. Приведите химический состав стали, применяемой для этого, а также режим

термической обработки, структуру свойства и объясните причины повышенной износостойкости в указанных условиях эксплуатации.

Вариант 3

Опишите технологический процесс производства листовых рессор грузового автомобиля.

Задача 1

Коленчатые валы диаметром 80 мм, работающие при повышенных напряжениях, изготавливают на одном заводе из качественной углеродистой стали а на другом те же валы, но диаметром 120 мм - из легированной стали. Какие стали следует применять для этой цели? Укажите их химический состав и марки. Рекомендуйте режим закалки и отпуска и сопоставьте механические свойства, которые могут обеспечить углеродистая качественная и легированная стали выбранных марок для валов указанных диаметров.

Задача 2

Завод изготавливал протяжки из высоковольфрамовой стали P18. Укажите, можно ли использовать для протяжек менее легированную, а, следовательно, экономичную быстрорежущую сталь. Выберите марку стали для протяжек, пригодных для обработки резанием конструкционных сталей твердостью до HB250, укажите ее термическую обработку, структуру и свойства для случаев, когда протяжки изготавливают из проката диаметром 40 и 85 мм.

Задача 3

Щеки и шары машин для дробления руды и камней работают в условиях повышенного абразивного износа, сопровождаемого ударами. Выберите сталь для изготовления щек и шаров, укажите ее химический состав и свойства, в том числе обрабатываемость резанием на станках и поведение в работе. Рекомендуйте наиболее эффективный технологический процесс изготовления и режим термической обработки щек и шаров. Укажите структуру стали в готовом изделии.

Вариант 4

Опишите технологический процесс производства диаметром 150 мм и зубчатых колес шириной 30 мм для коробки передач легкового автомобиля.

Задача 1

Выберите сталь для изготовления тяжело нагруженных коленчатых валов диаметром 60 мм: временное сопротивление должно быть не ниже 750 МПа. Рекомендуйте состав и марку стали, режим термической обработки. Определите структуру и механические свойства после закалки и после отпуска.

Предложите и обоснуйте режим упрочняющей обработки для повышения износостойкости опорных шеек вала.

Задача 2

Завод изготавливает червячные фрезы двух размеров: наружным диаметром 30 мм и 80 мм из катаной быстрорежущей стали соответствующего профиля. Выберите марку быстрорежущей стали умеренной теплостойкости и рекомендуйте режим термической обработки. Укажите способ химико-термической обработки, позволяющей дополнительно повысить стойкость фрез. Объясните, в чем заключается различие в структуре и свойствах быстрорежущей стали из проката диаметром 30 - 32 и 80 - 82 мм.

Задача 3

Завод изготавливает среднемодульные цилиндрические зубчатые колеса из стали 45 и упрочняет их способом индукционной закалки при поверхностном нагреве. Однако впадина зубьев при такой обработке не закаливается, что сокращает срок службы колес. Рекомендуйте: марку стали и обработку, обеспечивающую закалку зубчатых колес по всему контуру, а следовательно, с упрочнением зубьев по всей их поверхности; приведите для сравнения состав углеродистой или низколегированной стали, пригодной для изготовления зубчатых колес, упрочняемых методом химико-термической обработки.

Вариант 5

Опишите технологический процесс изготовления крупномодульных шестеренок с наружным диаметром 1000 мм и количеством зубьев, равным 70. Шестерни работают без защитных кожухов на открытом воздухе в интервале температур от -30° до $+30^{\circ}$ С.

Задача 1

Завод должен изготовить три вала двигателей. Они должны иметь временное сопротивление растяжению не ниже 750 МПа. Однако первый вал имеет диаметр 35 мм, второй 50 мм и третий 120 мм. Выберите сталь (стали) для изготовления валов, обоснуйте сделанный выбор, рекомендуйте режим термической обработки и укажите структуру и механические свойства в готовом вале.

Задача 2

Инструменты из быстрорежущих сталей имеют недостаточную стойкость при резании с повышенной скоростью (более 80...100 м/мин). Определите марку инструментальных сплавов, пригодных для резания с высокой скоростью сталей и чугунов. Укажите состав, структуру и свойства выбранных сплавов и сопоставьте их с аналогичными свойствами быстрорежущих сталей. Объясните причины, по которым для обработки стали следует выбирать сплав другого состава, чем для обработки чугуна.

Задача 3

В шестернях, изготовленных из стали 40Х и обработанных на твердость HRC 40...42, в процессе эксплуатации при повышенных напряжениях, в том числе динамических нагрузках, возникали трещины при

низких температурах в условиях севера. Объясните причины, вызывающие этот брак, и рекомендуйте марку хладостойкой улучшаемой стали, вязкость которой мало уменьшается при понижении температуры с $+20^{\circ}$ и до -60°C .

Вариант 6

Опишите технологический процесс изготовления режущих пластин токарного обрезающего резца, работающего с заготовками диаметром 60 мм; материал заготовки – сталь 45.

Задача 1

На заводе изготавливали валы двигателей внутреннего сгорания диаметром 60 мм из стали с пределом текучести 200...230 МПа и относительным удлинением 20...22%. В дальнейшем был получен заказ на валы такого же диаметра для более мощных двигателей. Завод должен был гарантировать для валов одного типа предел текучести $\sigma_{0,2}$ не ниже 600 МПа и ударную вязкость не ниже 600 кДж/м², а для валов другого типа $\sigma_{0,2}$ не ниже 800 МПа и ударную вязкость не ниже 800 кДж/м².

Укажите стали, режим термической обработки, структуру и механические свойства после окончательной обработки. Укажите, как изменится отношение $\sigma_{0,2}/\sigma_B$ у выбранных сталей в результате выполнения улучшающей термической обработки.

Задача 2

В распоряжении завода, имеются быстрорежущие стали двух марок: вольфрамомолибденовая Р6М5 и кобальтовая Р9М4К8. Объясните различие в основных свойствах этих сталей и рекомендуйте оптимальное назначение каждой из них. Укажите термическую обработку этих сталей и их структуру и свойства в готовых инструментах диаметром 20 и 60 мм.

Задача 3

Рекомендуйте состав (марку) стали и способ ее металлургического передела для шестерен ответственного назначения в механизмах, работающих при температурах от -60 до $+60^{\circ}\text{C}$. Предел текучести должен быть не ниже 750...800 МПа. Объясните, какие факторы способствуют понижению порога хладноломкости, и укажите режим термической обработки и механические свойства готового изделия.

Вариант 7

Опишите технологический процесс производства корпуса передней бабки токарного станка.

Задача 1

Шестерни подвергаются действию знакопеременных и ударных нагрузок и должны иметь максимально однородные свойства в продольном и поперечном направлениях. Их изготавливают в зависимости от типа

двигателя из стали с временным сопротивлением растяжению (σ_v) 700...750 МПа и 900...950 МПа. Ударная вязкость (КСУ) в обоих случаях должна быть не ниже 700...800 кДж/м². Выберите сталь для шестерен обоих типов, приведите состав, марку, режим термической обработки, микроструктуру и механические свойства в готовом изделии. Укажите последовательность операций ее изготовления, начиная с получения стали на машиностроительном заводе. Рекомендуйте операцию, позволяющую создать в стали однородное строение, а следовательно, однородные свойства в продольном и поперечном направлениях.

Задача 2

Протяжка диаметром 100 мм изготовлена из стали Р6М5. Поскольку протяжка эксплуатируется при небольшой скорости резания, представляется возможным заменить ее на другую, изготовленную из более дешевой нетеплостойкой стали. Выберите взамен стали Р6М5 другую. Опишите химический состав, структуру и свойства обеих сталей. Какие процессы ХТО можно использовать для повышения стойкости протяжек из названных сталей.

Задача 3

Детали холодильных машин во избежание хрупкого разрушения изготавливают из сталей и сплавов с пониженным порогом хладноломкости и соответственно повышенной вязкостью при низких температурах. Рекомендуйте состав стали для деталей холодильных машин, работающих при температурах от - 70 С и до -259 °С (в среде жидкого водорода). Объясните, какие различия в структуре, а, следовательно, и в составе должны быть между этими сталями.

Вариант 8

Опишите технологический процесс изготовления коленчатых валов длиной

1200 мм и диаметром 80 мм для двигателей внутреннего сгорания.

Задача 1

Завод изготавливает два типа зубчатых колес диаметром 60 мм и высотой 80 мм для работы в одинаковых условиях. Предел текучести ($\sigma_{0,2}$) должен быть не ниже 540...550 МПа.

Однако второй тип зубчатых колес отличается от первого более сложной формой зуба и поэтому шлифование их после упрочняющей обработки исключено. Выберите сталь для зубчатых колес указанных двух типов и приведите состав и марку, учитывая технологические особенности термической обработки и необходимость предотвращения деформации и образования трещин при закалке. Обоснуйте сделанный выбор стали, рекомендуйте режим термической обработки и укажите механические свойства в готовом изделии.

Задача 2

Метчики диаметром 10 мм, изготовленные из стали ХВГ, подвергают

высокоскоростному упрочнению на автоматической установке (упрочняют только режущие кромки). Назовите этот метод упрочнения, опишите его достоинства и недостатки, укажите режим упрочнения, структуру и свойства сердцевины и поверхности метчика после упрочнения. Сопоставьте получаемые эксплуатационные свойства со свойствами стали после стандартной термической обработки.

Задача 3

Для изготовления пружин приборов завод применяет сталь 60С2ХА, обрабатываемую на твердость HRC 40...44. Однако пружины из этой стали при нагреве даже в области климатических температур изменяют свои характеристики в связи с изменением модуля упругости. Это снижает точность работы приборов. Рекомендуйте сплав для изготовления пружин, модуль упругости которого почти не изменяется при температурах от -50 до +100°С. Сопоставьте режим упрочняющей обработки стали 60С2ХА и выбранного сплава.

Вариант 9

Разработайте технологический процесс изготовления вала длиной 200 мм, диаметром 80 мм, работающего на кручение.

Задача 1

Червяк редуктора диаметром 35 мм можно изготовить из цементуемой и нецементуемой стали. Обоснуйте, в каких случаях целесообразно применять цементуемую и в каких случаях нецементуемую сталь. Временное сопротивление растяжению (σ_B) в сердцевине детали должно быть 600... 700 МПа. Выберите марку цементуемой и нецементуемой углеродистой качественной стали. Укажите химический состав, рекомендуйте режим химико-термической и термической обработки и сопоставьте механические свойства стали обоих типов в готовом изделии.

Задача 2

Предложите материал для производства крупного молотового штампа с минимальным размером 300 мм, испытывающего при работе нагрев до 500°С. Опишите химический состав, режим упрочняющей термической обработки и структуру штампа по сечению. С помощью какого метода поверхностного упрочнения можно повысить работоспособность штампового инструмента.

Задача 3

Детали гидронасосов, в частности клапаны, изготавливали из стали 40Х. Однако в дальнейшем в новых более мощных насосах, в которых скорость движения потока жидкости резко возросла, поверхность клапанов из стали 40Х быстро разрушалась. Объясните причины, по которым это изменение условия службы вызвало разрушение клапанов, и какие явления этому способствовали. Рекомендуйте состав стали, стойкий в условиях большой скорости потока для насосов по перекачке морской воды..

Вариант 10

Разработайте технологический процесс изготовления станины токарного станка легкой серии.

Задача 1

Цех изготавливает зубчатые колеса диаметром 50 мм из цементуемой стали. Выберите сталь для двух зубчатых колес, работающих в условиях износа и удара при повышенных напряжениях.

Укажите химический состав выбранных сталей, рекомендуйте режим термической обработки, объясните назначение каждой операции термической обработки и ее влияние на структуру и свойства стали. Рекомендуйте толщину цементованного слоя для данной детали.

Задача 2

Пресс-форма для литья алюминиевых сплавов под давлением содержит около 0,4 % С; 0,3 % Мо; 1 % Si; 2,5 % W и 1 % V. Запишите марку стали, назовите режим ее термической обработки, структуру и свойства. Рекомендуйте режим упрочняющей ХТО, повышающей в 1,5...2 раза эксплуатационную стойкость пресс-формы.

Задача 3

Котлы многих тепловых электростанций работают при давлении пара 50 МПа и температуре 600 °С. В этом случае для котлов нужны стали с высоким сопротивлением ползучести. Укажите марку, химический состав и структуру стали, пригодной для работы в указанных условиях. Сравните характеристики выбранной стали со свойствами другой стали, обычно применяемой для котлов, работающих при 300...400 °С.

Вариант 11

Разработайте технологический процесс изготовления болтов, работающих на растяжение и удар в агрессивных газовых средах.

Задача 1

Станкостроительный завод изготавливает шпиндели токарных станков. Шпиндели работают с большой скоростью вращения в условиях повышенного износа, поэтому твердость в поверхностном слое должна быть HRC 58...62. Выберите стали для шпинделей диаметром 40 и 75 мм. Приведите состав и марку выбранной стали и рекомендуйте режим обработки, обеспечивающий получение заданной твердости в поверхностном слое в условиях скоростной термической обработки. Укажите структуру стали в поверхностных слоях и в сердцевине шпинделя, механические свойства сердцевины после окончательной термической обработки.

Задача 2

При токарной обработке заготовки из трудно обрабатываемого титанового сплава BT16 резцом из сплава ТТ10К8-Б возникла необходимость значительного повышения производительности механической обработки за счет увеличения скорости резания. При этом температура режущей кромки

инструмента возросла до 900°C. Предложите для изготовления резца неметаллический материал, который вполне удовлетворяет требованиям по красностойкости. Охарактеризуйте химический состав, строение, технологию получения и сферы применения всех вышеупомянутых материалов, их достоинства и недостатки.

Задача 3

Сталь, применяемая для пароперегревателей котлов высокого давления, должна сохранять повышенные механические свойства при длительных нагрузках при температурах порядка 500°C и иметь достаточно высокую пластичность для возможности выполнения холодной пластической деформации (гибки, завальцовки и т. п.) при сборке котла. Укажите химический состав, микроструктуру и механические свойства стали при комнатной и при повышенной температурах (400... 500 °С). Объясните основные отличия выбранной стали от углеродистой котельной стали.

Вариант 12

Разработайте технологический процесс получения крепежных шпилек длиной 1000мм и диаметром 35мм в крупносерийном производстве, работающих на растяжение при температурах до 300° С.

Задача 1

Заводу необходимо изготовить шпиндели для токарных станков, работающих в условиях износа, и для шлифовальных станков, которые, кроме того, должны обеспечить высокую точность обработки. Поэтому деформация шпинделей шлифовальных станков при окончательной термической обработке должна быть минимальной, а шпиндели, кроме того, должны иметь повышенную износостойкость. Выберите стали для шпинделей обоих типов и рекомендуйте режим термической обработки. Укажите структуру стали и твердость поверхностного слоя и сердцевины после окончательной обработки.

Задача 2

При выборе режущего инструмента и материала для изготовления на токарных станках-автоматах винтов М8 (шестигранник высотой 12 мм) токарь допустил ошибки и предложил использовать сталь 20 и твердосплавный резец Т30К4. В чем заключаются ошибки? Исправьте их. Обоснуйте выбор типоразмера, материала заготовки и режущего инструмента. Расшифруйте химический состав и укажите свойства выбранных материалов.

Задача 3

Многие детали установок расщепления нефти, в частности трубы печей, подвержены действию высоких температур. Выберите составы сталей для труб, не испытывающих больших нагрузок, но нагреваемых в работе до 250.. и 600 °С. Укажите режимы термической обработки и микроструктуры сталей.

Вариант 13

Разработайте технологический процесс изготовления молотового штампа горячего деформирования с размером грани больше 500 мм.

Задача 1

Палец шарнира диаметром 30 мм работает на изгиб и срез; он должен, кроме того, обладать высокой износостойкостью на поверхности и высоким сопротивлением хрупкому и вязкому разрушению в сердцевине. Выберите углеродистую сталь, приведите ее состав и марку, рекомендуйте режим химико-термической и термической обработки и укажите структуру, механические свойства в сердцевине и твердость на поверхности после окончательной обработки. Укажите также желательную толщину твердого поверхностного слоя.

Задача 2

Какую из сталей (У8; ХС, Х12М) следует выбрать для изготовления крупного вырубного штампа? Обоснуйте выбор, укажите химический состав, термическую обработку, структуру и свойства выбранной стали. Как осуществляют доводку штампа? Какую технологию можно предложить для увеличения работоспособности штампа.

Задача 3

Лопатки реактивных и турбореактивных двигателей работают в окислительной среде при высоких температурах (до 800-900°C). Сплавы, из которых изготавливают эти детали, должны обладать повышенной коррозионной стойкостью (окалиностойкостью), высоким сопротивлением ползучести, длительной прочностью при указанных температурах. Выберите состав сплава, укажите методы термической обработки и приведите изменение структуры и свойств после основных операций этой обработки.

Вариант 14

Разработайте технологический процесс изготовления сосудов емкостью до 1 м³ для хранения серной кислоты.

Задача 1

Конические зубчатые колеса диаметром 50 мм в электротележке работают в условиях динамических нагрузок и повышенного износа. По требованию конструктора сталь должна обладать высоким сопротивлением вязкому и хрупкому разрушению изделия в сердцевине.

Выберите углеродистую цементуемую сталь, укажите состав, рекомендуйте режим термической обработки для получения максимальной вязкости в сердцевине изделия, если цементация выполняется в твердом карбюризаторе. Одновременно для сравнения укажите режим химико-термической обработки и в газовой среде. Укажите механические свойства стали в сердцевине изделия и твердость на поверхности после окончательной термической обработки и объясните, целесообразно ли применение для этой цели стали обыкновенного качества.

Задача 2

Инструмент (зубило и топор) изготовлены из стали У7 и должны иметь в рабочей части микроструктуру троостита, обеспечивающего достаточно высокую твердость, а также относительно мягкую нерабочую часть. Приведите режим и технологию упрочняющей обработки, обеспечивающие указанные требования. Объясните, почему для названного инструмента не подходят стали У13 и 13Х. Назовите сферы применения всех названных сталей.

Задача 3

Многие детали паровых турбин, например, лопатки, работают при повышенных температурах (400...500°С) и в условиях воздействия пара и влаги. Сталь для этого назначения должна обладать устойчивостью против ползучести и коррозии. Выберите марку стали для лопаток и укажите ее химический состав, а также режим термической обработки и микроструктуру в готовом изделии. Приведите механические свойства выбранной стали при 20° и 500° С; сравните их по свойствам с углеродистой качественной сталью, имеющей одинаковое содержание углерода.

Вариант 15

Разработайте технологический процесс изготовления траков гусениц тракторов.

Задача 1

Заводу нужно изготовить зубчатые колеса сложной формы диаметром 50 мм и высотой 100 мм. Они должны иметь твердость на поверхности не ниже HRC 58...60, а в сердцевине временное сопротивление растяжению (σ_B) не ниже 400 МПа и ударную вязкость (КСУ) не ниже 500...600 кДж/м². Завод изготовил первую партию зубчатых колес из углеродистой цементуемой стали, однако некоторые зубчатые колеса получили деформацию при закалке. Выберите сталь и рекомендуйте режим термической обработки после цементации для получения заданных механических свойств и предупреждения брака по деформации. Укажите структуру стали в сердцевине и поверхностном слое после окончательной обработки и причины, вызывающие деформацию при закалке.

Задача 2

Станочный копир, для которого необходимы высокая твердость, износостойкость и повышенное сопротивление усталости, изготовили из стали, содержащей около 0,38 % С; 1,5 % Cr; 0,9 % Al и 0,2 % Mo. Определите марку стали, предложите и опишите технологию упрочнения копира, обеспечивающую высокую твердость поверхностного слоя (не менее HRC GS...68).

Задача 3

Рабочие и сопловые лопатки особо мощных реактивных двигателей кратковременного действия работают в сильно окислительной газовой среде при высоких напряжениях и температурах (1000...1200°С). Сплавы, из которых изготавливают эти детали, должны обладать повышенной

коррозионной стойкостью, высокими характеристиками кратковременной прочности при указанных условиях эксплуатации. Выберите сплавы для названных изделий, укажите их состав и свойства, а также приведите методы защиты изделий от окисления.

Вариант 16

Разработайте технологический процесс изготовления выхлопного сопла реактивного двигателя.

Задача 1

Стаканы цилиндров мощных дизелей должны иметь особо повышенную износостойкость и высокую твердость рабочих поверхностей, при обеспечении высоких значений механических свойств и в сердцевине деталей (предел текучее $\sigma_{0.2}$ должен быть не менее 750 МПа). Укажите марку стали, применяемую для этих условий, и рекомендуйте режим термической и химико-термической обработки последний с учетом сокращения его продолжительности. Сопоставьте последовательность применяемых при этом термических операций и продолжительность химико-термической обработки с толщиной, структурой и твердостью поверхностного слоя.

Задача 2

Цех выполняет токарную обработку чугунных и стальных деталей с большой скоростью резания. Выберите сплавы для резцов, обеспечивающих высокую производительность обработки стали и чугуна. Приведите химический состав, структуру, твердость, прочность и теплостойкость и способ изготовления этих сплавов и сравните их с аналогичными характеристиками быстрорежущей стали.

Задача 3

Многие детали приборов и оборудования, которые устанавливаются на морских судах, должны быть устойчивыми не только против действия воды, водяных паров и атмосферного воздуха, но и против более сильного коррозирующего действия, морской воды. Подберите составы сталей, устойчивых против действия воды, водяных паров, влажного воздуха и морской воды. Укажите марки, химический состав, режимы термической обработки, микроструктуру и механические свойства выбранных сталей. Одновременно укажите химический состав и марку цветного сплава, устойчивого против действия морской воды и сравнить структуру, механические и физические свойства стали и цветного сплава выбранных составов.

Вариант 17

Разработайте технологический процесс изготовления инструмента (калибров) для контроля диаметров отверстий размером 35 мм.

Задача 1

Завод изготавливает коленчатые валы диаметром 35 мм; сталь в

готовом изделии должна иметь предел текучести не ниже 300 МПа и ударную вязкость (КСУ) не ниже 500 кДж/м². Кроме того, вал должен обладать повышенной износостойкостью не по всей поверхности, а только в шейках, т.е. в участках, сопряженных с подшипниками скольжения и работающих на истирание. Приведите марку стали, рекомендуйте режим термической обработки всего вала для получения заданных свойств и высокопроизводительный режим последующей термической обработки, повышающей твердость только в отдельных участках поверхности вала; укажите необходимое для этого оборудование. Приведите структуру и твердость стали в поверхностном слое шейки и в сердцевине вала.

Задача 2

При обработке стали твердостью более НВ 280... 300 резцы из быстрорежущей стали не имеют достаточной стойкости. Укажите состав сплава, обладающего более высокими режущими свойствами. Вследствие высокой стоимости и большей хрупкости такого сплава приведите способ изготовления составных резцов и укажите металл, из которого следует изготовить державку резца. Сопоставьте структуру, твердость, теплостойкость и способ изготовления выбранного сплава с аналогичными характеристиками быстрорежущей стали.

Задача 3

Многие детали корпуса гидросамолетов изготавливают из высокопрочной стали ($\sigma_{\text{в}}$ не менее 1200 МПа). По условиям эксплуатации эти детали должны быть, кроме того, устойчивы против коррозии в морской воде. Выберите марку стали, приведите ее химический состав, а также структуру и механические свойства после закалки. Приведите способ упрочняющей обработки выбранной стали для повышения предела прочности $\sigma_{\text{в}}$ до 1200 МПа. Укажите, как изменяются при этом другие механические свойства стали.

Вариант 18

Разработайте технологический процесс изготовления инструмента (волоки) для протяжки проволоки диаметром 5 мм из стали марки 65Г.

Задача 1

Многие крупные детали для железнодорожного транспорта, например автосцепки, изготавливают литыми. Для повышения механических свойств отливки подвергают термической обработке. Выберите марку стали и обоснуйте режим термической обработки, если временное сопротивление ($\sigma_{\text{в}}$) должно быть не ниже 350 МПа. Укажите структуру и механические свойства стали после литья и после термической обработки.

Задача 2

Выберите марку легированной инструментальной стали для изготовления круглых плашек, пригодных для нарезания резьбы на болтах из мягкой низкоуглеродистой стали. Укажите, режим термической обработки и способы защиты от обезуглероживания и окисления при нагреве для закалки.

Сравните химический состав, микроструктуру, основные свойства и область применения выбранной стали по сравнению с быстрорежущей.

Задача 3

Нержавеющая хромоникелевая сталь некоторых составов обладает хорошей стойкостью против действия ряда химических сред, но после сварки становится чувствительной к интеркристаллитной коррозии в зоне, прилегающей к сварному шву. Укажите химический состав, режим термической обработки и микроструктуру нержавеющей стали, стойкой против действия органических кислот. Поясните, какой легирующий элемент и в каком количестве должна содержать эта сталь для сохранения стойкости против межкристаллитной коррозии после сварки. Объясните причины, вызывающие межкристаллитную коррозию. Сравните состав, структуру, режим термической обработки, свойства и область применения стали выбранного состава с аналогичными характеристиками нержавеющей хромистой стали с таким же содержанием углерода.

Вариант 19

Разработайте технологический процесс изготовления пружин из бронзовой проволоки диаметром 3 мм для работы в большом диапазоне деформации. Размеры самой пружины выберите произвольно.

Задача 1

Направляющие станин станков изготавливают из чугуна. Однако, для повышения износостойкости, эти направляющие можно изготовить и из стали. Рекомендуйте состав стали для таких деталей и режим скоростной поверхностной упрочняющей обработки. Приведите значения твердости, которые при этом могут быть достигнуты. Для сравнения укажите марку чугуна, который используют для подобных деталей.

Задача 2

Измерительные инструменты (калибры, измерительные плиты) должны обладать высокой твердостью, хорошим сопротивлением износу и не должны изменять своих размеров с течением времени. Между тем изделия после закалки и низкого отпуска иногда обнаруживают незначительные изменения размеров во время эксплуатации, недопустимые для измерительных инструментов большой точности. Укажите причины, вызывающие эти изменения (старение), и приведите марку стали и режим термической обработки измерительных инструментов, значительно уменьшающий эффект старения.

Задача 3

Тросы самолетов, применяемые в условиях морской службы, должны обладать высоким пределом прочности (σ_B до 800...1000 МПа) и высокой стойкости против коррозии в морской воде. Укажите состав стали, устойчивой против коррозионного действия морской воды (без применения защитных покрытий), технологический процесс изготовления тросов, обеспечивающий получение высоких механических свойств в готовом тросе.

Сравните структуру, стойкость против коррозии и поведение при сварке стали выбранного состава с хромистой сталью с содержанием 14 % Cr и 0,1 % C.

Вариант 20

Разработайте технологический процесс изготовления стальных шариков диаметром 4 мм, работающих в подшипниках качения. Среда работы – индустриальное масло.

Задача 1

Рессоры грузового автомобиля изготавливают из качественной легированной стали толщиной до 10 мм. Сталь в готовой рессоре должна обладать высокими пределами текучести, выносливости и упругости. Рекомендуйте режим термической обработки, структуру и механические свойства, которые можно получить при правильном выборе состава стали и обработки рессоры. Объясните, как влияет состояние поверхности на качество рессоры, и укажите способ обработки поверхностного слоя, позволяющий повысить предел выносливости

Задача 2

На машиностроительном заводе изготавливают зубчатые колеса из прутков стали 40X, поставляемой металлургическим заводом с твердостью HB 160...180. Одна плавка стали, поставленная заводу, имела твердость HB 230...250. Для обработки стали повышенной твердости потребовалось снижение режимов резания, принятых на заводе. Укажите способ и режим термической обработки, позволяющий улучшить обрабатываемость резанием стали этой плавки. Приведите химический состав, структуру и режим термической обработки стали для фрез, пригодных для обработки стали 40X.

Задача 3

Завод изготавливает вибрационно-частотные датчики для контроля давления, скорости потока газа и жидкости и т.п. Упругие элементы датчиков изготавливали из низколегированной пружинной стали 50XФА с обработкой на твердость HRC 42...45. В дальнейшем завод должен изготавливать датчики для контроля параметров агрессивных окислительных сред, что требует применения коррозионностойкой ферромагнитной стали для упругих элементов датчиков. Укажите состав стали с возможно меньшим содержанием дорогих легирующих элементов и рекомендуйте режим упрочняющей термической обработки, обеспечивающий получение твердости HRC 40...45. Сопоставьте режим выбранной стали с режимом обработки пружинной стали 50XФА.

Вариант 21

Разработайте технологический процесс изготовления роликов диаметром 4 мм и длиной 20 мм, работающих в подшипниках качения. Среда работы - морская вода.

Задача 1

Рессоры трехтонного грузового автомобиля изготавливаются из листов стали 60С2 толщиной 10 мм, которые после закалки и отпуска должны получить высокую прочность по всему сечению. Для автомобиля большей грузоподъемности рессоры должны быть толщиной 20 мм, и тогда в стали 60С2 уже нельзя обеспечить равномерного упрочнения по всему сечению. Предложите другую сталь и укажите способ обработки поверхностного слоя, позволяющий повысить предел выносливости. Поясните, за счет чего повышается работоспособность рессор в этом случае.

Задача 2

Получение заготовок горячей штамповкой является производительным способом обработки. Выберите марку стали для изготовления крупного молотового штампа (размерами 500х400х400 мм); рекомендуйте режим обработки штампа и укажите микроструктуру и механические свойства после отпуска. Объясните, почему подобные штампы не следует изготавливать из углеродистой стали. Как можно повысить работоспособность такого штампа?

Задача 3

Обоснуйте выбор стали для изготовления упругого элемента торсионного вала диаметром 32 мм, который служит для опрокидывания кабины грузового автомобиля. Приведите режим окончательной термической обработки, получаемую после нее твердость и микроструктуру стали. Предложите простой и рациональный путь повышения предела выносливости и долговечности торсиона.

Вариант 22

Разработайте технологический процесс изготовления медицинского скальпеля.

Задача 1

В термическом цехе обрабатывают зубчатые колеса диаметром 30 мм, изготовленные из стали 20Х. Цех отказался от выполнения цементации в твердом карбюризаторе и наметил более производительный процесс газовой нитроцементации. Сравните условия и режим всего цикла химико-термической и термической обработки зубчатых колес в случае выполнения цементации в твердом карбюризаторе в нитроцементации. Требуемая толщина поверхностного твердого слоя 0,4.. 0,6 мм. Укажите микроструктуру и твердость поверхности и механические свойства в сердцевине после окончательной обработки.

Задача 2

Для пуансонов горячего выдавливания - операции, при которой штамп длительное время находится в соприкосновении с нагретым деформируемым металлом, необходимы теплостойкие штамповые стали. Выберите сталь для пуансонов выдавливания жаропрочных сплавов: для этих условий обработки штамповая сталь должна сохранять повышенные прочностные свойства при нагреве до 700 ~ 720 °С. Рекомендуйте режим термической обработки

штампов и структуру стали в готовом штампе.

Задача 3

Рессоры для грузового автомобиля малой грузоподъемности изготавливают из полосовой стали 55С2 толщиной 9 мм, которая после соответствующей термообработки (закалки и отпуска) приобретает необходимые свойства по всему сечению. Выберите марку стали для изготовления рессор толщиной 20 мм большегрузного автомобиля, которая после термообработки имела бы предел прочности при растяжении не менее 1800 МПа, предел текучести не менее 1600 МПа, ударную вязкость не менее 300 КДж/м². Обоснуйте выбор, расшифруйте химический состав стали, охарактеризуйте ее свойства и структуру после окончательной термообработки. Как обеспечить поверхностное упрочнение рессоры?

Вариант 23

Разработайте технологический процесс изготовления труб диаметром 400 мм для перемещения в них смеси «H₂O + речной песок».

Задача 1

Завод изготавливает зубчатые колеса:

- цементованные, имеющие временное сопротивление (σ_B) в сердцевине 650...700 МПа и ударную вязкость (КСУ) не менее 800 кДж/м²;
- азотированные, имеющее временное сопротивление в сердцевине 950...1000 МПа и ударную вязкость не менее 900 кДж/м²;
- из термически улучшенной стали с временным сопротивлением 900...1000 МПа и ударной вязкостью не ниже 600 кДж/м².

Выберите марки сталей. Приведите их химический состав, обработку и структуру, необходимые для получения указанных механических свойств.

Сравните режимы обработки и, учитывая свойства, полученные в готовом изделии, определите, для каких условий эксплуатации наиболее рационально использовать стали указанных выше свойств. При решении можно принять, что зубчатые колеса всех типов имеют одинаковые диаметр (50 мм) и высоту (80 мм).

Задача 2

Штампы холодной вырубki стальных листов должны иметь высокую износостойкость и, по возможности, хорошую вязкость. Выберите сталь для этого назначения и рекомендуйте термическую обработку, после которой приведите значения твердости и структуру полученной стали. Объясните, в каких штампах: с наименьшей стороной 50 или 90 мм сталь будет иметь более высокие прочность и вязкость и причины этого различия. Приведите также метод термической обработки (способ нагрева), который может обеспечить упрочнение отдельных участков режущей кромки штампа.

Задача 3

В химическом производстве для изготовления деталей центробежных насосов и емкостей, контактирующих с агрессивной средой (40 %-й водный раствор серной кислоты), успешно использовали аустенитную коррозионно-

стойкую сталь. Приведите марку кислотоупорной аустенитной коррозионно-стойкой стали, расшифруйте ее химический состав и объясните, какая термическая обработка обеспечит ее максимальную коррозионную стойкость. В связи с производственной необходимостью температуру среды потребовалось повысить до 200°C, вследствие чего резко снизилась коррозионная стойкость стали. Предложите и обоснуйте другую марку стали для этих условий эксплуатации или способ поверхностной защиты коррозионно-стойким покрытием.

Вариант 24

Разработайте технологический процесс изготовления подкрановой балки из двутавра с высокой полки 600 мм.

Задача 1

Завод проводит химико-термическую обработку массовых партий зубчатых колес диаметром 50 мм из стали 20 в термическом цехе. Зубчатые колеса поступали в термический цех из механического цеха, а затем вновь возвращались для окончательной обработки в механический цех. Для повышения производительности и сокращения длительности производственного цикла завод изменил марку стали и начал выполнять закалку с индукционного нагрева. Это позволило проводить термическую обработку непосредственно в потоке механического цеха. Приведите марку стали, из которой следует изготавливать зубчатые колеса, закаливаемые с индукционного нагрева. Укажите технологический режим обоих процессов термической обработки и сравните их по продолжительности операций.

Задача 2

Штампы для холодной чеканки медных сплавов и мягких сталей должны сочетать высокие твердость и сопротивление пластической деформации (что предупреждает преждевременное смятие и искажение рабочей фигуры штампа) с удовлетворительной вязкостью. Выберите марку стали для чеканочных штампов, укажите термическую обработку и структуру в готовом штампе. Объясните причины, по которым для этого назначения мало пригодны стали с высоким содержанием углерода ($\geq 1\%$).

Задача 3

Выберите сталь для шарикоподшипника, работающего в агрессивной среде (10%-м растворе азотной кислоты), назовите режим упрочняющей термической обработки и получаемую структуру. Объясните, почему сталь ШХ15 непригодна для таких условий работы. Приведите химический состав выбранной стали. Обоснуйте возможность изготовления деталей крупногабаритных шарикоподшипников, работающих в неагрессивных средах, из цементуемых легированных сталей.

Вариант 25

Разработайте технологический процесс изготовления труб диаметром 200 мм. По трубе перемешается кислород под давлением.

Задача 1

Поршневые пальцы диаметром 30 мм и длиной 50 мм должны иметь по условиям работы вязкую сердцевину и твердую поверхность; хорошо сопротивляющуюся износу (HRC 58...62). Укажите режим обработки, обеспечивающий получение требуемых свойств, если пальцы изготавливают массовыми партиями из сталей 20 и 45. Приведите химический состав сталей 20 и 45 и сравните продолжительность выдержки изделий из стали 20 при цементации и из стали 45 при других способах обработки для получения поверхностного твердого слоя толщиной 0,8..1,0 мм. Укажите цикл всех операций термической обработки поршневых пальцев из этих сталей и механические свойства в сердцевине изделия из сталей 20 и 45.

Задача 2

Пневматические долота, применяемые при разработке горных пород, должны обладать относительно высокой твердостью (55...58 HRC) и износостойкостью, но вместе с тем должны иметь достаточную вязкость, так как они испытывают в работе ударные нагрузки. Укажите химический состав, марку углеродистой (для долот простой формы) и легированной сталей (для крупных долот сложной формы) и режим термической обработки, обеспечивающий получение требуемых структуры и твердости.

Задача 3

Выберите материал для изготовления впускных клапанов автомобильного двигателя внутреннего сгорания. Укажите химический состав выбранного материала, влияние легирующих элементов на окончательную термическую обработку клапана, структуру и свойства стали.

Вариант 26

Разработайте технологический процесс изготовления проволочного нагревателя диаметром 5 мм для камерной печи.

Задача 1

Стаканы цилиндров двигателей внутреннего сгорания с толщиной стенки 40 мм должны обладать высоким сопротивлением износу на поверхности. На заводе детали изготавливают из стали 20 с последующей цементацией и термической обработкой. В дальнейшем завод начал изготавливать цилиндры более ответственного назначения с повышенной износостойкостью и твердостью на поверхности не ниже HV 950... 1000. Эту твердость сталь должна сохранить при нагреве до 300...400° С. Укажите сталь, которую необходимо выбрать для этой цели, и изменения, которые следует внести в технологический процесс термической и, химико-термической обработки. Сравните оба процесса обработки по последовательности и продолжительности операций, а также механические

свойства и твердость на поверхности и в нижележащих слоях, получаемые в результате изменения химического состава стали и применения каждого из этих процессов.

Задача 2

Формы литья металлов под давлением нагреваются в рабочем слое до высоких температур и при каждой заливке жидкого металла подвергаются попеременному нагреву и охлаждению и эрозионному воздействию. Приведите марку стали, пригодную для форм литья под давлением алюминиевых сплавов, и охарактеризуйте ее устойчивость против образования трещин разгара. Рекомендуйте режимы термической обработки и укажите структуру и свойства стали в готовой форме.

Задача 3

Выберите материал для изготовления черпаков землеройных машин, работающих в условиях абразивного изнашивания и динамических нагрузок. Расшифруйте химический состав, охарактеризуйте механические и технологические свойства и приведите режим термической обработки стали, объясните причины ее самоупрочнения при работе.

Вариант 27

Разработайте технологический процесс прессования латунных труб с использованием полунепрерывного литья.

Задача 1

Для повышения износостойкости стаканов цилиндров мощных двигателей внутреннего сгорания применяют азотирование. Выберите сталь, пригодную для азотирования, приведите химический состав, рекомендуйте режим термической обработки и режим азотирования и укажите твердость поверхностного слоя и механические свойства нижележащих слоев в готовом изделии. Сравните: твердость, получаемую при азотировании с получаемой при цементации; температуры, до которых может быть сохранена высокая твердость азотированного и цементованного слоев, при каком из этих процессов меньше деформация детали. Укажите возможный состав и толщину азотированного слоя.

Задача 2

Машиностроительный завод изготавливает детали при различных условиях резания. Резцами с большой скоростью резания обрабатывается легированная сталь твердостью HB 300...350; резбовыми фрезами с умеренной скоростью - стали твердостью HB 200...220, плашками диаметром 60 мм с небольшой скоростью нарезается резьба на стали твердостью HB 120...140. Подберите марку сплава (стали), для каждого из этих инструментов, обоснуйте сделанный выбор и сравните микроструктуру и основные свойства выбранных материалов.

Задача 3

Выберите сплав для производства камер сгорания реактивных двигателей, испытывающих кратковременный нагрев в сильно

окислительной среде до температуры 1100...1200 °С. Укажите химический состав, структуру и свойства выбранного сплава. Предложите и обоснуйте режим термической обработки для получения заданных свойств. Обоснуйте выбор состава сплава, обеспечивающего максимальную жаростойкость.

Вариант 28

Разработайте технологический процесс глубокой вытяжки для получения стаканов толщиной 2 мм и высотой 250 мм из латуни марки Л68,

Задача 1

Несущие конструкции современных морских и речных судов должны иметь повышенные габариты и массу, если их изготавливают из углеродистой строительной стали обыкновенного качества. Выберите марку строительной стали с примерно таким же относительно низким содержанием углерода, но с пределом текучести в 1,5 раза более высоким, чем у стали марки Ст3, и хорошей свариваемостью. Объясните, какими путями может быть достигнуто указанное улучшение свойств.

Задача 2

Стальные стаканы цилиндров двигателей внутреннего сгорания изготавливают штамповкой в горячем состоянии. Внутренняя полость образуется путем прошивки - вдавливанием пуансона в нагретый металл, устанавливаемый в специальной матрице. Пуансон работает в условиях попеременного нагрева (при прошивке) и охлаждения (после прошивки). Укажите температуры штамповки (прошивки) заготовок, если их изготавливают из стали 50. Выберите марку стали для изготовления пуансона диаметром 40 мм, обоснуйте сделанный выбор; укажите режим термической обработки и структуру стали в готовом пуансоне.

Задача 3

Зубчатые колеса грузовых автомобилей изготавливают из стали 25ХГТ. Какой вид упрочняющей химико-термической обработки (цементацию или нитроцементацию) целесообразно применить? Расшифруйте химический состав стали, укажите достоинства и недостатки указанных способов упрочнения. Опишите структуру и свойства упрочненных зубчатых колес.

Вариант 29

Разработайте технологический процесс литья лопаток газовой турбины по выплавляемым моделям.

Задача 1

Кузов автомобиля изготавливают холодной штамповкой с вытяжкой стального листа. Выберите марку стали для листа. Укажите химический состав стали и особенности ее производства, обеспечивающие повышенную способность к значительной вытяжке.

Задача 2

Изделия из пластмасс изготавливают прессованием при невысоком нагреве (~150°C). Материал прессформы, в которую прессуется пластмасса,

должен обладать высокой износостойкостью. Выберите марки сталей и режимы упрочняющей обработки для двух пресс-форм небольших размеров простой формы и сложной формы. При этом учтите, что обрабатываемость стали резанием при механической обработке прессформы должна быть хорошей. Кроме того, деформация плоских прессформ при термической обработке должна быть минимальной. Укажите структуру и механические свойства сталей в готовом изделии.

Задача 3

Для изготовления некоторых деталей драги, работающей в северных условиях, первоначально применяли нормализованную сталь ВСтЗкп. При понижении температуры воздуха до -50°C резко участились случаи поломок названных деталей. Объясните причины поломок деталей, их зависимость от химического состава стали и термической обработки. Предложите марку стали для замены ВСтЗкп. Рекомендуйте режим термической обработки выбранной стали, опишите структуру, поясните понятие «северная сталь».

Вариант 30

Разработайте технологический процесс изготовления чугунных водонапорных труб диаметром 200 мм методом центробежного литья.

Задача 1

В термическом цехе обрабатывают зубчатые колеса диаметром 30 мм из стали 20Х. Цех отказался от выполнения цементации в твердом карбюризаторе и наметил более прогрессивный процесс газовой нитроцементации. Сравните условия и режим всего цикла химико-термической и термической обработки зубчатых колес в случае выполнения цементации в твердом карбюризаторе и газовой нитроцементации. Требуемая толщина поверхностного слоя 0,4...0,6 мм. Укажите микроструктуру и твердость на поверхности и механические свойства в сердцевине после окончательной обработки.

Задача 2

Выберите марку стали для изготовления топоров. Лезвие топора не должно сминаться или выкрашиваться в процессе работы, поэтому оно должно иметь твердость в пределах 50...55 HRC на высоту не более 30...40 мм; остальная часть топора не подвергается закалке и должна иметь более низкую твердость. Укажите химический состав стали, режим термической обработки, обеспечивающий получение твердости в пределах 50...55 HRC, а также способ закалки, позволяющий получить эту твердость только в лезвии топора. Сравните виды структур в разных зонах топора по высоте.

Задача 3

Предложите марку недорогой стали для изготовления тяжелоагрессивных зубчатых колес с модулем зуба 6...7, а также технологию ее упрочнения, обеспечивающую твердость поверхностного слоя 58...62 HRC и сердцевины не менее 35 HRC. Следует учесть, что колесо имеет диаметр 350 мм, высоту 50 мм и эксплуатируется в условиях запыленности при воздействии слабоагрессивных сред.

Литература

Основная:

1. Колесов С.Н., Колесов И.С. Материаловедение и технология конструкционных материалов. - М.: Высшая шк., 2004.-519с.
2. Пейсахов А.М., Кугер А.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов. - СПб.: Изд-во Михайлова, 2004.-407с.
3. Материаловедение: Учеб. для вузов. Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Н. Мулин и др. – М.: МГТУ им. Баумана, 2004.-648с.
4. Арзамасов Б.П., Крашенников А.И., Пастухова Ж.П. Научные основы материаловедения: Учеб. для вузов. - М.: Изд-во МВТУ им. Баумана, 1994.-336с.
5. Банных О.А., Александров Н.Н. Стали. Чугуны. -- М.: Машиностроение, 2000. – 780 с.
6. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия: Учеб. для вузов. - М.: Металлургия, 1998-758с.
7. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: Учеб. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1990. – 527 с.
8. Материаловедение и технология металлов: Учеб./Под ред. Г.П. Фетисова. -М.: Высш. шк., 1990-640с.
9. Технология металлов и материаловедение/ Б.В. Кноров, Л.Ф. Усова, А.В. Третьяков и др.: Под ред. Л.Ф. Усовой. - М.: Металлургия, 1987.-800с.

Дополнительная:

- 10.Аморфные сплавы/ А.И. Манохин, Б.С. Митин и др. - М: Металлургия, 1984-165с.
- 11.Афонькин М.Г., Магницкая М.В. Производство заготовок в машиностроении. -Л.: Машиностроение, 1987.-256с.
- 12.Гребенник В.М., Гордиенко А.В., Цапко В.К. Повышение надежности металлургического оборудования: Справ. -М: Металлургия, 1988.- 688с.
- 13.Гуляев А.П. Металловедение. - М.: Металлургия, 1987.-647с.
- 14.Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали: Учеб. для вузов. -М.: Металлургия, 1985-408с.
- 15.Журавлев В.Н., Николаева О.И. Машиностроительные стали: Справ. 3-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1981.-391с.
- 16.Захарова А.М. Промышленные основы цветных металлов. - М.: Металлургия, 1980.-225с.
- 17.Конструкционные материалы: Справ./Под ред. Б.Н. Арзамасова. - М.: Машиностроение, 1990.-687с.
- 18.Лахтин Ю.М. Материаловедение и термическая обработка металлов: Учеб. для вузов. - М.: Металлургия, 1983.-389с.
- 19.Марочник сталей и сплавов/ Под ред. В.Г. Сорокина. - М: Машиностроение, 1989.-640с.
- 20.Травин О.В., Травина Н.Т. Материаловедение: Учеб. для вузов. - М.: Металлургия, 1989.-383с.

- 21.Металловедение и технология металлов: Учеб. для вузов/ Ю.П. Солнцев, В.А. Беленов, В.П. Деменцевич и др. -М.: Metallurgy, 1988.-512с.
- 22.МозбергР.К. Материаловедение: Учеб. пособие. -М.: Высш.шк.,1991-.448с.
- 23.Геллер Ю.А. Инструментальные стали. - М.: Metallurgy, 1975.-584с.
- 24.Дубинин Г.Н., Танананов А.И. Авиационное материаловедение. - М. : Машиностроение, 1988.-320с.
- 25.Композиционные материалы: Справочник/В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др. - М.: Машиностроение, 1990.-512с.
- 26.Сомов А.К., Тихоновский М.А. Эвтектические композиции. - М.; Metallurgy, 1975.-304с.
- 27.Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справ./ Г.В. Борисенко, Л.А. Васильев, А.Г. Ворошин и др. -М.: Metallurgy, 1981.-424с.
- 28.Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. - М.: Metallurgy, 1980.-495с.
- 29.Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. Учебник для вузов /Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. –М.: МИСИС, 2001.- 416с.

Пример оформления титульного листа

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

Уральский институт Государственной противопожарной службы

Контрольная работа
По дисциплине
«Материаловедение и технология материалов»

выполнил:
слушатель группы

проверил:
доктор технических наук
профессор

Б.Н. Гузанов

Екатеринбург
2005

Пример разработки технологического процесса

Опишите техпроцесс производства проволоки диаметром 10 мм, работающей при частых нагрузках на изгиб.

Алгоритм решения

1. Анализ условий работы данного изделия.
2. Выбор и обоснование материала.
3. Технологический процесс получения выбранного материала (привести схемы, таблицы, графики и т.д.).
4. Выбор методов получения заготовок из выбранного материала (привести схемы).
- 5 Упрочняющая объемная и (или) поверхностная обработка, обеспечивающая работу в данных условиях. Выбрать вид и обосновать его (если эта обработка необходима).

Для работы в указанных условиях наиболее подходит сталь 65 (качественная углеродистая сталь, содержащая 0,65% углерода). Она обладает высоким сопротивлением малым пластическим деформациям при достаточном запасе пластичности и сопротивлении хрупкому разрушению. Имеет повышенные значения предела выносливости и релаксационной стойкости. Сталь должна быть получена мелкозернистой, так как это также повышает сопротивление малым пластическим деформациям. Обладает хорошей закаливаемостью и прокаливаемостью. После закалки мартенситная структура формируется по всему сечению в указанных размерах. Это важно, так как присутствие в структуре после закалки продуктов эвтектоидного или промежуточного превращения (феррита и перлита), а также остаточного аустенита, ухудшает упругие свойства стали. Окончательная термообработка должна обеспечить требуемую конструктивную прочность.

Исходные материалы для производства чугуна

В доменном производстве используют следующие материалы: железные руды, флюс, топливо и огнеупорные материалы.

Железная руда - природное минеральное сырье. Кроме окислов железа (Fe_2O и Fe_3O_4) руда содержит пустую породу, которая обычно состоит из кварца и песчаников с примесью глины, т.е. является кислой (избыток SiO_2). Кроме того, в железных рудах всегда присутствуют вредные примеси (сера, фосфор и мышьяк).

Доменные флюсы необходимы для удаления из доменной печи тугоплавкой пустой породы и золы топлива. Кроме того, флюс должен обеспечить получение шлака с необходимым химическим составом, что в

значительной мере определяет состав чугуна. В качестве флюса в доменном производстве используют, главным образом, известняк CaCO_3 , который является сильноосновным материалом.

Топливо в доменной печи не только служит источником тепла, но и участвует в прямом восстановлении железа из его окислов. Кокс (главное топливо при выплавке чугуна) получают путем пиролиза коксующихся каменных углей. Он представляет собой пористый материал с высокой механической прочностью. Используют также мазут, природный газ (метан CH_4), угольную пыль, доменный газ.

Огнеупорные материалы (кислые, основные и нейтральные) применяют к виде кирпичей или фасонных изделий для футировки доменной печи.

Подготовка руды к плавке

Схема подготовки: дробление → обогащение → окучивание → агломерация → окатывание.

Дробление необходимо для того, чтобы получить нужную степень измельчения руды: для плавки – 10-30 мм, для агломерации - менее 5-8 мм. Схема щековой дробилки приведена на рис. 1.

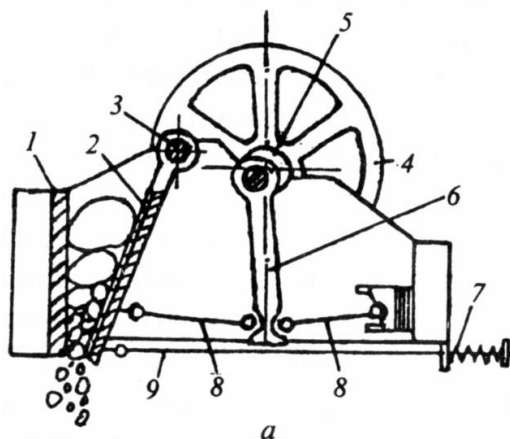


Рис. 1. Схема щековой дробилки:

1 – неподвижная щека; 2 – подвижная щека; 3 – ось подвижной щеки;
4 – шкив; 5 – эксцентриковый вал; 6 – шатун; 7 – компенсационная пружина;
8 – распорные плиты; 9 – тяга.

Сортировку руды по классам крупности проводят на механических грохотах и установке типа гидроциклон, где разделение частиц происходит под действием центробежной силы.

Основной способ обогащения - магнитный. Он состоит в том, что тонкоизмельченную руду помещают в магнитное поле, где магнитные частицы оксидов железа отделяются от пустой породы.

Агломерация - это окучивание мелкого железного сырья путем спекания (рис. 2).

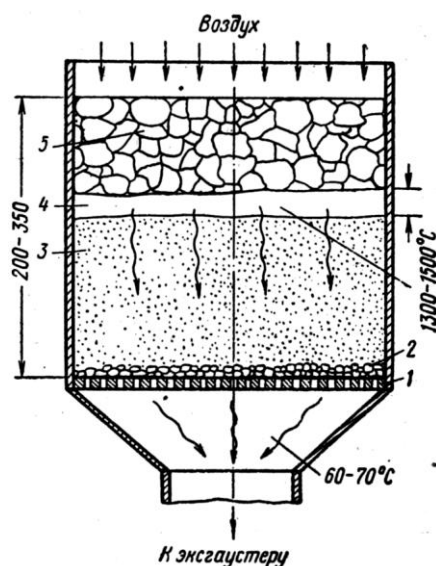


Рис.2. Схема процесса спекания:

- 1 - колосниковая решетка; 2 - постель; 3 - слой агломерируемой шихты;
4 - зона горения и спекания; 5 - слой агломерата

На решетку загружают слой агломерата - постель, чтобы предотвратить от просыпания мелкую шихту через зазоры. Затем засыпают слой агломерируемой шихты:

- железосодержащие компоненты (аглоруда) - 70%;
- флюсы (измельченный известняк) - 20%;
- топливо (мелкий кокс, угольная мелочь и пыль) - 5 - 7%;
- марганцевая руда — 1%.

Агломерируемую шихту увлажняют (4 - 6%) и тщательно перемешивают во вращающихся барабанах, при этом шихта окомковывается, что повышает ее газопроницаемость. После зажигания газовыми горелками начинается горение топлива. Воздух для горения просасывается через слой шихты с помощью вакуумных устройств (эксгаустеров),

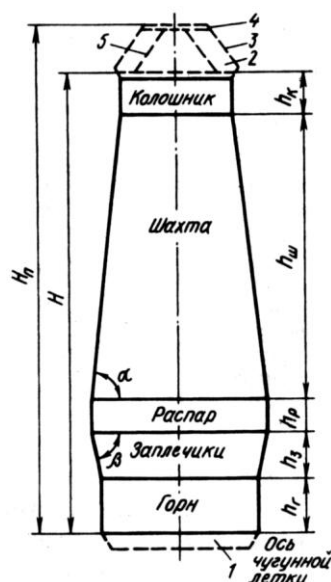
Зона горения постепенно перемещается вниз до постели (колосников). При температуре 1300 - 1500 °C происходит спекание шихты в пористый продукт - агломерат. После сортировки на грохоте куски крупностью 10 - 40 мм используют для плавки, менее 10 мм - направляют на переработку. При спекании из руды удаляются вредные примеси (сера, мышьяк), разлагаются карбонаты.

Подготовленный концентрат перед доменной плавкой подвергают окатыванию для получения окатышей. Для этого шихта из измельченных концентратов, флюса, топлива увлажняется и при обработке во вращающихся барабанах, тарельчатых чашах приобретает форму шариков - окатышей диаметром до 30 мм. Окатыши высушивают и обжигают (1200 - 1350 °C) на обжиговых машинах. Использование агломерата и окатышей исключает отдельную подачу флюса-известняка в доменную печь при плавке, так как флюс в необходимом количестве входит в их состав.

Выплавка чугуна в доменной печи

Чугун выплавляют в печах шахтного типа (рис. 3) - доменных печах, работающих по принципу противотока. Сущность процесса - восстановление оксидов железа, входящих в состав руды, оксидом углерода, водородом и твердым углеродом.

Доменная печь имеет стальной кожух толщиной до 40 мм, выложенный изнутри огнеупорным шамотным кирпичом толщиной до 700 мм. Шамот получают из обожженной сырой глины - это нейтральный по химическим свойствам относительно дешевый материал, содержащий 50 -- 60% SiO_2 , и 30-45% Al_2O_3 . Для уменьшения нагрузки на нижнюю часть печи ее верхнюю часть, начиная от распара, сооружают на стальном кольце с опорными колоннами. Нижнюю часть горна выкладывают из особо огнеупорных материалов - графитизированных блоков (толщина стенок до 1500 мм). Для повышения стойкости огнеупорной кладки в ней устанавливают металлические водяные холодильники (3/4 высоты печи).



- 1 – лещадь;
- 2 – загрузочное пространство;
- 3 – верхний купол;
- 4 – колошниковый фланец;
- 5 – загрузочный конус;
- $H_{\text{п}}$ – полная высота печи;
- H – полезная высота печи;
- $h_{\text{к}}$, $h_{\text{ш}}$, $h_{\text{р}}$, $h_{\text{з}}$, $h_{\text{г}}$ – высоты отдельных частей печи;
- α – угол наклона шахты;
- β – угол наклона заплевочников.

Рис.3. Схема доменной печи

Для выплавки 1,0 т чугуна расходуется 1,8 т офлюсованного агломерата и 0,5 т кокса.

Печь загружают шихтовыми материалами по мере необходимости, непрерывно подают воздушное дутье и удаляют доменные газы, периодически выпуская чугун и шлак.

Шихтовый материал загружают при помощи засыпного аппарата, шихту задают отдельными порциями по мере опускания проплавления материалов. Навстречу им снизу вверх движется поток горячих газов, образующихся при сгорании топлива.

Доменный процесс

Горение топлива. В районе воздушных фурм происходит полное сгорание кокса $C+O=CO_2+Q$ и природного газа $CH_4+2O_2=CO_2+2H_2+Q$. В фокусе горения температура 1800-2000°C. Продукты сгорания взаимодействуют с раскаленным коксом $CO_2+C_{(кокс)}=2CO-Q$, $H_2O_{(пар)}+C_{(кокс)}=H_2+CO-Q$. Образуется смесь восстановительных газов (CO и H_2), в которых CO - главный восстановитель железа из его оксидов, Q - выделяемое или поглощаемое тепло в процессе химических реакций, в калориях.

Восстановление железа. Восстановителями являются оксид углерода CO, твердый углерод и водород. Восстановление твердым углеродом – прямое, газами – косвенное.

Косвенное восстановление происходит за счет окиси углерода в шахте печи по следующим реакциям: $3Fe_2O_3+CO=2Fe_3O_4+CO_2$; $Fe_3O_4+CO=3FeO+CO_2$; $FeO+CO=Fe+CO_2$. В зависимости от условий работы печи окисью углерода (CO) и водородом (H_2) восстанавливается 60 - 80% всего железа. Остальная часть железа восстанавливается твердым углеродом.

Прямое восстановление происходит твердым углеродом при температуре 950 - 1000 °C в зоне распара печи по реакции $FeO+C_{тв}=Fe + CO$.

В доменной печи железо восстанавливается почти полностью. Потери со шлаком - 0,2 - 1%. Образование металлического железа начинается при 400 - 500° C (в верхней части шахты печи) и заканчивается при 1300 - 1400° C (в распаре). В шахте печи наряду с восстановлением железа происходит его науглероживание по реакции $3Fe+2CO=Fe_3C+CO_2$, и образуется сплав железа с углеродом. С повышением содержания углерода (1,8 - 2%) температура плавления понижается до 1200 - 1150 °C. Стекая каплями в горн, расплав омывает куски раскаленного кокса и дополнительно науглераживается. При стекании сплава в горн в нем растворяются восстановленные Mn и Si, образуя сложный железоуглеродистый сплав - чугун (3,7 - 4% C). Его конечный состав устанавливается в горне и зависит от состава, свойств и количества шлака. Закись марганца MnO восстанавливается только прямым путем твердым углеродом при 1100 °C по реакции $MnO+C=Mn+CO$. Восстановление кремния из SiO_2 происходит по реакции $SiO_2+2C=Si+2CO$ при 1450 C. Фосфор восстанавливается окисью углерода, водородом, а также твердым углеродом.

Значение шлака очень велико, его состав и свойства определяют конечный состав чугуна. В районе распара образуется первичный шлак. При стекании вниз и накоплении в горне шлак существенно изменяет состав: в нем растворяются SiO_2 , Al_2O_3 . Для выплавки пердедельных литейных и других чугунов всегда подбирают соответственные шлаковые составы (исходя из определенных свойств получаемого чугуна). При выплавке пердедельного чугуна состав шлака следующий : 40 - 50% CaO, 38 - 40% SiO_2 , 7 - 10% AlO_3 .

Продукты доменной плавки: пердедельный чугун, литейный чугун, доменные ферросплавы, шлак, колошниковый газ.

Производство стали

Для изготовления проволоки необходимо получить качественную углеродистую сталь 65, где «65» — среднее содержание углерода в сотых долях процента. Такую сталь можно получить в электродуговых печах (рис. 4).

Исходные материалы: передельный чугун, стальной лом (скрап), железная руда и окалина (источник O_2), флюс-известняк (в основных печах). кварцевый песок (в кислых); источник тепла - электрический ток.

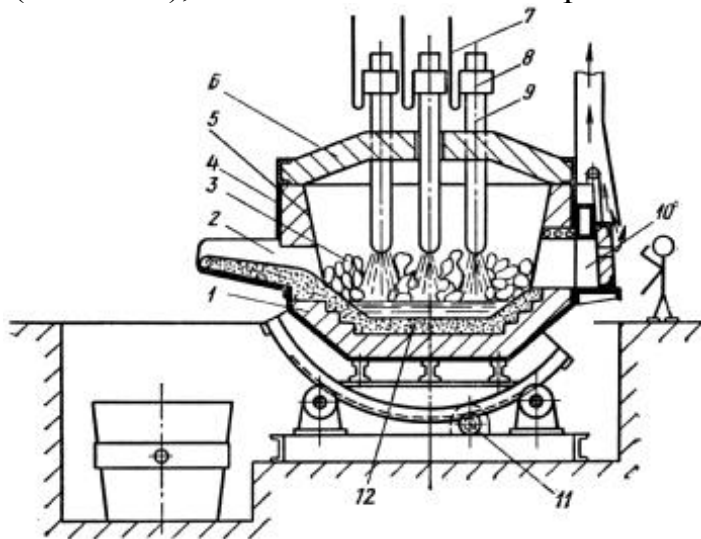


Рис.4. Схема электродуговой печи:

1 – лещадь; 2– желоб выпуска стали; 3 – шихта; 4 – металлический кожух печи; 5 – внутренняя стенка печи; 6 – свод печи; 7 – питающие кабели; 8 – электрододержатели; 9 – электроды; 10 – рабочее окно; 11 – поворотный механизм печи; 12 – подина печи.

Печь питается трехфазным переменным током и имеет три цилиндрических электрода из графитизированной массы. Между электродами и металлической шихтой под действием тока возникает электрическая дуга, электроэнергия превращается в теплоту, которая передается металлу и шлаку излучением. Рабочее напряжение 160 - 600 В, сила тока 10 кА. Во время работы печи длина дуги регулируется автоматически путем перемещения электродов. Стальной кожух печи футерован изнутри огнеупорным кирпичом. Печь загружают при снятом своде. Печь может наклоняться в сторону загрузочного окна и летки.

Производят плавку на углеродистой шихте. В печь загружают стальной лом - 90%, чушковый передельный чугун - 8%, электродный бой, кокс, известь — 2%. Опускают электроды и включают ток. При плавлении металл накапливается на подине печи. Во время плавления шихты кислородом воздуха, оксидами шихты и окислами железа, кремний, фосфор и частично углерод. Оксид кальция из извести и оксиды железа образуют основной железистый шлак, способствующий удалению фосфора из металла.

После нагрева металла и шлака до температуры 1500 - 1540 °С в печь загружают руду и известь и проводят период «кипения»: происходит дальнейшее окисление углерода и удаление серы. Когда содержание углерода будет меньше заданного на 0,1%, кипение прекращают и удаляют шлак из печи. Затем приступают к удалению серы и раскислению металла, доведению химического состава до заданного. Раскисление проводят осаждением и диффузионными методами. После удаления железистого шлака в печь подают силикомарганец и силикокальций - раскислители для осаждающего раскисления. Затем загружают известь, плавиковый шпат и шамотный бой. После расплавления флюсов и образования высокоосновного шлака на его поверхность вводят раскислительную смесь для диффузионного раскисления (известь, плавиковый шпат, кокс, ферросилиций). Углерод кокса и кремний ферросилиция восстанавливают оксид железа в шлаке; содержание его в шлаке снижается, и кислород из металла переходит в шлак. По мере раскисления и понижения содержания FeO шлак становится почти белым. Раскисление под белым шлаком длится 30 — 60 мин.

Для определения химического состава металла берут пробы и при необходимости в печь вводят ферросплавы для получения заданного химического состава металла, после чего выполняют конечное раскисление алюминием и силикокальцием и выпускают металл из печи в ковш., из которого его разливают в изложницы

Для получения качественной стали используют разливку в изложницы сифоном. В этом случае сталью заполняют одновременно несколько изложниц. При заполнении снизу сталь плавно без разбрызгивания заполняет изложницы, в результате чего снижается количество дефектов литого металла (рис.5).

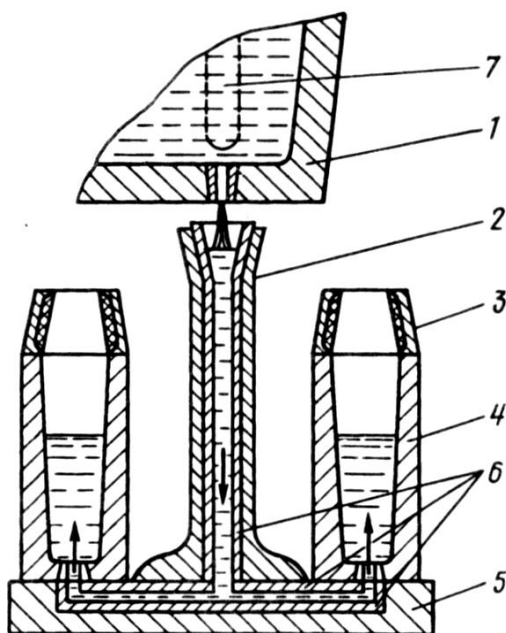


Рис. 5. Схема сифонной разливки стали в изложницы:

- 1 – сталеразливочный ковш; 2 – центровая; 3 – прибыльная надставка;
4 – изложница; 5 – поддон; 6 – сифонный кирпич; 7 – стопор

В изложницах сталь затвердевает, и получают слитки, которые затем подвергают дальнейшей обработке. Поверхность слитка при такой заливке получается чистой, без раковин.

Готовые слитки подвергают обработке давлением - прокатке по следующей схеме:

- 1) прокатка на крупных обжимных дуо-станах (блюмингах);
- 2) прокатка блюмов на сортовых станах (через 15 - 19 калибров) требуемого диаметра;
- 3) резка прутков на определенные длины;
- 4) правка в холодном состоянии.

Для повышения качества стали наиболее широко используют метод электрошлакового переплава (ЭШП) расходуемого электрода. В этом случае металл дополнительно очищают от вредных примесей, устраняют химическую неоднородность и повышают плотность.

Переплаву подвергаются выплавленные в дуговой печи и прокатанные круглые прутки (рис.6).

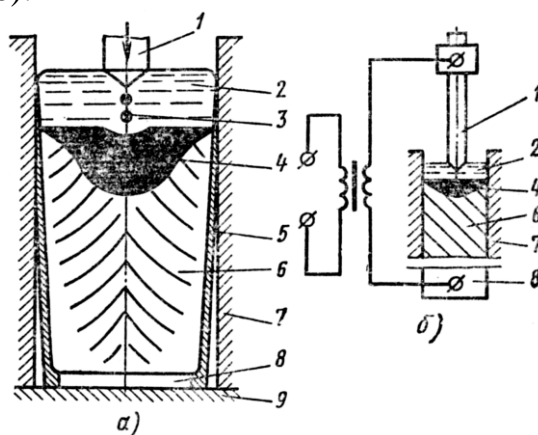


Рис. 6. Схема электрошлакового переплава расходуемого электрода:
 а – кристаллизатор; б – включение установки; 1 — расходуемый электрод;
 2 — шлаковая ванна; 3 — капли электродного металла; 4 — металлическая ванна;
 5 — шлаковый гарниссаж; 6 — слиток; 7 — стенка кристаллизатора;
 8 — затравка; 9 — поддон

Капли жидкого металла проходят через шлак, образуя под шлаковым слоем металлическую ванну. Перенос капель металла через шлак способствует их активному взаимодействию, удалению из металла серы, неметаллических включений и растворенных газов. Металлическая ванна непрерывно пополняется путем расплавления электрода. Металл под воздействием кристаллизатора постепенно формируется в слиток. После полного застывания слитка поддон опускается, и слиток извлекают из кристаллизатора.

В результате ЭШП содержание кислорода в металле снижается в 1,5-2 раза, понижается концентрация серы и фосфора, в 2 - 3 раза уменьшается содержание неметаллических включений, которые становятся меньше и равномерно распределяются в объеме слитка. Слиток отличается плотностью, однородностью, хорошим качеством поверхности, что придает

высокие механические и эксплуатационные свойства переплавленным сталям.

Производство проволоки

Для получения проволоки диаметром 10 мм применяют волочение после повторного проката на сортовых станах через 15-19 калибров до диаметра, равного 15 мм (рис. 7).

При волочении происходит пластическая деформация металлов - изменение формы и размеров тела под действием растягивающих напряжений.

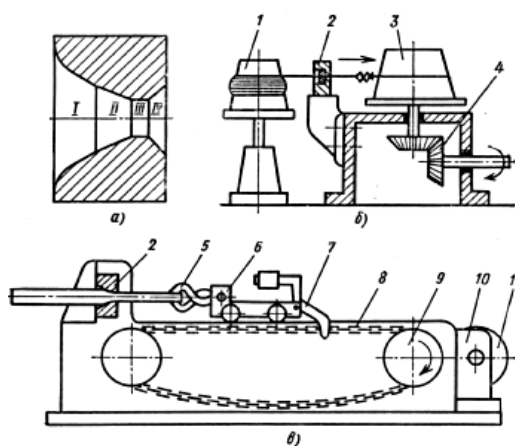


Рис.7. Продольный разрез волокни (а)

и схемы барабанного (б) и цепного (в) волочильных станов:

- 1 – вертушка; 2 – волокна; 3 – барабан; 4 – редуктор;
- 5 – захватывающие клещи; 6 – каретка; 7 – тяговый крюк; 8 – цепь;
- 9 – звездочка; 10 – редуктор; 11 – электродвигатель.

Волочение сопровождается изменением структуры и физико-механических свойств стали. Это явление называется упрочнением за счет динамического наклепа. Упрочнение возникает вследствие поворота плоскостей скольжения, увеличения искажения кристаллической решетки и формы зерен, которые вытягиваются в направлении наиболее интенсивного течения металла (текстура деформаций) (рис.8).

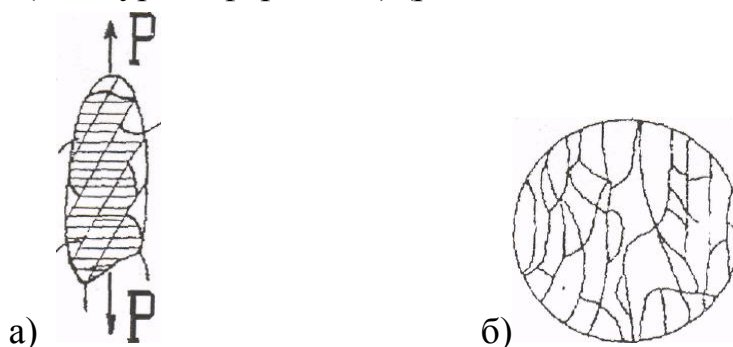


Рис.8. Изменение формы зерна стали при волочении:

- а - схема деформационного сдвига в пределах одного зерна;
- б - микроструктура стали после деформации, x150

Такая структура стали обеспечивает высокие прочностные свойства проволоки в направлении прокатки, но плохо сопротивляется разрушению при частых нагрузках на изгиб. Повысить выносливость сталей при знакопеременном нагружении можно за счет фазовой перекристаллизации и формирования соответствующей структуры при термообработке. На первом этапе необходимо устранить структуру деформации и снять внутренние напряжения от наклепа. Для этого необходимо применить высокий отжиг при $T = 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 0,5 ч. В процессе рекристаллизационного отжига произойдет вторичная кристаллизация и в результате вырастут новые зерна, заменяющие собой вытянутые. Процент деформации и заданные температурно-временные параметры отжига должны обеспечить получение мелкозернистой структуры стали.

Для получения требуемых эксплуатационных свойств проволоку необходимо подвергнуть улучшению - закалке и высокому отпуску.

Закалка - термическая обработка, заключающаяся в нагревании стали до температуры растворения избыточных фаз (в нашем случае до $850\text{ }^{\circ}\text{C}$), выдержке и последующем быстром охлаждении в закалочной среде.

Продолжительность нагрева заготовки должна обеспечить прогрев изделия по сечению и завершение фазовых превращений, но не должна быть слишком большой, чтобы не вызвать рост зерна и обезуглероживание поверхностных слоев стали, так как при нагреве в электрической печи взаимодействие печной атмосферы с поверхностью нагреваемого изделия приводит к окислению и, как следствие, к обезуглероживанию стали. В связи с этим, длительность выдержки в электропечи, как правило, не превышает нескольких минут.

Окисление приводит к невозвратимым потерям металла. Оно происходит в результате взаимодействия стали с кислородом $2\text{FeO} + \text{O}_2 = 2\text{FeO}$, парами воды $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} = \text{FeO} + \text{H}_2$ и двуокисью углерода $\text{Fe} + \text{CO}_2 = \text{FeO} + \text{CO}$.

Для предохранения изделий от обезуглероживания в рабочее пространство печи часто вводят защитную газовую среду, защищающую металл от окисления. Для этого используют водород, азот, диссоциированный аммиак либо контролируемые эндотермические или экзотермические среды. Для нагрева качественных конструкционных сталей наиболее часто используют экзотермическую богатую среду.

Быстрое охлаждение обеспечивает получение структуры мартенсита в пределах заданного сечения изделия. Для закалки стали 65 можно использовать минеральное масло. Масло имеет небольшую скорость охлаждения в мартенситном интервале температур, что уменьшает возникновение закалочных дефектов и обеспечивает постоянство закалывающей способности в широком интервале температур среды ($20\text{-}150\text{ }^{\circ}\text{C}$). Температуру масла при закалке поддерживают в пределах $60\text{ - }90\text{ }^{\circ}\text{C}$, когда оно имеет минимальную вязкость.

После закалки проводят отпуск - нагрев закаленной стали до определенной температуры, выдержка при этой температуре для прохождения всех превращений в сталях и последующее охлаждение с

заданной скоростью. Это окончательная операция термической обработки, в результате которой сталь получает требуемые структуру и механические свойства (таблица 1).

Кроме того, отпуск полностью или частично устраняет внутренние напряжения, возникающие при закалке. Для нашей проволоки необходимо применить высокий отпуск при $T=550-600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Он обеспечивает повышенные значения пределов упругости и выносливости. Охлаждение после отпуска проводят в масле, что способствует образованию на поверхности сжимающих остаточных напряжений, которые увеличивают предел выносливости, а также позволяет избежать явления отпускной хрупкости.

В результате всех проведенных мероприятий получают проволоку диаметром

10 мм, предназначенную для работы в условиях частых нагрузок на изгиб или скручивание (например, пружина или торсион)

Таблица 1

Механические свойства стали 65 по предложенной маршрутной технологии изготовления проволоки

Режим термо-обработки	Свойства							Предел выносливости ($n=5 \cdot 10^6$)	
	Предел прочности $\sigma_B, \text{ кг/мм}^2$	Предел текучести $\sigma_T, \text{ кг/мм}^2$	Относительное		Ударная вязкость $\text{кг} \cdot \text{м/см}^2$	Твердость, НВ, кг/мм^2	σ_{-1} кг/мм^2	τ_{-1} кг/мм^2	
			удлинение, $\delta, \%$	сужение $\psi, \%$					
Улучшение (закалка $-850\text{ }^{\circ}\text{C}$ масло + отпуск $-550\text{ }^{\circ}\text{C}$, масло)	160	135	9	38	23	305	49	29,5	

Примечание: при необходимости в соответствии с заданием предусмотрите в технологическом процессе операции механической обработки для придания заготовке соответствующих размеров и формы.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Задача по конструкционным сталям

Заводу нужно изготовить вал диаметром 70 мм для работы с большими нагрузками. Сталь должна иметь предел текучести не ниже 750 МПа, предел выносливости не ниже 400 МПа и ударную вязкость не ниже 900 Дж/м². Завод имеет сталь трех марок: Ст4, 45 и 20ХНЗА. Какую из этих сталей следует применить для изготовления вала? Нужна ли термическая обработка выбранной стали и если нужна, то какая? Дать характеристику микроструктуры и указать механические свойства после окончательной термической обработки.

Решение задачи. Химический состав стали марок Ст4, 45 и 20ХНЗА следующий:

Ст4 (ГОСТ 380 - 75): 0,18...0,27% С; 0,4...0,7% Mn; 0,12...0,30% Si; <0,30% Cr; <0,30% Ni; <0,05% S и <0,04% P.

45 (ГОСТ 1050 - 74): 0,42...0,50% С; 0,50...0,80% Mn; 0,7...0,37% Si; <0,25% Cr; <0,25% Ni; <0,045% S; и <0,041% P.

20ХНЗА (ГОСТ 4343 - 71): 0,17...0,23% С; 0,30...0,60% Mn; 0,7...0,37% Si; 0,60...0,40% Cr; 2,75...3,15% Ni; 0,025% S и 0,025 % P.

Сталь марки Ст4, согласно ГОСТ, имеет следующие свойства в состоянии поставки (после прокатки иликовки): $\sigma_b = 420...540$ МПа; $\sigma_{0,2} > 240...260$ МПа;

Сталь 45, согласно ГОСТ, в состоянии поставки (после прокатки и отжига) имеет твердость не более 207 НВ. При твердости 190 ~ 200 НВ сталь имеет σ_b не выше 600... 620 МПа, а при твердости ниже 180 НВ σ_b не превышает 550...600 МПа. Для отожженной углеродистой стали отношение $\sigma_b/\sigma_{0,2}$ составляет примерно 0,5. Следовательно, предел текучести стали в этом состоянии не превышает 270...320 МПа.

Сталь 20ХНЗА, согласно ГОСТ, в состоянии поставки (после прокатки и отжига) имеет твердость не более 250 НВ. Следовательно, временное сопротивление (σ_b) при твердости 230-250 НВ не превышает 670...750 МПа и может быть ниже 600 МПа для плавок с более низкой твердостью. Тогда предел текучести составляет 350...400 МПа, так как для отожженной легированной стали $\sigma_{0,2}/\sigma_b$ равно 0,5-0,6.

Таким образом, для получения заданной величины предела текучести вал необходимо подвергнуть термической обработке при возможном использовании всех трех сталей.

Для низкоуглеродистой стали Ст4 улучшающее влияние термической обработки незначительно. Кроме того, Ст4 как сталь обыкновенного качества содержит повышенное количество серы и фосфора, которые понижают механические свойства и особенно сопротивление разрушению. Для такого ответственного изделия, как вал двигателя, поломка которого нарушает работу машины, применение более дешевой по составу стали обыкновенного качества нерационально.

Сталь 45 относится к классу качественной углеродистой, а сталь 20ХН3А - к классу высококачественной легированной стали. Они содержат соответственно 0,42 - 0,50 и 0,17 - 0,23 % С и принимают закалку. Для повышения прочности можно применять нормализацию или закалку с высоким отпуском. Последний вариант обработки сложнее, но позволяет получить не только более высокие характеристики прочности, но и более высокую вязкость. В стали 45 минимальные значения ударной вязкости КСУ после нормализации составляют 200... 300 кДж/м², а после закалки и отпуска с нагревом до 500°С достигают 600...700 кДж/м²

Так как вал двигателя воспринимает в работе динамические и к тому же циклические нагрузки, более целесообразно применить закалку и отпуск. После закалки в воде углеродистая сталь 45 получает структуру мартенсита. Однако вследствие небольшой прокаливаемости углеродистой стали эта структура в изделиях диаметром более 20...25 мм образуется только в сравнительно тонком поверхностном слое толщиной до 2...4 мм.

Последующий отпуск вызывает превращение мартенсита в сорбит только в тонком поверхностном слое, но мало влияет на структуру и свойства внутренних слоев изделия. Сталь со структурой сорбита отпуска обладает более высокими механическими свойствами, чем троостита или сорбита закалки и тем более феррита и перлита. Наибольшие напряжения от изгиба, кручения и повторно-переменных нагрузок воспринимают наружные слои, которые и должны обладать повышенными механическими свойствами. Однако в сопротивлении динамическим нагрузкам, которые воспринимает вал, участвуют не только поверхностные, но и нижележащие слои металла. Таким образом, углеродистая сталь не будет иметь требуемых свойств по сечению вала диаметром 70 мм.

Сталь 20ХН3А легирована никелем и хромом для повышения прокаливаемости и закаливаемости. Она получает после закалки и отпуска достаточно однородные структуру и механические свойства в сечении диаметром до 75 мм. Для стали 20ХН3А рекомендуется термическая обработка:

1. Закалка с 820... 835°С в масле.

При закалке с охлаждением в масле (а не в воде, как это требуется для углеродистой стали) возникают меньшие напряжения, а, следовательно, и меньшая деформация. После закалки сталь имеет структуру мартенсита твердостью не ниже HRC50.

2. Отпуск при 520...530 °С. Для предупреждения отпускной хрупкости, к которой чувствительны стали с хромом (или с марганцем), в том числе совместно с никелем, вал после указанного нагрева следует охлаждать в масле. Механические свойства стали 20ХН3А в изделии диаметром до 75 мм после термической обработки:

Временное сопротивление растяжению σ_b , М Па.....	900....1000
Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа.....	750....800
Предел выносливости σ_{-1} , МПа.....	400,...430
Относительное удлинение δ , %.....	8.....10

Относительное сужение $\psi, \%$45...50

Ударная вязкость КСУ, кДж/м² 900

Таким образом, эти свойства обеспечивают требования, сформулированные в задаче для вала диаметром 70 мм.

2. Задача по инструментальным сталям

Стойкость сверл и фрез, изготовленных из быстрорежущей стали умеренной теплостойкости марки Р6М5, пригодных для обработки конструкционных сталей твердостью 180...200 НВ, была удовлетворительной. Однако стойкость сверл резко снизилась при обработке жаропрочных аустенитных сталей. Рекомендовать быстрорежущую сталь повышенной теплостойкости, пригодную для высокопроизводительного резания жаропрочных сталей, указать ее марку и химический состав, термическую обработку и микроструктуру в готовом инструменте. Сопоставить теплостойкость стали Р6М5 и выбранной стали.

Решение задачи. Режущие инструменты для производительного резания изготавливают из быстрорежущих сталей, так как эти стали сохраняют мартенситную структуру и высокую твердость при нагреве (500...650 С), возникающем в режущей кромке. Однако стойкость инструментов из быстрорежущих сталей, подвергнутых оптимальной термической обработке, определяется не только их химическим составом, структурой и режимом резания, она сильно зависит от свойств обрабатываемого материала.

При резании сталей и сплавов с мартенситной структурой (нержавеющих жаропрочных и др.), более широко применяемых в промышленности, стойкость инструментов и предельная скорость резания могут сильно снижаться по сравнению с получаемыми при резании обычных конструкционных сталей и чугунов с относительно невысокой твердостью (до 220...250 НВ). Это связано главным образом с тем, что теплопроводность аустенитных сплавов понижена. Вследствие этого тепло, выделяющееся при резании, лишь в небольшой степени поглощается сходящей стружкой и деталью и в основном воспринимается режущей кромкой. Кроме того, эти сплавы сильно упрочняются под режущей кромкой в процессе резания, из-за чего заметно возрастают усилия резания.

Для резания подобных материалов, называемых труднообрабатываемыми, мало пригодны быстрорежущие стали умеренной теплостойкости, сохраняющие высокую твердость (58...59 HRC) и мартенситную структуру после нагрева выше 615...620° С. Для обработки аустенитных сталей необходимо выбирать быстрорежущие стали повышенной теплостойкости, а именно кобальтовые. Кобальт способствует выделению при отпуске наряду с карбидами также и частиц интерметаллидов, более стойких против коагуляции, и затрудняет процессы диффузии при температурах нагрева режущей кромки. Кобальтовые стали сохраняют твердость 58...59 HRC после нагрева до более высоких температур

(до 640...645 °С). Кроме того, кобальт заметно (на 30...40 %) повышает теплопроводность быстрорежущей стали, а, следовательно, снижает температуры режущей кромки из-за лучшего отвода тепла в тело инструмента. Стали с кобальтом имеют более высокую твердость (до 68HRC у стали P9M4K8), поэтому для сверл и фрез, применяемых для резания аустенитных сталей и сплавов, рекомендуются кобальтовые стали марок P12Ф4К5 или P9M4K8.

Термическая обработка кобальтовых сталей принципиально не отличается от обработки других быстрорежущих сталей. Инструменты закаливают с высоких температур (1240...1250 °С для стали P12Ф4К5 и 1230 °С для стали P9M4K8), что необходимо для растворения большего количества карбидов и насыщения аустенита (мартенсита) легирующими элементами (вольфрамом, молибденом, ванадием и хромом). Еще более высокий нагрев, дополнительно усиливающий перевод карбидов в твердый раствор, недопустим: он вызывает рост зерен, что снижает прочность и вязкость. Структура стали после закалки: мартенсит, остаточный аустенит (15...30 %) и избыточные карбиды, не растворяющиеся при нагреве и задерживающие рост зерна. Твердость 60...63 HRC. Затем инструменты отпускают при 550...560 °С (3 раза по 60 мин). Отпуск вызывает выделение дисперсных карбидов и интерметаллидов из мартенсита (дисперсионное твердение), что повышает твердость до 66...69 HRC, превращает мягкую составляющую - остаточный аустенит в мартенсит, снимает напряжения, вызываемые мартенситным превращением.

После отпуска инструменты шлифуют и подвергают карбонитрированию в жидкой ванне состава: 80 % KCN и 20 % K₂CO₃ при 550...560 °С с выдержкой 5...30 мин в зависимости от вида и размера инструмента. Твердость слоя после карбонитрации на глубину 0,02... 0,05 мм достигает (в пересчете) 69... 70 HRC, заметно (на 50 °С) возрастает теплостойкость. При нагреве для карбонитрации снимаются также напряжения, вызываемые шлифованием; карбонитрация повышает стойкость инструментов в 2...4 раза. После карбонитрации целесообразно проведение оксидирования при 140 °С в щелочном растворе или при 300 °С в расплаве щелочей. Оксидирование придает инструментам черный цвет и несколько лучшую стойкость при воздушной коррозии. В последние годы для повышения стойкости режущих инструментов применяют ионное азотирование или на их рабочую поверхность с помощью различных установок наносят очень тонкий и весьма твердый слой нитрида титана. В этом случае стойкость инструментов возрастает в несколько раз.

3. Задачи по сталям и сплавам специального назначения

В химическом машиностроении наряду с нержавеющей стали разного класса для изготовления особо ответственных деталей применяют также сплав на железоникелевой основе, обладающий особо высокой пластичностью и устойчивостью против действия кислот и щелочей. Указать

химический состав сплава, его структуру и условия применения в конструкциях (в отношении сочленения с другими металлами). Сопоставить структуру, механические свойства и степень стойкости против коррозии в указанных средах выбранного сплава с такими же свойствами нержавеющей хромистой и хромоникелевой сталей.

Решение задачи. В химическом машиностроении для изготовления деталей машин и конструкций (в основном сварных) применяют специальные коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали, работающие в разных агрессивных средах (морская вода, растворы солей, кислот и др.). Применяемая система легирования коррозионно-стойких сталей преследует достижение высокой коррозионной стойкости в рабочей среде и обеспечение заданного комплекса физико-механических свойств. При этом под коррозией понимают разрушение металлов и сплавов вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с внешней средой.

Стойкость против коррозии определяется составом сплава и его структурой, а также свойствами внешней агрессивной среды, в условиях которой используется данный сплав. Поэтому стойкость против коррозии одного и того же металлического материала может быть резко различной в разных агрессивных средах.

Для оценки общей коррозионной стойкости наиболее часто используют десятибалльную шкалу, рекомендуемую соответствующим ГОСТом (табл. 1)

Таблица 1

Десятибалльная шкала коррозионной стойкости

Группа стабильности	Скорость коррозии металла, мм/год	Балл
Совершенно стойкие	< 0,001	1
Весьма стойкие	от 0,001 до 0,005	2
	от 0,005 до 0,01	3
Стойкие	от 0,01 до 0,05	4
	от 0,05 до 0,1	5
Пониженно-стойкие	от 0,1 до 0,5	6
	от 0,5 до 1,0	7
Малостойкие	от 1,0 до 5,0	8
	от 5,0 до 10,0	9
Нестойкие	>10,0	10

Коррозионно-стойкие стали представляют собой большую группу высоко легированных материалов, включающих шесть структурных классов (ферритный, аустенитный, аустенитно-ферритный, мартенситный, аустенито-мартенситный, феррито-мартенситный, ГОСТ 5632-72). При этом независимо от класса стали, они содержат не менее 12 % Cr. В этом случае в сплавах на основе железа скачкообразно возрастает электрохимический потенциал и

сталь переходит в категорию коррозионно-стойких. Важнейшим свойством подобных сталей является наличие области пассивного состояния в определенном диапазоне электрохимических потенциалов (коррозионно-стойкие стали эксплуатируются преимущественно в условиях электрохимической коррозии).

Причиной пассивности является образование на поверхности сталей химически стойкой пленки гидратированного оксида хрома ($\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot n \cdot \text{H}_2\text{O}$) и оксида хрома шпинельного типа ($\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{Ni}_2\text{O} \cdot n \cdot \text{H}_2\text{O}$). Это позволяет хромистые и хромоникелевые стали в зависимости от исходной структуры широко использовать в средах различной агрессивности.

Из хромистых сталей наибольшей коррозионной стойкостью обладают, стали ферритного класса типа 15Х25Т, а из хромоникелевых - аустенитная сталь типа 18-8 (например, 17Х18Н9Т). При этом стойкость в агрессивных средах у аустенитной стали выше (см. табл. 1).

При выборе стали для конкретных условий эксплуатации необходимо учитывать, что сплавы железа, в том числе высоколегированные стали, имеют достаточную стойкость против коррозии только в ограниченном числе сред. Многие нержавеющие стали не имеют необходимой стойкости в растворах кислот и щелочей, где скорость коррозии у них резко возрастает несмотря на положительный электродный потенциал. Это явление называется перепассивацией и, по-видимому, связано с образованием в данных условиях оксидов высших валентностей, которые легко растворяются и не образуют защитных поверхностных пленок

В связи с этим, для эксплуатации в сильно агрессивных средах, к которым относятся растворы кислот и щелочей, хромистые и хромоникелевые сплавы применены быть не могут. Для этих целей в химическом машиностроении используют сплавы на железоникелевой основе (типа ХН28МДТ, ГОСТ 5632-72), которые отличаются высокой стойкостью в указанных средах. Особенностью этих сплавов является другой механизм защиты, т. к. они работают не в пассивном состоянии, а в термодинамически активном состоянии.

Таким образом, для условий, указанных в задаче, можно выбрать сплав 06ХН28МДТ (химический состав приведен в табл. 2).

Таблица 2

Химический состав коррозионностойких сталей

Марка стали	Содержание основных легирующих элементов, %						Класс
	С	Cr	Ni	Ti	Mo	Cu	
15Х25Т	0,15	24-27	-	0,9	-	-	Ферритный
12Х18Н9Т	0,12	17- 19	8- 10	0,7	-	-	Аустенитный
06ХН28МДТ	0,06	22-25	26-29	0,5-0,9	2,5-3,0	2,5-3,5	Аустенитный

Этот сплав хорошо соединяется сваркой, в том числе и с хромистыми и хромоникелевыми сталями без снижения коррозионной стойкости в сварном шве, что позволяет его использовать для изготовления различных конструкций в химическом машиностроении.

В результате термообработки хромистые хромоникелевые стали не упрочняются и имеют чисто ферритную или аустенитную структуру. В железоникелевом сплаве в результате термообработки выделяется вторая фаза (дисперсионное твердение) в виде интерметаллидов в системе Ni - Ti, что упрочняет сплав. Некоторые свойства рассматриваемых сталей и сплавов приведены в табл.3

Таким образом, выбранный сплав обладает повышенными прочностными свойствами, высокопластичен, хорошо сваривается и обладает повышенной коррозионной стойкостью в рассматриваемых условиях. Все это позволяет использовать этот материал в химическом машиностроении для изготовления различных конструкций при производстве, транспортировке и хранении высокоагрессивных веществ, например, кислот и щелочей.

Таблица 3

**Режим термической обработки
и свойства коррозионно-стойких сталей**

Марка стали	Режим термообработки	Механические свойства				Коррозионная стойкость (балл) в средах			
		σ_B МПа	$\sigma_{0.2}$ МПа	δ %	Ψ %	5%- ная HNO ₃	1%- ная H ₂ SO ₄	20%- ная HCl	Морская вода
15X25T	отжиг 750-780 °C	540	-	40	70	3	6	7	3
12X18H9T	закалка 1050 °C, воздух	540	260	40	60	3	3	7	3
06XH28МДТ	закалка 1080 °C, воздух	650	280	50	55	1	1	5	1

Б.Н. Гузанов

Материаловедение и технология материалов

Методические указания и контрольные задания
для слушателей факультета заочного обучения

Редактор М.И. Бруева

Подписано в печать _____. Формат 30x42 1/8. Тираж 200
Объем печ.л. 3,0. Печать офсетная. Бумага писчая

Отпечатано в копировально-множительном бюро
Уральского института ГПС МЧС России
Екатеринбург, ул. Мира, 22