

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИ-
ВЕРСИТЕТ»

Т. П. Колина

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы
(курсового проекта) для студентов бакалавриата по направлениям подготовки
15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование,
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инжиниринга технологического оборудования ФГБОУ ВО «КГТУ» Ю. А. Фатыхов
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры инжиниринга технологического оборудования ФГБОУ ВО «КГТУ» М. В.Хомякова

Колина, Т. П.

Материаловедение: учеб.-методич. пособие по выполнению курсовой работы для студ. бакалавриата по напр. подгот. 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств / Т. П. Колина. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 47 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению курсовой работы по дисциплине «Материаловедение» представлены учебно-методические материалы и отражены рекомендации для выполнения курсовой работы студентами очной и заочной формы обучения.

Рис. 1, табл. 6, список лит. – 14 наименований.

Учебно-методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала по выполнению курсовой работы (курсового проекта) кафедрой инжиниринга технологического оборудования 21 апреля 2022 г., протокол № 3

Учебно-методическое пособие рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 26 мая 2022 г., протокол № 6

УДК 620.2

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2022 г.
© Колина Т. П., 2022 г.

Оглавление

| | |
|---|----|
| Введение. | 4 |
| Условные обозначения | 5 |
| 1 Задание по курсовой работе. | 6 |
| 2 Правила оформления курсовой работы. | 7 |
| 3 Методические указания по курсовой работе. | 8 |
| 4 Организация защиты курсовой работы. | 40 |
| 5 Критерии оценки курсовой работы. | 41 |
| Список рекомендуемых источников. | 43 |
| Приложения. | 44 |

Введение

Студенты должны приобретать разносторонние и глубокие научно-технические знания и готовиться к самостоятельному и творческому решению инженерных задач. Одним из активных методов развития творческих способностей студентов является выполнение курсовой работы.

Выполнение курсовой работы по дисциплине «Материаловедение» формирует у обучающихся способность принимать участие в работах по выбору материала для конкретной детали. Целью выполнения курсовой работы является формирование знаний, умений и навыков в области материаловедения, которые направлены на выбор материала для изготовления детали и окончательного вида упрочняющей термической обработки.

В результате выполнения курсовой работы студент должен знать:

- тенденции развития материаловедения;
- основные свойства и области использования наиболее распространенных конструкционных, инструментальных машиностроительных материалов;
- композиционных полимерных и других неметаллических материалов;
- виды предварительной и окончательной термической обработки заготовок и деталей машин;
- способы поверхностного упрочнения деталей;- области применения материалов;

уметь:

- самостоятельно пользоваться учебной и научно-технической литературой;
- ориентироваться в потоке информации для ее применения в учебном процессе;
- выбрать вид термообработки для готового изделия с точки зрения экономической эффективности, обеспечения долговечности и надежности детали, ориентироваться в потоке информации для ее применения в учебном процессе;

владеть:

- способами определения материала по марке, расшифровке его химического состава.

Условные обозначения

| | |
|----------------------|--|
| ТО | - термическая обработка; |
| Отж | - отжиг; |
| Н | - нормализация; |
| З | - закалка; |
| З _{ПОВ} | - закалка поверхностная; |
| О _В | - отпуск высокий; |
| О _С | - отпуск средний; |
| О _Н | - отпуск низкий; |
| У | - улучшение (З, О _В); |
| ХТО | - химико-термическая обработка; |
| Ц | - цементация; |
| А _З | - азотирование; |
| ХПД | - холодная пластическая деформация; |
| ППД | - поверхностная пластическая деформация; |
| Б _В | - временное сопротивление при растяжении (предел прочности при растяжении), МПа; |
| Б _{0,2} | - предел текучести (условный) при растяжении и допуске на остаточную деформацию 0,2%, МПа; |
| Б _Т | - предел текучести при растяжении, МПа; |
| Б _{ИЗГ} | - предел прочности при изгибе, МПа; |
| Б ₋₁ | - предел выносливости при симметричном изгибе, МПа; |
| Б _Р | - предел выносливости, МПа; |
| Б _{Н lim b} | - предел контактной выносливости, МПа; |
| КСУ | - ударная вязкость (образец с надрезом по типу U), МДж/м ² ; |
| δ | - относительное удлинение после разрыва, %; |
| Ψ | - относительное сужение, %; |
| НRC | - твердость по Роквеллу, шкала С; |
| НRA | - твердость по Роквеллу, шкала А; |
| НRB | - твердость по Роквеллу, шкала В; |
| НВ | - твердость по Бринеллю, МПа (кгс/мм ²); |
| НV | - твердость по Виккерсу, МПа (кгс/мм ²); |
| Е | - модуль нормальной упругости, ГПа; |
| Т ₅₀ | - температура перехода в хрупкое состояние, порог хладноломкости; |
| К _V | - коэффициент обрабатываемости резанием; |
| К _С | - коэффициент стоимости. |

1 Задание на курсовую работу

Курсовая работа по дисциплине «Материаловедение» формирует у обучающихся навыки пользования технической, нормативной и периодической литературой; закрепления теоретических знаний по соответствующим разделам курса; ознакомления с различными видами термической обработки заготовок и готовых изделий, получения навыков выбора типа стали (сплава), удовлетворяющего требованиям, предъявляемым к определенной детали.

Пояснительная записка по курсовой работе должна включать: титульный лист, оглавление, задание, разделы содержательной части, заключение, список литературы, приложение.

Курсовая работа предусматривает:

1. Выбор марки стали и режима термической обработки деталей машин из конструкционных сталей (задание выдается преподавателем).

2. Выбор марки стали (сплава) и режима термообработки для инструмента, штампов инструментальных сталей.

3. Выбор марки цветного металла (сплава) для конкретной детали.

Задачей, стоящей перед студентом, исходя из условий эксплуатации изделия, является:

1. Составить комплекс требований, обеспечивающий надежность и долговечность детали (инструмента):

- механические нагрузки (статические, динамические): σ_B , $\sigma_{0,2}$, $HВ$, δ и ψ , КСЧ;

- влияние среды;

- диапазон рабочих температур.

2. Выбрать марки сталей, соответствующие заданным механическим свойствам:

- из этих сталей отобрать марки с соответствующей прокаливаемостью $D_{критич.}$ (технологические свойства).

- из оставшихся (двух-трех) марок выбрать сталь с наименьшей стоимостью (экономический фактор).

2. Для выбранной стали необходимо дать химический состав (по ГОСТу).

3. Объяснить влияние каждого легирующего элемента на механические, технологические свойства стали.

4. Для заготовки (отливка, поковка) выбрать режим отжига (предварительная термообработка).

5. Для готовой детали (инструмента) выбрать режим окончательной термической обработки (закалка, отпуск); при требовании различных свойств на поверхности детали и в сердцевине выбрать режим химико-термической обработки (цементация, азотирование и т.п.) или закалку поверхностную.

6. Нарисовать графики режима термообработки, указав изменения структуры на всех стадиях.

7. Описать конечную микроструктуру (при различии в свойствах дать структуры сердцевины и поверхностного слоя).

8. Дать механические свойства готового изделия (δ , ψ , σ_B , $\sigma_{0,2}$, KCU, HB).

9. По экономическим показателям (стоимости и дефицитности) легирующие элементы можно расположить в следующем порядке: Mn, Si, Zn, Al, Mg, Cr, Ti, Ni, Sn, Nb, Mo, W, V.

Однако если выбранная марка легированной стали обеспечивает уменьшение металлоемкости, повышение прокаливаемости, увеличение ресурса работы изделия и т.д., то в таких случаях применение дорогостоящей марки материала может быть экономически оправдано.

Номер задания для курсового проекта выбирается по последней цифре зачетной книжки. Номер варианта выбирается по предпоследней цифре зачетной книжки.

2 Правила оформления курсовой работы

Курсовая работа состоит из пояснительной записки объемом до 20 с.

Пояснительная записка

Пояснительная записка курсовой работы выполняется в программе «Word» на одной стороне листа стандартного размера 210x297 мм. Лист должен иметь поля: с левой стороны 30мм, справа, сверху и снизу – 20 мм.

Текст должен быть отпечатан шрифтом Times New Roman, размер 14; межстрочный интервал – полуторный; абзац сопровождается отступом 1,27; выравнивание текста по ширине; автоматический перенос слов; автоматическая вставка таблиц. Все страницы, кроме первой, нумеруются в правом нижнем углу.

Содержание с перечнем всех разделов и подразделов и их расположение по страницам помещается в начале проекта после титульного листа.

Разделы и подразделы нумеруются цифрами, например подраздел 3 второго раздела обозначается 2.3, а пункт первый подраздела 3 второго раздела – 2.3.1. и т.д. Не нумеруется введение, заключение и список использованных литературных источников.

Ссылка на использованный литературный источник в тексте пояснительной записки обязательна и оформляется в квадратных скобках с указанием порядкового номера, соответствующего положению этого источника в списке использованной литературы. Используемые источники следует располагать в списке литературы в алфавитном порядке. Использование источников без ссылок на них не допускается. Примеры библиографического описания литературных источников или документов даны в приложении 1.

Все иллюстрации (схемы, графики) называются рисунками и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах всей курсовой работы, например, рисунок 3, рисунок 4 и т.д.

При ссылках на иллюстрации следует писать «...на рисунке 8». На все иллюстрации должны быть ссылки в тексте.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночные подписи, подрисуночный текст). Сокращенное рис. (номер рисунка) и его наименование помещают симметрично под рисунком после пояснительных подписей. Точку в конце названия рисунка не ставят. Если рисунок не помещается на одной странице, можно переносить его на другие страницы.

Цифровой материал оформляется в виде таблиц. Таблицы нумеруются так же, как рисунки в пределах всего курсовой работы цифрами. Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. Если таблица не помещается на одной странице, то на последующих страницах в правом верхнем углу пишется «Продолжение табл.», а на последней странице «Окончание табл. ...». Заголовки таблиц должны быть единообразны: либо с заголовками, либо нет. Если шапка таблицы при ее продолжении не повторяется, следует указывать номера граф. На все таблицы курсовой работы должны быть ссылки в тексте. Образец титульного листа пояснительной записки дан в приложении 2.

Обозначение пояснительной записки следующее:

КР.32.15.03.02.2.52 ПЗ – пояснительная записка;

где: 32 – номер кафедры ИТО; 15.03.04 – направление подготовки;

2 – последняя цифра года выполнения проекта; 12, где 12 – номер варианта, ПЗ – пояснительная записка.

3 Методические указания по курсовой работе

Курсовая работа является самостоятельной работой студента. Выбор материала и виды термической обработки проводятся по методике, изложенной в учебно-методическом пособии, производятся студентом самостоятельно. В задачи преподавателя входит контроль над ходом выполнения курсовой работы, консультирование по полученным результатам и утверждение их.

Структура курсовой работы

Курсовая работа состоит из следующих разделов:

Содержание

Задание на курсовую работу

Введение

1. Методика выбора материала

1.1. Требования к выбору материала

2. Выбор материала

2.1. Описание выбора материала для заданной детали

2.2. Расчётная часть

Заключение

Список использованной литературы

После получения задания на курсовую работу студент самостоятельно подбирает литературу, используя предметные каталоги, ГОСТы, библиогра-

фические справочники, учебные пособия, справочники, нормативные документы сборники научных трудов, журнальные статьи, интернет и др.

Введение

Во введении излагаются теоретические основы рассматриваемого процесса. Объем 1–2 листа.

Методика выбора материалов

1.1 Требования к выбору материала

При назначении материала в первую очередь необходимо проанализировать условия эксплуатации и определить схему напряженного состояния, вызываемого внешними нагрузками, которым противостоят проектируемые детали. В табл. 1 приведена классификация основных автомобильных деталей по условиям работы их в конструкции, а также наиболее существенные характеристики материала, обеспечивающие работоспособность.

На основе опыта работы аналогичных деталей, учитывая их конструктивные особенности, можно прогнозировать возможные дефекты, возникающие в процессе эксплуатации. Характерные виды отказов, причины возникновения и рекомендации по их предотвращению приведены в табл. 5. Определив условия эксплуатации, а также требуемые свойства, типовые материалы и рекомендуемую упрочняющую обработку, надо по справочнику выбрать марки сталей (или других конструкционных материалов), соответствующих расчетным требованиям по механическим характеристикам. В существующих справочниках не всегда приведены все требуемые характеристики материалов.

Таблица 1 – Классификация деталей по условиям работы

| Условия работы и конструктивные особенности деталей | Требуемые свойства (основные) | Типовые детали | Примеры применяемых материалов | Типовая упрочняющая обработка | Примечание |
|---|--|---|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 Напряжения от внешних нагрузок и термических напряжений. Сложная конструктивная форма изделия | Механическая прочность. Сопротивление переменным циклическим напряжениям при изменениях температуры. Хорошая технологичность и теплопроводность | Блоки цилиндров. Головки блоков. Маховики. Тормозные диски | Серые чугуны СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ24. Алюминиевые сплавы АЛ9, АЛ4. Магниеые сплавы МЛ5 | Старение. Отжиг для снятия напряжений | Крупные графитовые включения имеют более высокую износостойкость по сравнению с мелкими |
| 2 Напряжения от термических и внешних нагрузок, механический износ в агрессивной среде и при повышенной температуре | Износостойкость и задиростойкость при повышенных температурах. Коррозионная стойкость. Хорошая технологичность (литейные свойства, обрабатываемость резанием, шлифуемость). Высокая усталостная прочность и теплостойкость | Гильзы цилиндров Клапанные седла. Поршневые кольца. Поршни. | Специальные чугуны (нирезист, хромоникелевые, хромомолибденовые и т.д.) Металлокерамика. Серые чугуны с прирабатывающими покрытиями. Алюминиевые сплавы АЛ2, АК4, АЛ25, АЛ30, АЛ9 | Старение. Различные покрытия (хромирование, лужение, сульфоцианирование, азотирование, фосфатирование) | |
| 3 Небольшие напряжения без деформации | Хорошие литейные свойства при удовлетворительной прочности | Корпусные детали типа масляных и водяных насосов | Серые чугуны СЧ15, СЧ18. Алюминиевые сплавы | | |
| То же, но возможны небольшие деформации в процессе эксплуатации | То же и, кроме того, способность к пластической деформации ($\delta = 3-12\%$) | Картеры главной передачи рулевого управления, ступицы колес | Ковкие чугуны КЧ35-10, КЧ-37-12. Высокопрочные чугуны. Стальное литье | Старение. Различные покрытия (хромирование, лужение, сульфоцианирование, азотирование, фосфатирование) | Для тонкостенных деталей применяются ковкие чугуны |

| 1 | 2 | 3 | 3 | 5 | 6 |
|--|---|---|---|---|---|
| 4 Трение качения при высоких контактных напряжениях | Износостойкость контактная выносливость, отсутствие деформации в процессе работы | Ролики и шарики подшипников, кольца подшипников, иглы форсунок, ролики толкателей | ШХ6, ШХ9, ШХ15, ШХ15СГ, 95Х18 | Закалка и низкий отпуск. Закалка, обработка холодом и низкий отпуск | Необходима сквозная прокаливаемость. Обработка холодом производится для уменьшения количества остаточного аустенита |
| 5 Трение скольжения при повышенной температуре в агрессивной среде | Износостойкость. Противозадирные свойства. Теплопроводность Выносливость, сопротивление пластической деформации, коррозионная стойкость | Подшипники скольжения. Втулки | Баббиты (Б83, Б89, БТ и др.). Алюминиевые, медные и цинковые подшипниковые сплавы. Порошковые материалы и многослойные композиции | | Оловянистые и свинцовые баббиты применяются при давлениях до 1500 МПа. При более высоких давлениях используют свинцовистую бронзу или алюминиевый сплав |
| 6 Динамические напряжения при циклических воздействиях | Высокая ударная вязкость. Выносливость | Шатуны, рычаги, ответственные болты | Улучшаемые стали 40, 40Х, 40Г, 45ХНМ, 40ХР 35Х, 45Х, 40ХНМ, 36ХМ и др. | Улучшение | Требуется сквозная прокаливаемость. Для повышения выносливости применяют обработку дробью, обкатку роликами и т.д. Для малоответственных деталей применяют нормализацию |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|--|--|--|---|
| 7 Невысокие динамические напряжения при циклических воздействиях и трении скольжения. Конструкционная форма простая | Высокая ударная вязкость сердцевины и износостойкая поверхность. Повышенный предел выносливости | Оси, валы, пальцы, тяги | Ст3, Ст4, Ст5,35, 40, 45 | Без термической обработки. Нормализация с последующей поверхностной закалкой ТВЧ и низким отпуском | Могут применяться и малоуглеродистые стали (10, 15Х, 20, 20Х и т.д.) с последующей цементацией или нитроцементацией, закалкой и низким отпуском |
| 8 То же, но высоконагруженные детали | То же | Валы, шаровые пальцы, распределительные и колленчатые валы | 45, 40ХГР, 18Х2Н4ВА, 45Х, 38Х2МЮА | Улучшение (нормализация) с последующей поверхностной закалкой и низким отпуском. Улучшение с последующим азотированием | |
| 9 Высокие динамические, контактные напряжения при циклическом воздействии и трении скольжения. Конструктивная форма сложная | Высокая ударная вязкость сердцевины и износостойкость поверхности. Высокая контактная выносливость, сопротивление к заеданию. Усталостная прочность | Шестерни, шлицевые детали, крестовины и т.д. | Цементуемые стали 25 ХГТ, 30ХГТ, 15Х, 18ХГТ, 20ХНМ, 12ХНЗА. Стали, подвергаемые нитроцементации 25ХГМ, 25ХГТ, 20ХГНМ, 19ХГН и др. Порошковые материалы | Цементация, закалка и низкий отпуск. Нитроцементация, закалка и низкий отпуск | Твердость поверхности 52...62 HRC Твердость сердцевины 35...45 HRC |
| 10 Большая упругая деформация при циклическом нагружении | Высокий предел упругости, выносливость | Рессоры, пружины, торсионы, мембраны | 65, 55С2, 65Г, 70, 70С3А, 50ХФА, 75, 60С2ХФА, 60С2ВА | Закалка и средний отпуск, обработка дробью | Твердость 40...50 HRC |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|--|--|--|---|--|
| 11 Трение в абразивной среде и потоке газов при высоких температурах и динамических нагрузках | Износостойкость. Жаропрочность и жаростойкость, сопротивление механической и термической усталости. Термостойкость | Клапаны авиадвигателей, седла клапанов | 40X (для выпускных клапанов), 40X9C2, 40X10C2M (для выхлопных клапанов) 80X2ОНС, 45X14Н14, 40X14Н14В2М, 12X18Н9Т | Закалка с последующим старением (отпуском) при температурах выше рабочей температуры детали | Рабочая температура до 700°С Рабочая температура до 800°С Рабочая температура до 900°С |
| 12 Силовые нагрузки | Штампуемость, свариваемость, коррозионная стойкость, пластичность ($\delta=30-40\%$), $\sigma_T = 170-300$ МПа, теплостойкость и морозостойкость | Несущие кузова, рамы, детали силовых конструкций | 08Ю, 08КП, 08ГСЮТ, 08ХГЮ, 10ХСНД, 15ХСНД | Нормализация | |

Таблица 2 – Характерные виды дефектов и отказов деталей

| Виды дефектов отказов | Признаки дефектов | Возможные причины появления дефектов | Примеры типовых деталей с данным дефектом | Способы предотвращения дефекта |
|-----------------------|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ДЕФОРМАЦИЯ | | | | |
| | Искажение формы детали, изменение размеров, нарушение зазоров в сопряжениях (изгиб, сжатие, вмятины, удлинение и т.д.), ползучесть (крип) | Недостаточно жесткая конструкция. Перегрузки или длительное действие переменных напряжений. Повышение температуры, ползучесть материала | Тяги, рычаги, валы, зубья шестерен, шатуны, подшипники скольжения, залитые мягким антифрикционным сплавом; штанги, стержни клапанов | Использование материалов с большей прочностью, применение упрочняющей обработки, улучшение отвода тепла, вызывающего ползучесть |
| РАЗРУШЕНИЕ | | | | |
| 1. Хрупкое | Кристаллический излом без предварительной пластической деформации | Низкая пластичность материала. Дефекты структуры (металлургические, технологические, эксплуатационные). Наличие концентраторов напряжений, большие внутренние напряжения. Понижение температуры | Сварные конструкции, шатуны, валы, детали ходовой части тракторов и автомобилей | Применение материалов с повышенной вязкостью и пониженной температурой хладноломкости. Устранение концентраторов напряжений. Соблюдение правил эксплуатации |
| 2. Вязкое | Волокнистый излом с предшествующей пластической деформацией | Перегрузка. Низкое качество материала. Несоответствующая структура, повышенная температура | Напряженные болты, пространственные конструкции, шатуны, валы, штанги | Применение более качественных и прочных материалов и упрочняющей термической обработки. Соблюдение правил эксплуатации |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------------|--|--|---|--|
| 3. Усталостное | Наличие двух зон на поверхности излома (зоны усталости и зоны долома) | Циклические напряжения выше предела выносливости. Наличие дефектов на поверхности. Растягивающие напряжения в поверхностном слое и технологические, конструктивные погрешности, вызывающие концентрацию напряжений (малые радиусы закруглений, надрезы и т.д.), низкая чистота обработки | Валы, шатуны, листовые рессоры, пальцы, пружины, зубчатые колеса, резьбовые соединения | Применение материалов с большим пределом выносливости, создание на поверхности остаточных напряжений сжатия путем ХТО, ТВЧ, различными видами ППД, улучшение конструкции деталей, увеличение радиусов переходов, сечений, повышение качества поверхности |
| ИЗНАШИВАНИЕ 1. Механическое | | | | |
| а) Абразивное | Образование на поверхностях деталей царапин, неглубоких борозд, шероховатости. Уменьшение размеров деталей | Воздействие абразивных частиц, попадающих в зону трения | Тормозные колодки, звенья гусениц, детали трансмиссии, рессорные пальцы, цилиндры, поршни, детали, работающие без смазки или при граничной смазке в пыльной атмосфере | Увеличение твердости рабочих поверхностей, применение легированных материалов, создание поверхностного упрочнения ХТО, ТВЧ, ППД, наплавкой твердыми сплавами и т.д. Улучшение смазки |
| б) Эрозионное | Уменьшение размеров и изнашивание поверхности | Воздействие на поверхность изделий потоков газов, жидкости, твердых частиц (в жидкостных или газовых потоках), электрического тока, космических потоков раскаленных газов (явление абляции) | Детали гидронасосов, плунжерные пары, трубопроводы, глушители, сопла и лопатки реактивных двигателей, клапаны, электроды, обшивки космических кораблей и др. | Повышение твердости, прочности и теплопрочности материала. Улучшение отвода тепла. Для деталей, подвергаемых действию тока или абляции, использование тугоплавких и жаропрочных материалов |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------------|---|--|--|---|
| в) Кавитационное | Появление каверн (вырывов) глубиной от нескольких микрон до десятков мм. Вибрация соединений, расшатывание крепежных связей, проявление усталостных поломок | Изменение давления потока жидкости, вызывающее появление областей пониженного давления, в которых образуются пузырьки пара. При последующем повышении давления пузырьки разрушаются с гидравлическим ударом, наклепывая и разрушая поверхность изделия | Гребные винты, лопасти турбин, детали гидронасосов, трубопроводы, наружные поверхности гильз | Повышение прочности и коррозионной стойкости поверхностей трубопроводов. Конструктивные мероприятия, предотвращающие резкое изменение давления жидкости в потоке |
| г) Усталостное | Усталостное выкрашивание, появление «питтингов» (ямок) глубиной от долей мм до нескольких мм. В результате усталостного изнашивания нарушается нормальная работа сопряжения | Пульсирующее действие высоких контактных напряжений в результате переменного давления на поверхности трения при граничной смазке | Зубчатые колеса, подшипники качения, железнодорожные рельсы, пальцы и другие детали | Повышение поверхностной твердости путем ХТО, ТВЧ, ППД. Применение соответствующей смазки. Уменьшение контактных напряжений. Повышение чистоты поверхности. Толщина упрочненного слоя должна быть в 2 раза больше глубины распространения касательных напряжений |
| 2. Коррозионно-механическое | | | | |
| а) Окислительное | Изменение размеров деталей по мере износа. Поверхности трения имеют блестящий, гладкий вид | Образование и разрушение окисных пленок. Нормальный окислительный износ возможен при условии, что скорость разрушения защитных пленок примерно равна скорости их образования | Валы, пальцы, оси, подшипники скольжения и другие детали, работающие как при трении без смазки, так и при граничной смазке в условиях трения | Применение оптимальных скоростей трения, подбор соответствующих пар трения |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------------|---|--|---|---|
| б) Фреттинг-коррозия | Образование на поверхностях контакта следов коррозии в виде налетов, пятен, язв и каверн | Малые взаимные перемещения колебательного характера в сопряженных соединениях в условиях окислительной среды. Характеризуется периодическим разрушением окисных пленок деталей и образованием вторичных структур | Листовые рессоры, заклепочные соединения, соединения со скользящей или прессовой посадками, болтовые соединения, втулки и другие детали | Увеличение жесткости соединений и площади контакта. Применение коррозионно-стойких материалов на поверхностях соединений. Повышение твердости одной из контактирующих поверхностей. Использование материалов с высокой адгезией окисных пленок. Применение промежуточных слоев из мягких материалов |
| в) Водородный износ | Появление царапин, борозд, уменьшение размеров | Выделение атомарного водорода при трении из смазки, топлива и его адсорбирование на поверхности с последующим возникновением химических соединений или твердых растворов | Шестерни, валы и другие детали | Введение в смазку веществ, связывающих водород, отвод тепла от участков контакта |
| 3. Молекулярно-механическое | | | | |
| а) Схватывание 1-го рода | Глубокие борозды (до 0,5 мм) в направлениях перемещения трущихся поверхностей, вырывы металла с поверхности трения и другие повреждения | Трение скольжения с малыми скоростями, но высокими удельными давлениями, превышающими предел текучести при «сухом» и граничном трении | Клапанные детали гидравлических машин, подшипники скольжения, зубчатые колеса, поршни и т.д. | Повышение твердости и прочности трущихся поверхностей. Создание прочных неметаллических пленок (фосфатных, окисных). Применение оптимальной смазки. Уменьшение удельной нагрузки. Соблюдение температурного режима |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------|--|--|---|--|
| б) Схватывание 2-го рода | Неглубокие борозды, царапины, следы оплавления и размазывания жидкого расплава по поверхности трения. Глубина разрушенной зоны – до 0,1 мм | Большие скорости трения и высокие удельные давления в процессе трения скольжения без смазки или при граничной смазке | Детали поршневой группы, втулки, направляющие и т.д. | Улучшение смазки и отвода тепла, повышение жаропрочности и жаростойкости поверхностей трения, снижение удельных напряжений |
| КОРРОЗИЯ | | | | |
| 1. Общая или сплошная | Образование окислов в результате взаимодействия с внешней средой по всей поверхности детали | Взаимодействия с агрессивной внешней средой или с воздушной атмосферой | Стальные, чугунные, латунные и другие детали, образующие химические соединения с кислородом | Применение различных защитных покрытий (гальванических, химических, полимерных и т.д.). Окраска поверхностей. Протекторная защита. Использование коррозионно-стойких материалов. Создание нейтральных атмосфер для работы механизмов |
| 2. Точечная или пятнистая | Отдельные локальные повреждения в виде каверн, язв, точек, пятен, налетов | Неоднородные по структуре или составу материалы с разным сопротивлением коррозии отдельных составляющих | То же | То же |
| 3. Интеркристаллитная | Коррозия по границам зерен металла. Понижение прочности и пластичности, потеря металлического звука при ударе | Выделение легирующих элементов (например хрома) из твердого раствора, обеднение защитным элементом границ зерен, создание благоприятных условий для продвижения кислорода в глубь детали | Клапаны двигателей. Детали из хромоникелевых сталей аустенитного класса и другие детали | Введение в сталь легирующих компонентов, имеющих большее сродство с кислородом, чем основной легирующий элемент. Принятие мер, исключающих выделение защитного элемента из твердого раствора |

Недостающие данные можно ориентировочно определить по эмпирическим соотношениям, приведенным в главе 1.4. Так, например, предел прочности в отожженной стали связан с твердостью коэффициентом К

$$\sigma_B = K \cdot HB, \text{ где } K = 2,9 \dots 3,1.$$

Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ для улучшенных сталей можно получить, зная σ_B , по формуле $\sigma_{0,2} = (0,7-0,85) \sigma_B$, а для нормализованных и отожженных сталей $\sigma_{0,2} = (0,55-0,7) \sigma_B$.

Предел выносливости σ_{-1} для гладких образцов составляет $0,45 \sigma_B$.

На рис. 1 приведены зависимости некоторых механических характеристик ($\sigma_{0,2}$, Ψ и КСЧ) от значений прочности σ_B , полученные экспериментальным путем на большом количестве сталей.

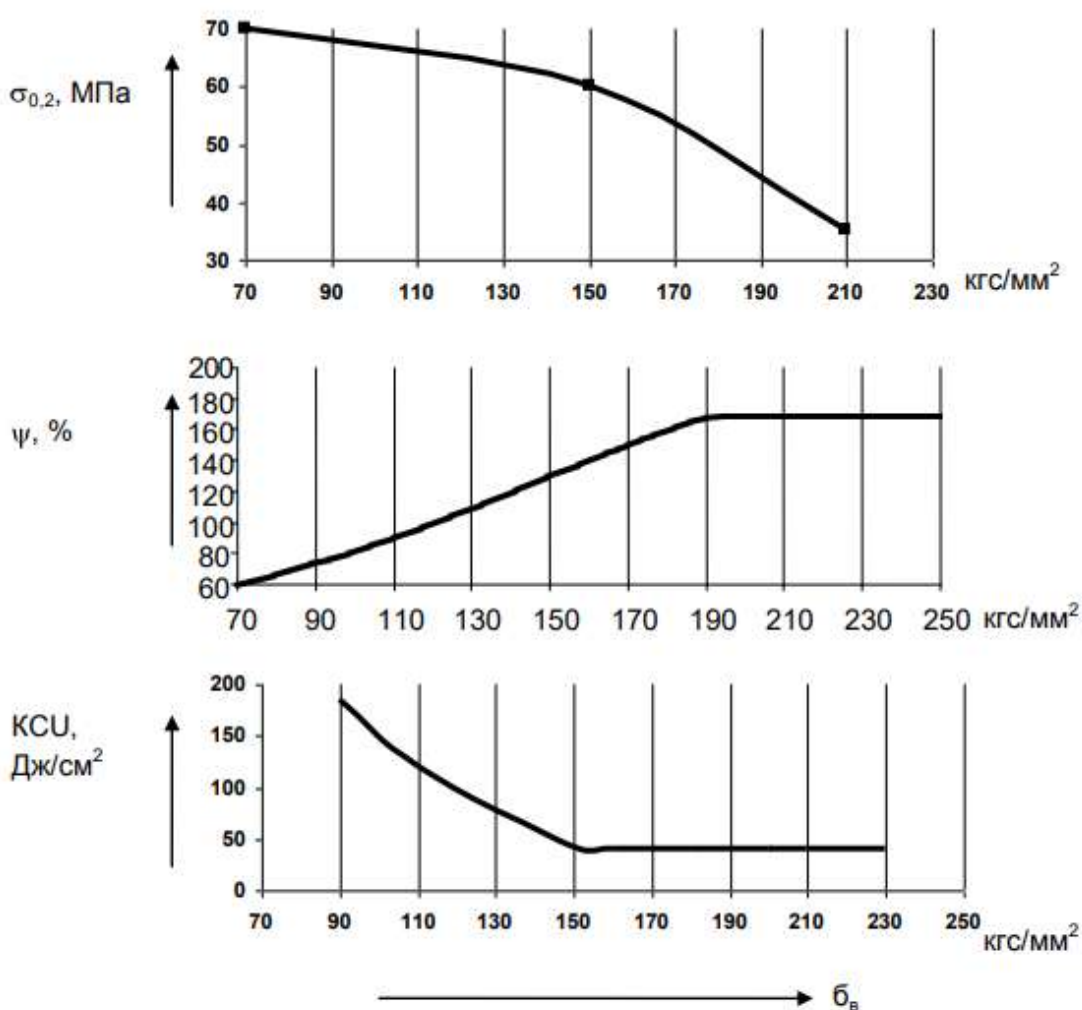


Рис. 1 – зависимости некоторых механических характеристик ($\sigma_{0,2}$, Ψ и КСЧ) от значений прочности σ_B , полученные экспериментальным путем

Следует отметить, что справочные данные, полученные на образцах, не могут быть использованы без учета масштабного фактора при расчете реальных деталей. Получив справочные данные по нескольким материалам, соответствующих предъявленным требованиям, необходимо уточнить, нужна ли сквозная прокаливаемость для проектируемой детали. Если в сердцевине детали

должна быть одна из отпускных структур – мартенсит отпуска, троостит отпуска или сорбит отпуска, – то определяется критический диаметр $D_{кр}$ для выбранных сталей по полосам прокаливаемости или по справочным данным и сравнивается с размером сечения детали. В тех случаях, когда $D_{кр}$ оказывается меньшим, чем диаметр детали, приходится выбирать более легированную сталь.

Из материалов, удовлетворяющих эксплуатационным требованиям, целесообразно выбирать более дешевые и обладающие лучшей обрабатываемостью резанием.

1.2 Расчет стоимости материала

Стоимость оценивается по индексу стоимости a , равному отношению выбранной стоимости стали к стоимости стали Ст3,

$$a = \text{стоимость новой стали} / \text{стоимость Ст3}.$$

1.3 Обрабатываемость стали

Для определения обрабатываемости стали используют скорость резания, при которой достигается 60-минутная стойкость режущего инструмента до регламентируемого износа – V_{60} , м/мин (подробнее см. справочную литературу). Критерий V_{60} является абсолютным показателем обрабатываемости. Чаще используют относительный показатель $K_V = V_{60i}/V_{60эт}$, где V_{60i} и $V_{60эт}$ – обрабатываемость исследуемой и эталонной стали. За эталон принимают сталь 45 с твердостью 160...180 НВ.

1.4 Целесообразность выбора стали

Этот показатель проверяется по коэффициенту экономической целесообразности $K_{эц}$

$$K_{эц} = v/a,$$

где v – сравнительное увеличение предела текучести при использовании выбранной стали в отличие от предела текучести стали Ст3

$$\sigma_v = \sigma_{0,2} \text{ выбр. стали} / \sigma_{0,2} \text{ стали Ст3 (250 МПа)}.$$

1.5 Примеры выбора материалов для конкретных деталей

Рассмотрим применение методики выбора материала для маломодульной шестерни ($m = 4$), для которой предусмотрено серийное производство. Расчетные напряжения, полученные для зубьев шестерни, допускают применение материалов с $\sigma_T \geq 350$ МПа, $\delta \geq 12\%$, $\sigma_K \geq 12$ МПа.

Сначала определяются основные виды дефектов, характерные для шестерен. В условиях эксплуатации зубья шестерен разрушаются в результате усталости, деформируются при перегрузках, подвержены усталостному изнашиванию. Для предотвращения таких дефектов рекомендуются различные способы поверхностного упрочнения, а также применение материалов с большими значениями предела выносливости. По табл. 1 определяем группу деталей, условия работы которых в наибольшей степени совпадают с условиями эксплуатации

проектируемой шестерни. Поскольку форма детали сложная, то, по-видимому, это группа 9 для изделий, испытывающих динамические воздействия при высоких контактных напряжениях и трении скольжения. Для таких условий работы рекомендуют стали с содержанием углерода 0,1...0,3% (так называемые «цементуемые»).

В качестве упрочняющей обработки применяют цементацию или нитроцементацию. Эти виды обработки обеспечивают вязкость сердцевины и износостойкость поверхности, а также высокие сопротивление заеданию и предел выносливости.

Можно подобрать также и улучшаемую сталь, которая после поверхностной закалки с последующим низким отпуском имеет высокую вязкость сердцевины и поверхностную износостойчивость. Однако от такого варианта следует отказаться исходя из следующих соображений. Зуб шестерни должен иметь равномерный упрочненный слой толщиной 0,5...0,8 мм, так как толщина зуба небольшая. Такое требование накладывает на точность изготовления индуктора жесткие допуски, что практически невозможно осуществить. Различная величина зазора между деталью и индуктором по поверхности зуба приведет к неравномерной глубине слоя, а это при данных размерах шестерни недопустимо.

Таким образом, целесообразнее применить для изготовления проектируемой шестерни одну из цементуемых сталей.

Применение цианирования ограничено из-за токсичности насыщающих сред, и поэтому этот процесс нежелателен. Нитроцементация предпочтительнее цементации, поскольку она проводится при более низких температурах, что позволяет избежать деформаций после химико-термической обработки. После нитроцементации требуется закалка и низкий отпуск. Сложная форма детали определяет охлаждающую среду при закалке. Вода как охладитель вызывает большие внутренние напряжения, что влечет за собой деформацию зуба.

По справочнику или по табл. 2 выбираем группу сталей, соответствующих требованиям по прочности $\sigma_{0,2} = 350...400$ МПа и пластичности $\delta = 12...14$ %. Это стали 15ХФ, 15ХФМ, 25ХГТ, 25ХГМ, 20ХН и ряд других. Наиболее дешёвая из них 15ХФ, её индекс стоимости 1,14.

Однако выбор материала обусловлен не только приведенными соображениями, но и затратами на обработку. В нашем случае основные расходы на изготовление шестерни приходятся на механическую обработку (токарные и зуборезные работы), поэтому скорость резания износостойкость инструмента могут повлиять на окончательный выбор стали.

По условию задания изготовление шестерен предполагается проводить большими партиями. Определяем по справочнику значение коэффициента обрабатываемости KV. Из перечисленных выше сталей наибольший коэффициент обрабатываемости у стали 15ХФ – $KV = 1,7$ для твердосплавного и 1,3 для быстрорежущего инструмента.

Окончательный выбор материала определяется экономическими соображениями. В нашем случае коэффициент экономической целесообразности КЭЦ = 1,14.

Таблица 3 – Цементуемые стали

| Марка стали | σ_B , МПа | $\sigma_{0,2}$, МПа | δ , % | Ψ , % | КСУ | σ_{-1} , МПа | Обрабатываемость, K_V | $d_{кр}$, мм | Индекс стоимости |
|-------------|------------------|----------------------|--------------|------------|-----|---------------------|-------------------------|---------------|------------------|
| 10 | 400 | 250 | 25 | 55 | 60 | 200 | 1,6 | 7,5 | 1,0 |
| 15 | 500 | 275 | 20 | 50 | 60 | 217 | 1,1 | 9 | 1,1 |
| 15Г | 500 | 275 | 20 | 50 | 60 | 217 | 1,1 | 9 | 1,1 |
| 20 | 550 | 325 | 18 | 45 | 55 | 210 | 1,1 | 11 | 1,1 |
| 25 | 600 | 350 | 17 | 45 | 55 | 225 | 1,1 | 11 | 1,1 |
| 15Х | 900 | 800 | 17 | 52 | 80 | 230 | 1,7 | 12,5 | 1,2 |
| 15Г | 900 | 800 | 17 | 52 | 80 | 230 | 1,7 | 12,5 | 1,2 |
| 15ХФ | 900 | 800 | 17 | 52 | 80 | 230 | 1,7 | 12,5 | 1,2 |
| 20Х | 850 | 630 | 10 | 40 | 60 | 230 | 1,0 | 19 | 1,26 |
| 18ХГТ | 1000 | 900 | 9 | 50 | 80 | 350 | 1,0 | 30 | 1,3 |
| 20ХГР | 1000 | 800 | 9 | 50 | 80 | 520 | 1,0 | 30 | 1,4 |
| 25ХГМ | 1200 | 1100 | 10 | 45 | 80 | 580 | 0,9 | 55 | 1,6 |
| 25ХГСА | 1100 | 1000 | 9 | 45 | 80 | 580 | 0,9 | 55 | 1,6 |
| 12ХН3А | 950 | 800 | 11 | 55 | 105 | 390 | 0,85 | 50 | 2,0 |
| 15ХГН2ТА | 950 | 750 | 11 | 55 | 100 | 380 | 0,8 | 100 | 2,4 |
| 18Х2Н4МА | 1150 | 850 | 12 | 50 | 100 | 560 | 0,7 | 100 | 2,8 |
| 20ХН3МА | 900 | 700 | 11 | 50 | 70 | 340 | 1,4 | 100 | 2,5 |
| 30ХН3МА | 1100 | 850 | 12 | 55 | 100 | 360 | 0,6 | 100 | 2,5 |
| 12Х2Н4МА | 1200 | 950 | 10 | 50 | 80 | 530 | 0,7 | 100 | 2,6 |
| 15ХМ | 800 | 600 | 12 | 50 | 90 | 450 | 0,9 | 100 | 2,0 |
| 20ХМ | 800 | 600 | 12 | 50 | 90 | 450 | 0,9 | 100 | 2,0 |
| 25Х2Н4МА | 1100 | 950 | 11 | 45 | 90 | 530 | 0,5 | 100 | 2,4 |
| 30ХГТ | 1100 | 800 | 12 | 60 | 60 | 850 | 0,7 | 25 | 1,3 |

Таблица 4 – Рессорно-пружинные стали

| Марка стали | σ_B , МПа | $\sigma_{0,2}$, МПа | δ , % | Ψ , % | σ_{-1} , МПа | Обрабаты- ваемость, K_V | $d_{кр}$, мм | Индекс стоимости |
|-------------|------------------|----------------------|--------------|------------|---------------------|------------------------------|---------------|---------------------|
| 65 | 1000 | 800 | 10 | 35 | 350 | 16 | 0,9 | 1,1 |
| 75 | 1100 | 900 | 9 | 30 | 375 | 18 | 0,7 | 1,1 |
| 85 | 1150 | 1000 | 9 | 30 | 375 | 18 | 0,7 | 1,1 |
| 55С2 | 1300 | 1200 | 8 | 30 | 500 | 40 | 0,7 | 1,4 |
| 60С2 | 1600 | 1400 | 6 | 25 | 500 | 40 | 0,7 | 1,4 |
| 70С3 | 1800 | 1600 | 6 | 25 | 550 | 45 | 0,6 | 1,5 |
| 50ХГ | 1310 | 1150 | 7 | 35 | 620 | 30 | 0,7 | 1,5 |
| 55ХФА | 1300 | 1100 | 8 | 35 | 500 | 35 | 0,7 | 1,6 |
| 55ХГР | 1400 | 1250 | 5 | 30 | 520 | 35 | 0,75 | 1,6 |
| 65Г | 1000 | 800 | 9 | 35 | 380 | 20 | 0,6 | 1,4 |
| 60Г | 1000 | 800 | 9 | 35 | 380 | 20 | 0,6 | 1,4 |
| 60С2ХФ | 1750 | 1600 | 6 | 20 | 600 | 55 | 0,55 | 1,6 |
| У8 | 750 | 650 | 10 | 25 | 420 | 18 | 0,8 | 1,0 |
| У9 | 750 | 650 | 10 | 25 | 420 | 18 | 0,8 | 1,0 |
| У12 | 750 | 650 | 10 | 25 | 420 | 18 | 0,8 | 1,0 |

Таблица 5 – Улучшаемые стали

| Марка стали | $\sigma_{0,2}$, МПа | σ_{-1} , МПа | Ψ , % | KCU | $d_{кр}$, мм | Индекс стоимости | Обрабатываемость, K_V |
|-------------|----------------------|---------------------|------------|-------|---------------|------------------|-------------------------|
| 30 норм. | 320,0 | 207,0 | 21,0 | 70,0 | 18,0 | 1,05 | 1,0 |
| 30 ул. | 490,0 | 240,0 | 22,0 | 74,0 | 18,0 | 1,05 | 1,0 |
| 35 норм. | 320,0 | 207,0 | 21,0 | 70,0 | 18, | 1,05 | 1,0 |
| 35 ул. | 490,0 | 240,0 | 22,0 | 74,0 | 18,0 | 1,05 | 1,0 |
| 40 норм. | 340,0 | 317,0 | 19,0 | 60,0 | 18,0 | 1,05 | 1,2 |
| 40 ул. | 350,0 | 317,0 | 18,0 | 60,0 | 18,0 | 1,05 | 1,05 |
| 45 норм. | 360,0 | 330,0 | 17,0 | 50,0 | 25,0 | 1,0 | 1,0 |
| 45 ул. | 470,0 | 338,0 | 20,0 | 55,0 | 25,0 | 1,0 | 1,0 |
| 50Г норм. | 370,0 | 340,0 | 20,0 | 50,0 | 30,0 | 1,1 | 0,9 |
| 50Г ул. | 380,0 | 340,0 | 20,0 | 55,0 | 30,0 | 1,1 | 0,9 |
| 40Г норм. | 360,0 | 335,0 | 17,0 | 60,0 | 30,0 | 1,1 | 0,9 |
| 40Г ул. | 440,0 | 335,0 | 23,0 | 65,0 | 30,0 | 1,1 | 0,9 |
| 30Г норм. | 350,0 | 335,0 | 20,0 | 70,0 | 25,0 | 1,1 | 0,8 |
| 30Г ул. | 480,0 | 335,0 | 23,0 | 80,0 | 25,0 | 1,1 | 0,8 |
| 35Т норм. | 350,0 | 335,0 | 20,0 | 70,0 | 25,0 | 1,1 | 0,8 |
| 35Т ул. | 480,0 | 335,0 | 23,0 | 80,0 | 25,0 | 1,1 | 0,8 |
| 35Х ул. | 500,0 | 380,0 | 16,0 | 60,0 | 60,0 | 1,15 | 0,8 |
| 40Х ул. | 500,0 | 380,0 | 16,0 | 60,0 | 60,0 | 1,15 | 0,8 |
| 40ХР | 600,0 | 390,0 | 12,0 | 50,0 | 100,0 | 1,2 | 0,9 |
| 40ХФА | 750,0 | 380,0 | 10,0 | 90,0 | 35,0 | 1,55 | 0,9 |
| 45Х | 650,0 | 380,0 | 13,0 | 60,0 | 40,0 | 1,4 | 0,85 |
| 40Г2 | 650,0 | 380,0 | 16,0 | 60,0 | 45,0 | 1,4 | 0,8 |
| 40ХС | 800,0 | 380,0 | 16,0 | 60,0 | 45,0 | 1,4 | 0,8 |
| 40ХГТР | 800,0 | 380,0 | 11,0 | 80,0 | 50,0 | 1,6 | 0,7 |
| 30ХМА | 600,0 | 470,0 | 19,0 | 190,0 | 30,0 | 2,0 | 0,7 |
| 30ХНЗА | 800,0 | 430,0 | 10,0 | 80,0 | 100,0 | 3,0 | 0,7 |
| 40Х2Н2МА | 750,0 | 450,0 | 13,0 | 60,0 | 120,0 | 2,5 | 0,7 |
| 40ХН | 600,0 | 400,0 | 12,0 | 50,0 | 60,0 | 1,9 | 0,7 |
| 30ХГСА | 750,0 | 380,0 | 10,0 | 60,0 | 60,0 | 2,0 | 0,85 |
| 35ХМ | 850,0 | 420,0 | 12,0 | 80,0 | 65,0 | 1,9 | 0,5 |

Однако выбирать более легированную сталь нецелесообразно, так как прочные материалы хуже обрабатываются резанием, увеличивается износ инструмента, уменьшается скорость резания.

Обрабатываемость стали 15ХФ удовлетворяет предъявленным требованиям и для средних партий изготавливаемых деталей вполне подходит.

Рассмотрим следующий пример выбора материала для шатуна диаметром 20 мм со следующими требованиями к механическим свойствам:

$$\sigma_{0,2} = 600 \text{ МПа}, \sigma_{-1} \geq 350 \text{ МПа}, \text{ KCU} \geq 50 \text{ Дж/см}^2.$$

Условия работы шатуна – пульсирующие напряжения сжатия и растяжения и ударный изгиб. По табл. 1 определяем группу деталей, сходных по условиям работы, требуемые свойства и структуру материала. В нашем случае это группа 6. По табл. 2 определяем характерные дефекты для деталей данной группы – хрупкое и усталостное разрушение, деформацию тела шатуна.

Для нормальной работы детали требуются повышенные пределы текучести и выносливости, высокое сопротивление распространению трещины. Рекомендуемая структура, обладающая такими свойствами, – сорбит зернистый или сорбит пластинчатый. Учитывая, что шатун относится к наиболее ответственным деталям двигателя, выбираем сорбит зернистый, имеющий более высокие механические характеристики по сравнению с пластинчатым.

Известно, что сорбит зернистый получают путем закалки и высокого отпуска. Такой термической обработке подвергаются главным образом улучшаемые стали. Из справочника выбираем стали, соответствующие основным требованиям по механическим свойствам. Это 40ХФА, 40ХС, 30ХГСА, 55, 40ХГТР и др.

Поскольку получение сорбита зернистого возможно только из мартенсита, необходимо, чтобы шатун полностью прокаливался в процессе закалки, так как детали, работающие на растяжение, должны иметь по всему сечению однородную структуру, состоящую на 99,9 % из мартенсита.

В справочниках обычно приведен критический диаметр D_{50} , а $D_{99,9}$ определяется из соотношения $D_{99,9} = 0,5D_{50}$. Проверяя выбранные стали, устанавливаем, что нелегированные стали не обеспечивают требуемой прокаливаемости. Все легированные стали удовлетворяют требованиям прокаливаемости, но часть из них плохо обрабатывается резанием и их стоимость высока. Наиболее дешевая сталь 50Х имеет $D_{50} = 30 \dots 55$ мм при закалке в масле, следовательно, $D_{99,9} = 15 \dots 27$ мм. Индекс стоимости равен 1,2, т.е. сталь недорогая. Проверяем свойства данной стали по справочнику. После закалки и отпуска при температуре 520 °С $\sigma_B = 900$ МПа, $\text{KCU} = 40$ Дж/см², а после отпуска 540...580 °С $\sigma_B = 800$ МПа, $\sigma_{0,2} = 650$ МПа, $\text{KCU} = 60$ Дж/см² и $\sigma_{-1} = 600$ МПа. В нашем случае требуется повышенная ударная вязкость, поэтому выбираем более высокую температуру отпуска.

Таким образом, сталь 50Х в наибольшей степени удовлетворяет требованиям, предъявляемым к материалу шатуна. Повышения предела выносливости можно достигнуть обработкой дробью, которая проводится после окончательной термической и механической обработки шатуна. При этом в поверхностном слое создаются остаточные напряжения сжатия, способствующие повышению предела выносливости детали.

После выбора марки стали следует описать технологический процесс термообработки с указанием получаемых структур на каждом его этапе; дать

прогноз по механическим и эксплуатационным свойствам детали, изготовленной из выбранной стали после термообработки.

В табл. 3–5 приведены наиболее распространенные марки цементуемых, улучшаемых и рессорно-пружинных сталей и их механические характеристики.

Заключение

В заключении показываются результаты целесообразности выбора материалов и упрочняющей обработки с учетом эксплуатационных, технологических и экономических требований.

Варианты задания курсовой работы

Вариант 1

1.1 Завод должен изготовить вал двигателя буровой установки с характерным диаметром d (30, 60, 120) мм. Материал вала должен иметь временное сопротивление растяжению не ниже в (750, 900, 1200) МПа. Выбрать сталь для изготовления валов, обосновать сделанный выбор, рекомендовать режим термической обработки и указать структуру в готовом вале.

1.2 Плашки из стали У11А закалены: первая – от температуры 760 °С, а вторая – от температуры 850 °С. Используя диаграмму железо – карбид железа, объясните, какая из этих плашек закалена правильно, имеет более высокие режущие свойства и почему.

1.3 Выберите латунь для изготовления деталей путем глубокой вытяжки. Расшифруйте состав и опишите структуру сплава. Назначьте режим промежуточной термической обработки, применяемой между отдельными операциями вытяжки, обоснуйте выбранный режим. Дайте общую характеристику механических свойств сплава.

Вариант 2

2.2 Тросы, применяемые в условиях морской нефтегазодобывающей платформы, должны обладать высоким пределом прочности σ_v (800, 900, 1000) МПа и высокой устойчивостью против коррозии в морской воде, Указать состав стали, устойчивой, против корродирующего действия морской воды (без применения защитных покрытий), технологический процесс изготовления тросов обеспечивающий получение высоких механических свойств в готовом тросе, и структуру стали. Сравнить структуру, стойкость против коррозии и поведение при сварке стали выбранного состава с хромистой сталью с содержанием 14 % Cr и 0,1 % C. Указать для сравнения механические свойства, режим обработки и структуру стали, применяемой для изготовления тросов, от которых по условиям эксплуатации не требуется повышенной стойкости против коррозии.

2.2 Выбрать марку стали для долбяков наружным диаметром 60 мм, обрабатывающих с динамической нагрузкой конструкционные стали твердостью 200–230 НВ. Рекомендовать режим термообработки, указать структуру после каждого этапа термообработки, конечные свойства? Объяснить влияние каждого легирующего элемента.

2.3 Для изготовления ряда деталей в авиастроении применяется сплав МЛ5. Расшифруйте состав сплава, опишите характеристики механических свойств и приведите режим используемой термообработки.

Вариант 3

3.1 На заводе изготавливали валы двигателей внутреннего сгорания диаметром d (40,60,80) мм из стали с пределом текучести 200–230 МПа и относительным удлинением δ – 20–22 %. В дальнейшем был получен заказ на валы такого же диаметра для более мощных двигателей; завод должен был гарантировать предел текучести не ниже $\sigma_{0.2}$ (550, 620, 680) МПа и ударную вязкость не ниже 800 кДж/м².

Указать стали, режим термической обработки, структуру и механические свойства после окончательной обработки. Указать, как изменится отношение $\sigma_{0.2}/\sigma_B$ у выбранных сталей в результате выполнения улучшающей термической обработки.

3.2 Выбрать сталь для червячных фрез (изготовлены из проката диаметром 40 мм), обрабатывающих конструкционные стали твердостью 220–240 НВ. Предложить режим термической обработки фрез из выбранной быстрорежущей стали, указать микроструктуру после каждого этапа термообработки, конечные свойства? Объяснить влияние каждого легирующего элемента.

3.3 Выберите литейный алюминиевый сплав для поршней двигателей внутреннего сгорания, работающих при температуре 200–250 °С. Расшифруйте состав сплава, укажите способ изготовления детали из данного сплава. Опишите режим упрочняющей термообработки и объясните природу упрочнения.

Вариант 4

4.1 Шестерни привода штанговых насосных установок подвергаются действию знакопеременных и ударных нагрузок и должны иметь максимально однородные свойства в продольном и поперечном направлениях. Их изготавливают в зависимости от типа привода из стали с временным сопротивлением растяжению σ_B (700–750, 900–950, 1100–1150) МПа. Ударная вязкость, соответственно, должна быть не ниже (600, 700, 800) кДж/м².

Выбрать сталь для шестерен, обеспечивающую комбинацию требуемых свойств, привести состав, марку, режим термической обработки, микроструктуру и механические свойства в готовом изделии.

4.2 Плашки из стали У11А закалены: первая – от температуры 760 °С, а вторая – от температуры 850 °С. Используя диаграмму железо – карбид железа, объясните, какая из этих плашек закалена правильно, имеет более высокие режущие свойства и почему.

4.3 Выберите титановый сплав для обшивки летательных аппаратов. Приведите химический состав сплава, режим упрочняющей термической обработки и получаемую структуру.

Вариант 5

5.1 Зубчатые колеса нефтедобывающего оборудования в зависимости от условий работы и возникающих напряжений можно наготавливать из стали обыкновенного качества, качественной углеродистой и легированной с различным содержанием легирующих элементов.

Руководствуясь техническими и экономическими соображениями, выбрать сталь для изготовления колес диаметром d (40, 50, 60) мм и толщиной (20, 30, 40) мм с пределом текучести не ниже $\sigma_{0,2} = 360\text{--}380$ МПа.

Указать термическую обработку колес, механические свойства и структуру выбранной стали в готовом изделии и сравнить их с механическими свойствами и структурой сталей 45 и 40 ХН после улучшающей термической обработки.

5.2 выбрать марку стали для протяжек, обрабатывающих конструкционные стали твердостью 250 НВ. Указать режим термообработки, структуру, свойства стали для случаев изготовления протяжек из проката диаметром 40 и 85 мм.

5.3 Для изготовления деталей двигателя внутреннего сгорания выбран сплав АК6. Расшифруйте состав сплава, приведите характеристики механических свойств сплава при повышенных температурах и объясните, за счет чего они достигаются.

Вариант 6

6.1 Выбрать сталь для изготовления валов приводов оборудования нефтегазопереработки диаметром d (45, 65, 85) мм. По расчету, сталь для валов, соответственно, должна иметь предел текучести не ниже $\sigma_{0,2}$ (350, 500, 700) МПа.

Указать: 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?

6.2 Выбрать марку быстрорежущей стали умеренной теплостойкости для червячных фрез наружным диаметром 30 и 80 мм (из катанной стали). Рекомендовать режим термообработки и способ химико-термической обработки, дополнительно повышающей теплостойкость фрез, В чем заключается различие в структуре и свойствах стали из проката разного диаметра? Объяснить влияние каждого легирующего элемента.

6.3 Выберите оловянистую бронзу для отливок сложной конфигурации. Расшифруйте состав и опишите структуру сплава. Приведите термическую обработку, применяемую для снятия внутренних напряжений, возникающих в результате литья. Опишите механические свойства бронзы.

Вариант 7

7.1 Выбрать сталь для изготовления тяжело нагруженных коленчатых валов диаметром d (40, 60, 80) мм, предел текучести, соответственно, должен быть не ниже $\sigma_{0.2}$ (750, 900, 1100) МПа.

Рекомендовать состав и марку стали, режим термической обработки, структуру и механические свойства после закалки и отпуска.

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

7.3 Выберите латунь, которая пригодна для изготовления тонкостенных труб. Расшифруйте состав и опишите структуру сплава. Назначьте режим отжига, применяемого между операциями волочения, обоснуйте выбранный режим. Дайте общую характеристику механических свойств сплава.

Вариант 8

8.1 Конические зубчатые колеса диаметром d (30, 50, 70) 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.

Выбрать углеродистую цементуемую сталь, указать состав, рекомендовать режим термической обработки для получения максимальной вязкости в сердцевине изделия, если цементация выполняется в твердом карбюризаторе. Одновременно для сравнения указать режим термической обработки после цементации в газовой среде.

Указать механические свойства стали в сердцевине изделия и твердость на поверхности после окончательной термической обработки к объяснить, целесообразно ли применение для этой цели стали обыкновенного качества.

8.2 При обработке стали твердостью более 280–300 НВ резцы из быстрорежущей стали не имеют достаточной стойкости. Указать состав сплава, обладающего более высокими режущими свойствами. Вследствие высокой стойкости и большой хрупкости такого сплава привести способ изготовления составных резцов и указать сталь, из которой следует изготовить державку резца, Указать структуру, механические свойства, теплостойкость и способ изготовления выбранного сплава.

8.3 Выберите оловянистую бронзу для отливок сложной конфигурации. Расшифруйте состав и опишите структуру бронзы. Назначьте режим термообработки для снятия внутренних напряжений, возникающих после литья. Опишите механические свойства этой бронзы.

Вариант 9

9.1 Палец шарнира диаметром d (15, 25, 35) мм работает на изгиб и срез и должен, кроме того, обладать высокой износостойкостью на поверхности и высоким сопротивлением хрупкому и вязкому разрушению в сердцевине.

Выбрать углеродистую сталь, привести ее состав и марку, рекомендовать режим химико-термической и термической обработки и указать структуру, механические свойства в сердцевине и твердость на поверхности после окончательной обработки.

Указать желательную толщину твердого поверхностного слоя. Объяснить, в каких случаях необходимо выбрать легированную сталь, и какие механические свойства можно гарантировать в сталях выбранных различных марок.

9.2 Выбрать марку легированной инструментальной стали для изготовления круглых плашек, пригодных для обработки мягкой низкоуглеродистой стали. Указать режим термической обработки и способы защиты от обезуглероживания при нагреве под закалку. Привести химический состав, микроструктуру, основные свойства стали.

9.3 Для изготовления деталей выбран сплав Д18. Расшифруйте состав сплава. Опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава. Укажите, характеристики механических свойств сплава.

Вариант 10

10.1 Заводу нужно изготовить зубчатые колеса сложной формы диаметром 50 мм и высотой 100 мм для нефтегазового оборудования. Они должны иметь твердость на поверхности не ниже HRC 58–60, а в сердцевине временное сопротивление растяжению не ниже σ_b (450, 550, 650) МПа при ударной вязкости не ниже 500–600 кДж/м².

Завод изготовил первую партию зубчатых колес из углеродистой цементуемой стали, однако некоторые зубчатые колеса получили деформацию при закалке.

Выбрать сталь и рекомендовать режим термической обработки после цементации для получения заданных механических свойств и предупреждения брака по деформации.

Указать структуру стали в сердцевине и поверхностном слое после окончательной обработки и причины, вызывающие деформацию при закалке.

10.2 Измерительный инструмент (калибры, измерительные плитки) 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, однако для измерительных инструментов большой точности. Указать причины, вызывающие эти изменения (старение), и привести марку стали и режим термической обработки измерительных инструментов, значительно уменьшающих эффект старения.

10.3 Выберите материал для изготовления методом литья под давлением крышки из литейного алюминиевого сплава. При выборе сплава воспользуй-

тесью диаграммой алюминий–кремний. Для выбранного сплава укажите химический состав, механические свойства и структуру.

Вариант 11

11.1 Стаканы цилиндров мощных моторов для приводов бурового оборудования должны иметь особо повышенную износостойкость на рабочей поверхности и высокую твердость (HV 950–1000) и предел текучести в сердцевине не менее $\sigma_{0,2}$ (350, 550, 750) МПа.

Указать марку стали, применяемую для этого, и рекомендовать режим термической и химико-термической обработки, последний с учетом сокращения его продолжительности.

Сопоставить последовательность применяемых при этом термических операций, продолжительность химико-термической обработки, толщину, структуру и твердость поверхностного слоя и сравнить выбранные сталь и режим обработки с составом стали и обработкой, применяемой при цементации или нитроцементации.

11.2 Многие измерительные инструменты плоской формы (шаблоны, линейки, штангенциркули) изготавливают из листовой стали; они должны обладать высокой износостойкостью в рабочих кромках. Привести режим химико-термической, обеспечивающий получение этих свойств, если инструмент изготавливают большими партиями из сталей 15X и 20X.

11.3 Выберите латунь для изготовления деталей путем глубокой вытяжки. Расшифруйте состав и опишите структуру сплава. Назначьте режим промежуточной термообработки, применяемой между отдельными операциями, обоснуйте выбранный режим и дайте характеристику механических свойств сплава.

Вариант 12

12 Завод изготавливает коленчатые валы диаметром d (35, 50, 65) мм; сталь в готовом изделии должна иметь предел текучести не ниже $\sigma_{0,2}$ (300, 500, 700) МПа и ударную вязкость 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 и работающими на износ.

Привести марку стали, рекомендовать режим термической обработки всего вала для получения заданных свойств и высокопроизводительный режим последующей термической обработки, повышающей твердость только в отдельных участках поверхности вала; указать необходимое для этого оборудование. Привести структуру и твердость стали в поверхностном слое шейки вала, а также структуру и механические свойства в остальных участках.

12.2 На машиностроительном заводе изготавливают зубчатые колеса из прутков стали 40X, поставляемой металлургическим заводом, твердостью HV 160–180. Одна плавка, доставленная заводу, имела твердость HV 230–250. Для обработки стали повышенной твердости требовалось снижение режимов резания, принятых на заводе. Указать способ и режим термической обработки,

позволяющий улучшить обрабатываемость резанием стали этой плавки. Привести химический состав, структуру и режим термической обработки стали для фрез, пригодных для обработки стали 40Х.

12.3 Для изготовления емкостей применяется сплав АМЗ. Расшифруйте состав сплава. Опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава, и объясните природу упрочнения. Приведите характеристики механических свойств сплава.

Вариант 13

13.1 Многие крупные детали для железнодорожного транспорта, например автосцепки, изготавливают литыми с максимальной толщиной сечения Δ (80, 140, 200) мм. Для повышения механических свойств отливки подвергают термической обработке.

Выбрать марку стали и обосновать режим термической обработки, если временное сопротивление должно быть не ниже σ_b (400, 700, 900) МПа. Указать структуру и механические свойства стали после литья и после термической обработки.

13.2 Получение заготовок горячей деформацией является производительным способом обработки. Выбрать марку стали для изготовления крупного молотового штампа (размер 500х400х400 мм); рекомендовать режим термической обработки штампа и указать микроструктуру и механические свойства после отпуска. Объяснить, почему подобные штампы не следует изготавливать из углеродистой стали. Объяснить влияние каждого легирующего элемента.

13.3 Назначьте марку латуни, коррозионностойкой в морской воде. Расшифруйте ее состав и опишите структуру, используя диаграмму состояния медь – цинк. Опишите метод упрочнения латуни и основные механические свойства.

Вариант 14

14.1 Направляющие станин станков изготавливали из чугуна. Однако в дальнейшем для повышения износостойкости этих направляющих их стали изготавливать из стали. Рекомендовать состав стали для таких деталей с максимальной толщиной сечения Δ (20, 45, 60) мм и пределом прочности не менее 650 МПа. Предложить режим поверхностной упрочняющей обработки. Привести значения твердости, которые при этом могут быть достигнуты.

Для сравнения указать марку чугуна, который используется для подобных деталей.

14.2 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 переменного нагрева (при прошивке) и охлаждения (после прошивки). Указать температуру штамповки (прошивки) заготовок, если их изготавливают из стали 50. Выбрать марку стали для изготовления пуансона диаметром 40 мм, обосновать сделанный

выбор; указать режим термической обработки и структуру стали в готовом пуансоне.

14.3 Выберите бронзу, которую можно использовать в качестве арматуры. Расшифруйте состав и опишите структуру сплава. Объясните назначение легирующих элементов. Приведите характеристики механических свойств сплава.

Вариант 15

15.1 Завод изготавливал червячные колеса для листогибочного оборудования диаметром 150 и толщиной 40 мм из серого чугуна. В дальнейшем потребовалось изготовить колеса из чугуна, обладающего временным сопротивлением в (1,5, 2,0, 2,5) раза более высоким, и относительным удлинением не менее $\delta = 3-5\%$.

Указать структуру серого чугуна, обладающего наиболее высокими механическими свойствами, которые можно получить в отливке указанной толщины. Привести способ получения чугуна, имеющего прочность в (1,5, 2,0, 2,5) раза больше прочности указанного серого чугуна с и без термической обработки, а также охарактеризовать его структуру.

15.2 Штампы сложной формы, особенно имеющие внутреннее отверстие сильно деформируются при закалке. Рекомендовать температуру закалки штампов из высокохромистой стали X12M, при выполнении которой значительно уменьшается деформация. Указать структуру стали после закалки и объяснить причины, способствующие уменьшению деформации. Указать вид отпуска, конечную структуру стали и свойства. Объяснить влияние легирующих элементов.

15.3 Выберите алюминиевый деформируемый сплав для изготовления деталей двигателя внутреннего сгорания. Расшифруйте его состав, приведите механические характеристики сплава при повышенных температурах и объясните, за счет чего они достигаются.

Вариант 16

16.1 Червяк редуктора диаметром 35 мм можно изготовить из цементуемой и нецементуемой стали. Обосновать, в каких случаях целесообразно применять цементуемую, а в каких случаях нецементуемую сталь. Временное сопротивление растяжению в сердцевине детали должно быть σ_v (400, 600, 800) МПа. Выбрать марку цементуемой и нецементуемой углеродистой качественной стали. Указать химический состав, рекомендовать режим химико-термической и термической обработки и сопоставить механические свойства стали обоих типов в готовом изделии.

16.2 Штампы холодной вырубки стальных листов должны иметь высокую износостойкость и по возможности лучшую вязкость. Выбрать сталь для этого назначения и рекомендовать термическую обработку, после которой привести значения твердости и структуру полученной стали. Объяснить в каких штампах (с наименьшей стороной 50 или 90 мм) сталь будет иметь более высо-

кие прочность и вязкость, и причины этого различия. Привести также метод термической обработки (способ нагрева), который может обеспечить упрочнение только отдельных участков режущей кромки штампа.

16.3 Для изготовления деталей самолета выбран сплав В95Т1. Расшифруйте состав сплава. Опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава и объясните природу упрочнения. Укажите характеристики механических свойств сплава.

Вариант 17

17.1 Цех изготавливает зубчатые колеса бурового оборудования диаметром d (50, 90, 150) мм, толщиной Δ (20, 60, 100) мм из цементуемой стали. Выбрать сталь для зубчатых колес, работающих в условиях износа и удара, но при повышенных напряжениях.

Указать химический состав выбранных сталей, рекомендовать режим термической обработки, объяснить назначение каждой операции термической обработки и ее влияние на структуру и свойства стали. Рекомендовать толщину цементованного слоя для данной детали.

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

17.3 Выберите литейный алюминиевый сплав для изготовления деталей. Расшифруйте состав сплава. Опишите метод повышения механических свойств этого сплава и объясните природу явления.

Вариант 18

18.1 Станкостроительный завод изготавливает шпиндели токарных станков. Шпиндели работают с большой скоростью в условиях повышенного износа, поэтому твердость в поверхностном слое должна быть HRC 58–62. Выбрать сталь для шпинделя диаметром d (30, 65, 100) мм.

Привести состав и марку выбранной стали и рекомендовать режим обработки, обеспечивающий получение заданной твердости в поверхностном слое в условиях термической и химико-термической обработки. Указать структуру стали в поверхностных слоях и в сердцевине шпинделя, механические свойства сердцевины после окончательной термической обработки.

18.2 Изделие из пластмасс изготавливают прессованием при невысоком нагреве (~ 150 °С). Материал пресс-формы, в которой прессуются пластмассы, должен обладать высокой износостойкостью. Выбрать марку стали и режим обработки для пресс-форм: простой формы небольших размеров; сложной формы: учесть при этом, что обрабатываемость стали резанием должна быть

хорошей, кроме того, деформация пресс-формы при термической обработке должна быть минимальной.

18.3 Выберите деформируемый магниевый сплав, применяемый для изготовления деталей в авиастроении. Расшифруйте состав сплава, опишите характеристики механических свойств. Объясните цель проведения отжига для деформируемых магниевых сплавов.

Вариант 19

19.1 Заводу необходимо изготовить шпиндели для токарных станков диаметром d (30, 60, 90) мм, 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. Выбрать стали для шпинделей обоих типов, рекомендовать режим обработки. Указать структуру стали и твердость поверхностного слоя, и механические свойства сердцевины после окончательной обработки.

19.2 Выбрать марку стали для изготовления продольных пил по дереву и указать режим термической обработки, микроструктуру и твердость готовой пилы. Режим термической обработки выбирается таким образом, чтобы предупредить деформацию пилы при закалке и отпуске, а также обеспечить получение в стали высоких упругих свойств после отпуска (пила должна «пружинить»).

19.3 Для изготовления деталей самолета выбран сплав Д1. Расшифруйте состав сплава. Опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава, и объясните природу явления. Укажите механические свойства сплава.

Вариант 20

20.1 Станины станков изготавливают литьем, временное сопротивление растяжению должно быть 200–250 МПа. Выбрать марку сплава, пригодного для изготовления станины, имеющей максимальную толщину Δ (15–35, 30–50, 40–70) мм в разных сечениях, и указать режим термической обработки станины и структуры сплава.

При решении задачи учесть, что в литой детали необходимо иметь возможно меньше напряжений и термическая обработка должна предупредить деформацию (коробление) станины в процессе обработки и эксплуатации станка.

20.2 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. Привести марку стали, пригодную для форм литья под давлением алюминиевых сплавов, и охарактеризовать ее устойчивость против образования трещин разгара. Рекомендовать режимы термической обработки и указать структуру и свойства стали в готовой форме.

20.3 Назначьте марку алюминиевой бронзы для изготовления мелких ответственных деталей (втулок, фланцев и т.п.). Расшифруйте ее состав, опишите структуру, используя диаграмму состояния медь–алюминий.

Вариант 21

21.1 Блоки цилиндров двигателей трактора изготавливают из чугуна с твердостью НВ 170–240 с повышенным пределом прочности σ_B (300, 500, 700) МПа и износостойкостью.

Выбрать марку чугуна, привести его структуру и механические свойства и указать, каким должен быть его состав для того, чтобы обеспечить получение заданных свойств чугуна.

Каковы должны быть требования к химическому составу и структуре чугуна, если цилиндры нагреваются в работе до 500–600 °С?

21.2 Выбрать марку стали для режущего по металлу инструмента (фрез), надежно работающего в автоматической линии и станках с ЧПУ, имеющего преимущество по стоимости и содержанию дефицитных легирующих элементов. Температура разогрева кромки режущего инструмента при больших скоростях резания не превышает 600 °С. Сталь должна иметь твердость не менее 62–64 HRC, $\sigma_{изг} \geq 3200$ Мпа.

Указать основные технологические преимущества легированной стали перед углеродистой.

Указать, за счет каких легирующих элементов обеспечивается максимальная теплостойкость инструментальных сталей.

Указать вид термической обработки высоколегированной инструментальной стали, обеспечивающей минимальное количество остаточного аустенита, а следовательно, минимальное изменение формы и размеров инструмента в процессе работы.

21.3 Для изготовления слабонагруженных деталей самолета выберите литейный алюминиевый сплав. Расшифруйте состав сплава. Опишите метод повышения механических свойств этого сплава и объясните природу явления.

Вариант 22

22.1 Несущие конструкции современных морских и речных танкеров должны иметь повышенные габариты и массу, если их изготавливают из углеродистой строительной стали обыкновенного качества.

Выбрать марку строительной стали с примерно таким же относительно низким содержанием углерода, но с пределом текучести в (1,2, 1,5, 1,8) раза более высоким, чем у стали марки Ст3, и хорошей свариваемостью. Объяснить, какими путями может быть достигнуто указанное улучшение свойств.

22.2 Каким должен быть материал режущей кромки инструмента по металлу, если температура разогрева кромки при больших скоростях резания не менее 800 °С. С целью повышения износостойкости инструмента твердость кромки должна быть более 72 HRC.

Указать прогрессивный способ изготовления выбранных материалов. Указать технологический процесс изготовления инструмента с режущей кромкой из выбранного материала.

22.3 Для изготовления деталей самолета выберите деформируемый алюминиевый сплав не упрочняемый термообработкой. Расшифруйте состав сплава. Опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава, объясните природу упрочнения. Укажите механические свойства этого сплава.

Вариант 23

23.1 Рессоры бензовозов повышенной грузоподъемности изготавливают из качественной легированной стали с толщиной одной полосы рессоры Δ (5, 10, 15) мм. Сталь в готовой рессоре должна обладать высокими пределами текучести, выносливости и упругости.

Рекомендовать режим термической обработки, структуру и механические свойства, которые можно получить при правильном выборе состава стали и обработке рессоры.

Объяснить, как влияет состояние поверхности на качество рессоры, и указать способ обработки поверхностного слоя, позволяющий повысить предел выносливости.

23.2 К малоотходной технологии относится изготовление изделий (крылья, кузов автомобиля и др.) способом обработки материалов давлением, при котором форма и размеры изделия определяются конфигурацией инструмента (штампа). Рекомендовать марку стали для инструмента деформирования в холодном состоянии. Материал должен обеспечивать устойчивость против механического изнашивания, и поэтому его твердость должна быть не менее 60 HRC. При относительно больших размерах инструмента и отсутствии при работе сильных ударов сталь должна иметь $\sigma_{изг} \geq 2500$ Мпа, $KCU \geq 0,3$ МДж/м². Штмп должен работать длительное время при большом количестве циклов нагружения (действия повторно-переменной нагрузки).

23.3 Опишите термо- и реактопласты, в чем их различия по структуре и свойствам. Перечислите методы переработки пластмасс в вязкотекучем состоянии и принципиальное различие при переработке термо- и реактопластов.

Вариант 24

24.1 В термическом цехе обрабатывают зубчатые колеса из стали 20Х диаметром 50 мм и толщиной Δ (10, 30, 50) мм. Цех отказался от выполнения цементации в твердом карбюризаторе и наметил более производительный процесс газовой нитроцементации.

Сравнить условия и режим всего цикла химико-термической и термической обработки зубчатых колес в случае выполнения цементации в твердом карбюризаторе и нитроцементации. Требуемая толщина поверхностного твердого слоя 0,4–0,6 мм.

Указать микроструктуру и твердость поверхности, а также механические свойства в сердцевине после окончательной обработки.

24.2 Выбрать марку стали для инструмента, предназначенного для изготовления деталей способом давления, при котором форма и размер детали определяются конфигурацией инструмента (штампа). Материал штампа должен обладать высокой твердостью (не менее 60 HRC) в сочетании с повышенной износостойкостью. Этим требованиям удовлетворяют стали X12, X12M, но сталь марки X12 по ГОСТ 5960–2000 имеет микроструктуру, оцениваемую баллом 6, X12M – баллом 8.

Сталь какой марки является более предпочтительной?

Обосновать выбор марки стали.

Указать что понимается под карбидной неоднородностью стали по ГОСТ 5950–2000.

24.3 Опишите термопластичные пенопласты, их разновидности и свойства. Укажите способы получения изделий и области применения пенопластов.

Вариант 25

25.1 Завод приводит 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.

Привести марку стали, из которой следует изготавливать зубчатые колеса толщиной Δ (10, 50, 90) мм, закаливаемые с индукционного нагрева.

Указать технологический режим обоих процессов термической обработки. Дать описание влияния легирующих элементов на прокаливаемость стали.

25.2 Выбрать марку стали для изготовления топоров. Лезвие топора не должно сниматься или выкрашиваться в процессе работы, поэтому оно должно иметь твердость в пределах 50–55 HRC на высоту 30–40 мм, остальная часть топора не подвергается закалке и имеет более низкую твердость. Указать химический состав стали, режим термической обработки и способ закалки, позволяющий получить эту твердость только в лезвии топора.

25.3 Опишите металлокерамические антифрикционные сплавы на железной и медной основе. Укажите их состав, свойства и область применения. Поясните сущность получения деталей методом порошковой металлургии, достоинства и недостатки метода.

Вариант 26

26.1 Выберите нержавеющей хромоникелевую сталь для емкости, работающей в контакте с крепкими кислотами. Расшифруйте состав и определите класс стали. Объясните причину введения хрома и обоснуйте выбор этой стали для данных условий работы. Назначьте и обоснуйте режим термообработки после сварки. Дайте понятие межкристаллитной коррозии.

26.2 Пневматические долота, применяемые при разработке горных пород, должны обладать относительно высокой твердостью (55–58 HRC) и износостойкостью, но вместе с тем и достаточной вязкостью, так как испытывают в работе ударные нагрузки, указать химический состав легированной стали (для крупных долот сложной формы), режим термической обработки, конечную структуру и свойства.

26.3 Кратко изложите основы теории термической обработки алюминиевых сплавов в применении к промышленному сплаву типа дуралюмин. Укажите состав упрочняющих фаз, образующихся при старении дуралюмина.

Вариант 27

27.1 Назначьте марку жаропрочной стали (силхром) для клапанов автомобильных двигателей небольшой мощности. Расшифруйте состав и определите класс стали по структуре. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки. Опишите микроструктуру и основные свойства стали после термообработки.

27.2 Выбрать марку стали для слесарно-монтажного инструмента (газовые ключи), отличающегося износостойкостью, повышенной вязкостью, высоким сопротивлением смятию рабочих кромок. Дать химический состав стали, режим термической обработки, микроструктуру и свойства стали в готовом изделии.

27.3 В качестве материала для ответственных подшипников скольжения выберите свинцовистую бронзу. Расшифруйте состав и определите, к какой группе по назначению относится данный сплав. Укажите основные требования, предъявляемые к сплавам данной группы.

Вариант 28

28.1 Завод изготавливает средне модульные цилиндрические зубчатые колеса для нефтегазового оборудования из стали (45, 40ХН, 35ХМЮА) и упрочняет их способом индукционной закалки при поверхностном нагреве. Однако впадина зубьев при такой обработке не закаливается, что сокращает срок службы колес.

Рекомендовать: марку стали и обработку, обеспечивающую закалку зубчатых колес по всему контуру; привести для сравнения состав углеродистой или низколегированной стали, пригодной для изготовления зубчатых колес, упрочняемых методом химико-термической обработки.

28.2 Выбрать марку стали для изготовления пресс-форм для литья под давлением алюминиевых или магниевых сплавов. Составить профиль требований к данному материалу. Указать химический состав стали, режим термической обработки, микроструктуру и свойства стали в готовом изделии. рекомендовать химико-термическую обработку формы для повышения износостойкости и долговечности.

28.3 Выберите бериллиевую бронзу для изготовления токопроводящих упругих элементов. Приведите химический состав сплава, режим термообработки и получаемые механические свойства материала. Опишите процессы,

происходящие при термообработке, и объясните природу упрочнения в связи с диаграммой состояния медь–бериллий.

Вариант 29

29.1 Сталь, применяемая для пароперегревателей котлов высокого давления, должна сохранять повышенные механические свойства при длительных нагрузках при высоких температурах и иметь достаточно высокую пластичность для возможности выполнения холодной пластической деформации (гибки, развальцовки и т.п.) при сборке котла.

Указать химический состав, микроструктуру и механические свойства стали при комнатной и при повышенной температурах T (400, 500, 600) °С.

29.2 Выберите углеродистую сталь для изготовления напильников. Назначьте режим термообработки; опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства инструмента.

29.3 В качестве материала для вкладышей ответственных подшипников скольжения выберите баббит. Расшифруйте состав и определите, к какой группе относится этот сплав. Зарисуйте и опишите микроструктуру сплава. Укажите основные требования, предъявляемые к баббитам.

Вариант 30

30.1 Объяснить основные отличия выбранной стали от углеродистой котельной стали. Основным элементов трубчатых печей для нагрева нефти в процессе ректификации подвержены действию высоких температур. Выбрать состав стали для труб, не испытывающих больших нагрузок, но нагреваемых в работе до температур T (550, 650, 720) °С.

Указать режим термической обработки и микроструктуру стали, а также объяснить роль легирующих элементов, позволяющих использовать эти стали для длительной работы при высоких температурах.

30.2 Выберите быстрорежущую сталь для изготовления резцов. Расшифруйте состав и определите, к какой группе относится сталь по назначению. Назначьте режим термообработки, приведите подробное обоснование, объяснив влияние легирующих элементов на всех этапах термообработки. Опишите микроструктуру и главные свойства стали после термообработки.

30.3 Для деталей арматуры выберите оловянистую бронзу. Расшифруйте состав и опишите структуру сплава. Объясните назначение легирующих элементов. Приведите механические свойства сплава.

4 Организация защиты курсовой работы

Курсовая работа является формой самостоятельной работы студента, выполняемой под руководством преподавателя. Во время работы студент должен продемонстрировать умение самостоятельно решать технические задачи, работать со специальной и научной литературой. Инициатива при решении постав-

ленной задачи должна принадлежать студенту, а руководитель лишь одобряет или отклоняет предложенные студентом решения.

К защите допускается обучающийся успешно завершивший в полном объеме освоение дисциплины «Материаловедение», выполнивший лабораторные, практические работы и сдавший зачет по практикуму.

На защиту представляются следующие материалы:

- оригинал курсовой работы, подписанной преподавателем;
- зачетная книжка защищающего курсовую работу.

В ходе защиты курсовой работы студент должен пользуясь принятой технической терминологией четко сформулировать поставленную перед ним задачу, обосновать метод ее решения, пояснить особенности выбранных технологических процессов термообработки изделия для достижения заданных эксплуатационных характеристик, сделать выводы.

5 Критерии оценки курсовой работы

Универсальная система оценивания результатов защиты курсового проекта включает в себя систему оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» (табл. 6).

Таблица 6 – Система оценок и критерии выставления оценки

| Система оценок Критерий | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|--|
| | 0–40% | 41–60% | 61–80 % | 81–100 % |
| | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «отлично» |
| 1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов | Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой) | Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект | Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект | Обладает полной знаниями и системным взглядом на изучаемый объект |
| 2. Работа с информацией | Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи | Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи | Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи | Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи |

| Система оценок Критерий | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--|--|--|---|
| | 0–40% | 41–60% | 61–80 % | 81–100 % |
| | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «отлично» |
| 3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта | Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений | В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации | В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные | В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи |
| 4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач | В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки | В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом | В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма | Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи |

Список рекомендуемых источников

1. Адаскин, А. М. Материаловедение в машиностроении / А. М. Адаскин [и др.]. – Санкт-Петербург: Юрайте, 2012. – 535 с.
2. Арзамасов, В. Б. Материаловедение: учебник / В. Б. Арзамасов, А. А. Черепяхин. – Москва: Экзамен, 2009. – 352 с.
3. Бондаренко, Г. Г. Материаловедение / Г. Г. Бондаренко, Т. А. Кабанова, В. В. Рыбалко. – Москва: Юрайте, 2013. – 359 с.
4. Волков, Г. М. Материаловедение / Г. М. Волков, В. М. Зувев. – Москва: Академия, 2008. – 398 с.
5. Гуляев, А. П. Металловедение: учебник для вузов / А. П. Гуляев. – Москва: Металлургия, 1986. – 544 с.
6. Калачева, М. С. Материаловедение: методические указания по выполнению лабораторных работ: в 2 ч. / М. С. Калачева, Т. П. Колина. – Калининград: КГТУ, 2013. – Ч. I. – 104 с.
7. Калачева, М. С. Материаловедение: методические указания по выполнению лабораторных работ: в 2 ч. / М. С. Калачева, Т. П. Колина. – Калининград: КГТУ, 2013. – Ч. II. – 102 с.
8. Конструкционные материалы: справочник / под общ. ред. Б. Н. Арзамасова. – Москва: Машиностроение, 1990. – 688 с.
9. Лахтин, Ю. М. Материаловедение: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – Москва: Машиностроение, 1992. – 528 с.
10. Материаловедение: учебник для вузов / под общ. ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 648 с.
11. Мозберг, Р. К. Материаловедение: учеб. пособие / Р. К. Мозберг. – Москва: Высшая школа, 1991. – 448 с.
12. Плошкин, В. В. Материаловедение / В. В. Плошкин. – Москва: Юрайте, 2013. – 463 с.
13. Солнцев, Ю. П. Материаловедение: учебник для вузов / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин. – Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2007. – 784 с.
14. Энциклопедический справочник термиста-технолога: в 3 т. / С. Б. Масленков, А. И. Ляпунов, В. М. Зинченко [и др.]; под ред. С. Б. Масленкова. – Москва: Наука и технологии, 2004. – Т. 2. – 608 с.

Приложения

Приложение 1

Книга одного автора

Лосский, Н. О. Учение о перевоплощении: учеб. пособие / Н. О. Лосский. – Москва, 1994. – 208 с.

Книга двух или трех авторов

Новикова, А. М. Универсальный экономический словарь / А. М. Новикова, Н. Е. Новиков, К. А. Погосов. – Москва, 1995. – 135 с.

Книга более трех авторов

Религии мира: пособие для преподавателей / Я. Н. Шапов, А. И. Осипов, В. И. Корнеев [и др.]. – Санкт-Петербург, 1996. – 496 с.

Переводное издание

Гросс Э. Химия для любознательных: пер. с нем. / Э. Гросс, В. Берг. – Москва, 1993. – 392 с.

Книги, не имеющие индивидуальных авторов

Сборник задач по физике: учебное пособие для ВУЗов / под ред. С. М. Павлова. – Москва, 1995. – 347 с.

Статья из журнала

Архинченко, И. А. Микробиологические аспекты очистки сточных вод / И. А. Архинченко, С. И. Сергеев // Известия РАН. сер. Биология. – 1993. – № 5. – С. 744–758.

Нормативно-технические документы

Стандарты

ГОСТ 7.0–84 Библиографическая деятельность. Основные термины и определения. – Москва, 1985. – 24 с.

или

Библиографическая деятельность. Основные термины и определения: ГОСТ 7.0 –84. – Москва, 1985. – 24 с.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»

Институт агроинженерии и пищевых систем

Кафедра инжиниринга технологического оборудования

Курсовой проект
допущен к защите _____
Руководитель: _____
(уч. степень, звание, должность)
_____ И.О. Фамилия
«__» _____ 202__ г.

Курсовой проект защищен
с оценкой _____
Руководитель: _____
(уч. степень, звание, должность)
_____ И.О. Фамилия
«__» _____ 202__ г.

ТЕМА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект по дисциплине
«Наименование дисциплины»
КП.ХХ¹.ХХ.ХХ.ХХ².Х³.Х⁴.ПЗ

Работу выполнил:
студент гр. _____
_____ И.О. Фамилия
«__» _____ 20__ г.

Калининград
202__

ПОЯСНЕНИЯ

Обозначения в шифре

КП.ХХ¹.ХХ.ХХ.ХХ².Х³.ХХ⁴.ПЗ

КР – курсовая работа.

КП – курсовой проект.

ХХ¹ – номер кафедры.

ХХ.ХХ.ХХ² – шифр направления подготовки

Х³ – последняя цифра года, когда выполнена работа (например, 2022 год, будет цифра 2).

ХХ⁴ – номер варианта курсовой работы(проекта).

ПЗ – пояснительная записка

Локальный электронный методический материал

Тамара Петровна Колина

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 3,7. Печ. л. 2,9

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1