

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Методические указания
к выполнению расчетно-графической работы
для студентов технических специальностей
всех направлений подготовки

Севастополь
СевГУ
2017

УДК 669.584 (046)

Р е ц е н з е н т ы:

А.О. Харченко - канд. техн. наук,
проф. кафедры «Технология машиностроения»

А.Н. Круговой - канд. техн. наук,
доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов и производств»

Составители: Л.Б. Шрон, Э.С. Гордеева, В.Б. Богуцкий, А.Г. Колесов

«Проектирование операции термической обработки»: метод. указания к выполнению расчетно-графической работы для студентов направления «Конструкторско технологическое обеспечение машиностроительных производств по дисциплине «Материаловедение» / Сост. Л.Б. Шрон, Э.С. Гордеева, В.Б. Богуцкий, А.Г. Колесов. – Севастополь: СевГУ, 2017. – 20 с.

Целью расчетно-графической работы является закрепление знаний, полученных при изучении дисциплины «Материаловедение».

УДК 669.584 (046)

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры, протокол № 8 от 07.03.2017

Допущено учебно-методическим отделом Политехнического института СевГУ в качестве методических указаний.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

1	Основные задачи и исходные данные для курсового проектирования	4
1.1.	Задачи расчетно-графической работы	4
1.2.	Содержание и объем расчетно-графической работы	4
1.3.	Основные требования к оформлению расчетно пояснительной записки и чертежей	5
2.	Общие методические указания к выполнению расчетно-графической работы	5
2.1.	Введение	5
2.2.	Анализ исходных данных и выбор материала детали	6
2.3.	Выбор и обоснование вида термической обработки	6
2.3.1.	Определение критических точек и назначение режимов ТО	10
2.4.	Описание динамики изменения структур в процессе ТО	13
2.5.	Требования в графической части расчетно-графической работы	14
2.6.	Выводы	14
	Рекомендуемая литература	15
	Приложения	16

1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РГЗ

1.1. Задачи расчетно-графической работы

Развитие навыков самостоятельной творческой работы, умение использовать справочную и нормативную литературу, государственные и отраслевые стандарты, каталоги и другие информационные источники. При этом развиваются навыки научно-исследовательской работы, умение обосновывать принятые решения.

В данной методической разработке приведены рекомендации для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Материаловедение», ориентированной на закрепление знаний студентами в области оценки свойств сплавов, а так же комплекса мероприятий для обеспечения заданного уровня свойств деталей машиностроительного производства за счет применения современных методов термической и химико-термической обработки. Методическое пособие предназначено для студентов технических специальностей всех направлений подготовки.

Защита расчетно-графической работы является важным контрольным этапом оценки умения студента кратко изложить сущность проделанной работы и грамотно доказать правильность принятых решений.

1.2. Содержание и объем расчетно-графической работы

В процессе выполнения расчетно-графической работы студент должен овладеть методикой назначения режимов термической обработки сплавов и микроструктурного анализа, а так же проявить максимум самостоятельности в решении поставленной задачи, подготовив себя к выполнению последующих курсовых проектов и выпускной бакалаврской работы.

За качество работы и выполнение ее в срок отвечает студент. Содержание расчетно-графической работы должно точно соответствовать установленному варианту задания и методической последовательности изложения, приведенной в данном методическом указании.

Работы, выполненные в произвольной форме и не соответствующие заданию, к рассмотрению не принимаются.

Расчетно-графическая работа состоит из пояснительной записки и графической иллюстрации. Количество и характер которых определяется программой курса для соответствующих специальностей.

Расчетно-пояснительная записка содержит:

- а) титульный лист (прил. 2);
- б) задание на проектирование с исходными данными;
- в) содержание работы;

- г) введение;
- д) анализ и описание основных свойств материала детали.;
- е) назначить и обосновать выбранный способ термической обработки;
- ж) определение критических точек и назначение режимов ТО;
- з) описать динамику изменения структур в процессе ТО;
- и) выводы;
- к) список используемой литературы.

Объем расчетно-пояснительной записки – до 10 листов формата А4 рукописного или машинописного текста.

Исходные данные для расчетно-графической работы приведены в прил. 1. Задание должно быть оформлено на бланке установленной формы.

Задание студенты получают на 5-й неделе обучения. Выполнение расчетно-графической работы в срок признается в случае, если она защищена до начала экзаменационной сессии.

Преподаватель при выдаче задания закрепляет за студентом номер задания в соответствии с прил. 1.

1.3. Основные требования к оформлению расчетно-пояснительной записки

Расчетно-пояснительная записка выполняется на стандартных листах белой бумаги формата А4 (210 х 297 мм) со следующими параметрами страницы: отступ слева - 25 мм; отступ справа – 15 мм; сверху и снизу – 20 мм. Нумерация листов в нижнем правом углу. Используется шрифт Times New Roman, размер – 14, междустрочный интервал – 1,5.

В целях облегчения проверки расчетов формулы рекомендуется оформлять в следующем виде: сначала записывается формула в буквах и символах, затем та же формула без всяких алгебраических преобразований записывается в цифрах, после этого – результат вычисления. Например, при определении массы детали расчет следует оформлять так:

$$m = \rho V = 7,8 \cdot 100 = 780 \text{ кг},$$

где ρ – плотность материала детали; $V = 100 \text{ м}^3$ – объем детали.

2. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

2.1. Введение

Во введении излагаются общие положения о состоянии, перспективах и основных направлениях обеспечения свойств деталей, а также о термиче-

ческой обработке материалов, ее целях и месте в технологическом процессе изготовления деталей.

2.2. Анализ исходных данных и выбор материала детали

Исходные данные к расчетно-графической работе указаны в прил. 1 в соответствии с вариантом индивидуального задания.

При анализе материала детали, необходимо расшифровать марку, указать состав и основные физико-механические характеристики материала.

2.3. Выбор и обоснование вида термической обработки

Основной задачей этого этапа расчетно-графической работы является анализ общего плана (маршрута) получения детали, начиная с заготовительной операции и до окончательного получения детали с заданными размерами и техническими параметрами. Маршрут обработки можно представить в виде следующей последовательности:

- заготовительная операция;
- предварительная термическая обработка;
- черновая механическая обработка;
- окончательная термообработка;
- чистовая механическая обработка;

Согласно приведенной последовательности изготовления детали, выбранного материала, его внутреннего строения студент принимает решение о необходимости той или иной предварительной и окончательной термической обработки. Дает предложенным видам ТО развернутую характеристику, начиная с целей и задачи ТО.

Проектирование операций термообработки начинается с назначения технических условий на деталь. Обычно в технических условиях указывается твердость поверхности детали, толщина слоя после термической обработки, величина допустимой деформации и другие показатели. После изучения технических условий выбирают основные операции термической обработки.

Основные операции включают в себя нагрев изделий для закалки, нормализации, отжига, отпуска, ХТО и т.д., выдержки и охлаждения. Выбор вида термической обработки обуславливается техническими требованиями к поверхностям деталей по физико-механическим свойствам.

Выбор вида термической обработки.

Все виды термической обработки в зависимости от назначения делятся на предварительные и окончательные.

Предварительная термообработка проводится для улучшения обрабатываемости материала режущим инструментом, повышения его пластичности, снятия внутренних напряжений и улучшения структуры.

Предварительной термообработке подвергаются заготовки деталей машин. К видам предварительной термической обработки, как правило, относятся: отжиг, нормализация.

Краткая характеристика видов предварительной термической обработки и область их применения представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Виды предварительной термической обработки

Наименование обработки	Краткая характеристика и применение	Режим
1	2	3
Отжиг	Медленное охлаждение нагретой стали (с печью, в горячей золе, песке, цементе и т.п.). В зависимости от температуры нагрева подразделяется на полный, неполный, диффузионный и рекристаллизационный	Скорость охлаждения до $(50...100) ^\circ\text{C}/\text{ч}$ для углеродистых и $(20...60) ^\circ\text{C}/\text{ч}$ для легированных сталей, затем на воздухе
Неполный отжиг (сфероидизация)	Обеспечивает получение зернистого перлита, обладающего лучшей обрабатываемостью, чем пластинчатый перлит. Применяется только для эвтектоидных и заэвтектоидных сталей	Температур нагрева на $(10...20) ^\circ\text{C}$ выше АС1
Рекристаллизационный отжиг	Снимает наклеп, увеличивая пластичность и уменьшая твердость, улучшает обрабатываемость. Все стали после холодной штамповки либо грубой механической обработки	Температура нагрева на $(20...50) ^\circ\text{C}$ ниже АС1 (на $(100...150) ^\circ\text{C}$ выше температуры рекристаллизации)
Нормализация	Выравнивает и измельчает структуру; улучшает механические свойства стали; разрушает карбидную сетку у заэвтектоидных сталей. Применяется после горячей или грубой механической обработки стали, перед цементацией	Нагрев на $(30...50) ^\circ\text{C}$ выше АС3 (Аст), охлаждение на спокойном воздухе

Окончательная (упрочняющая) термообработка проводится для придания требуемых эксплуатационных характеристик (твердость, износостойкость и т.д.) поверхностям деталей машин.

Все детали, подвергаемые окончательной (упрочняющей) термообработке, можно разделить на две группы. К первой группе относятся детали,

работающие на трение, поэтому проведенная термообработка должна обеспечить необходимую твердость, износостойкость поверхностного слоя. Ко второй группе относятся детали, испытывающие при работе значительные нагрузки различного характера: растягивающие, изгибающие, крутящие, контактные.

В деталях, испытывающих в процессе эксплуатации растягивающие и сжимающие нагрузки, напряжения по сечению распределены более или менее равномерно. Для таких деталей применяют сквозную закалку и отпуск.

В деталях, работающих на изгиб, кручение или при высоких контактных нагрузках, сквозное упрочнение сечения не обязательно, но, желательно поверхностное упрочнение при сохранении вязкой сердцевины.

Краткая характеристика видов окончательной термической обработки и область их применения представлены в табл. 2.

Рекомендуемый вид окончательной термообработки для различных деталей машин представлен соответственно в прил. 4.

Таблица 2 - Виды окончательной термической обработки

Наименование обработки	Краткая характеристика и применение	Режим
1	2	3
Закалка	Охлаждение стали, нагретой до температуры выше АС1, АС3. Повышает твердость, прочность и износостойкость; измельчает структуру. Стали с содержанием углерода менее 0,3 % перед закалкой подвергаются поверхностному науглероживанию (цементации), а с содержанием углерода 0,3 % и более закаливают без дополнительной обработки. В зависимости от температуры нагрева закалка подразделяется на полную и неполную. Широко применяется для всех групп сталей	Скорость охлаждения и охлаждающая среда (вода, масло, воздух и т.п.) назначаются в зависимости от химического состава стали и требований, предъявляемых к детали
Поверхностная закалка	Повышает твердость только поверхностного слоя. Применяется в тех случаях, когда необходима высокая износостойкость поверхности и мягкая сердцевина детали	Нагрев поверхностного слоя при помощи токов высокой частоты (ТВЧ) или горелок до температуры выше АС3 с последующим быстрым охлаждением

1	2	3
Отпуск	Производится немедленно после закалки, с целью придания стали необходимых механических свойств. В зависимости от температуры нагрева подразделяется на: низкий, средний и высокий	Нагрев ниже АС1, охлаждение на воздухе
Средний отпуск	Снижает внутренние напряжения и хрупкость, возникшие в процессе закалки, при некотором понижении твердости. Режущий инструмент, подвергающийся ударным нагрузкам; пружины, рессоры	Температура нагрева (300...500) °Ñ. Для специальных легированных сталей интервал температур иной
Высокий отпуск	Снижает внутренние напряжения и хрупкость, возникшие в процессе закалки; увеличивает вязкость и значительно понижает твердость; после высокого отпуска возможна обработка лезвийным инструментом. Ответственные детали машин; валы, шатунные болты и т.п.	Температура нагрева (500...700) °Ñ. Для специальных легированных сталей интервал температур иной
Улучшение	Двойная термическая обработка, состоящая из закалки и высокого отпуска	См. закалку и высокий отпуск
Искусственное старение (прерывистое)	Стабилизирует размеры детали. Применяется после отпуска при обработке особо точных изделий, например, калибров, прецизионных деталей топливной аппаратуры	Нагрев до (110...140) °Ñ, выдержка 2-3 часа, охлаждение в масле при (20...25) °Ñ. Операция повторяется 3-4 раза. Иногда заменяется выдержкой до 100 ч
Цементация (науглероживание)	Насыщение поверхностного слоя детали углеродом до концентрации 0,8 - 1 %. Обеспечивает получение (после закалки) изделия с высокой твердостью и износостойкостью на поверхности и с вязкой сердцевиной. Применяется для деталей, изготовленных из низкоуглеродистых сталей (до 0,25 % углерода)	Нагрев деталей в герметически закрытой среде твердого или газообразного карбюризатора до температуры (900...950) °Ñ, выдержка с медленным охлаждением

1	2	3
Нитроцементация	Одновременное насыщение поверхностного слоя детали N и C. В зависимости от температуры нагрева подразделяется на низкотемпературную (для повышения износостойкости режущего инструмента) и высокотемпературную (для создания износостойких деталей из малоуглеродистых легированных сталей)	Температура нагрева: а) (550...600) °Ñ без последующей термообработки (низкотемпературная); б) (850...870) °Ñ с последующей закалкой и низким отпуском (высокотемпературная)

2.3.1. Определение критических точек и назначение режимов термической обработки

Термическая обработка представляет собой совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения металлических изделий с целью изменения структуры и свойств сплавов. Режимы процесса термической обработки являются: максимальная температура нагрева, время нагрева, время выдержки сплава при температуре нагрева и скорость охлаждения.

Температуру нагрева для различных видов термической обработки назначают: для углеродистых сталей по диаграмме железо-цементит, для легированных сталей – по справочникам или государственным стандартам. Ориентировочно можно использовать диаграмму.

Время нагрева стальных заготовок и деталей до заданной температуры зависит от ряда факторов: химического состава стали, размеров сечения, теплопроводности, площади поверхности контакта с нагревающей средой и т.д.

Ориентировочные нормы времени для нагрева стальных деталей приведены в табл. 3.

Время выдержки изделий при температуре нагрева зависит от многих факторов. Ориентировочно время выдержки деталей и заготовок в пламенных и электрических печах берется в пределах 1,0...1,5 мин на 1 мм сечения детали. Допустимо принимать время выдержки равным 1/5 от времени нагрева. Время выдержки при отпуске назначается в соответствии с табл. 4.

Время выдержки при цементации или азотировании назначается в соответствии с требованиями на толщину цементированного или азотированного слоя.

Продолжительность выдержки при цементации в твердом карбюризаторе (с момента достижения температуры цементации 950 °С) ориентировочно определяется из расчета 0,1... 0,15 мм/ч. При газовой цементации

(при 950 °С) продолжительность выдержки берется исходя из опытных данных:

Толщина слоя, мм	0,75	1,5	2	2,5	3	3,5
Время выдержки, ч.....	1,0	4	7	12	16	22

Таблица 3 - Время нагрева изделий из углеродистой и легированной сталей

Наименование агрегата	Температура нагрева, °С	Время нагрева на 1 мм условного диаметра изделия, с	
		из углеродистой стали	из легированной стали
Пламенная печь	800-900	60-70	65-80
Электропечь	750-820	60-65	70-75
	820-880	50-55	60-65
Соляная ванна	770-820	12-14	18-20
	820-880	10-12	8-10
	1240-1280	6-8	8-10
Свинцовая ванна	770-820	6-8	8-10
	820-880	5-7	7-8

Таблица 4 - Время выдержки при отпуске деталей

Температура отпуска, °С	Время отпуска в электропечах	Время отпуска в соляных ваннах, мин
300	120 мин + 1 мин на 1 мм условной толщины	120
300-400	20 мин + 1 мин на 1 мм условной толщины	15-20
400-680	10 мин + 1 мин на 1 мм условной толщины	3 мин + 0,4 мин на 1мм условной толщины

При проведении поверхностной закалки токами высокой частоты определяется необходимая частота тока, от которой зависит глубина закаливаемого слоя, подбирается тип установки с необходимыми параметрами.

Величина тока может быть ориентировочно принята по табл. 5.

Для поверхностного нагрева стали под закалку необходимо применять сравнительно большую удельную мощность (до 2 кВт/см²) и сравнительно малое время нагрева (2...10 с). При этом скорость нагрева лежит в пределах 15...300 °С/с. Снижение удельной мощности и увеличение времени нагрева обуславливает получение более глубокого нагрева.

Таблица 5 - Зависимость глубины поверхностной закалки от частоты тока

Частота тока, Гц	Рациональные пределы глубины нагрева, мм	Минимальный диаметр заготовки при нагреве под закалку, мм
50	15-80	200
1000	3-17	44
2500	2-11	28
4000	1,5-9	22
8000	1-6	16
10000	0,9-5,5	14
70000	0,3-2,5	5
400000	0,2-1	2,2

Ориентировочные значения скорости нагрева и удельной мощности даны в табл. 6. Ориентировочные данные режимов закалки деталей токами высокой частоты приведены в табл. 7.

Таблица 6 - Зависимость глубины нагрева от удельной мощности и скорости нагрева

Глубина нагрева, мм	Скорость нагрева в области фазовых превращений, °C/с	Удельная мощность, кВт/см ²
1-2	100-300	0,8-1,5
3-5	20-80	0,5-1,8
6-10	2-15	0,05-0,2

Таблица 7 - Режимы закалки ТВЧ машиностроительных деталей

Детали	Марка стали	Глубина закалки, мм	Твердость поверхности, HRC	Закалочная среда	Рекомендуемые частоты, кГц
1	2	3	4	5	6
Валы	40	2,5	56	Вода	10
Шлицевые валы малого диаметра	-	1 – 2	60	Вода	10
Валы раздаточных коробок отбора мощности	-	0,8 – 1,7	52 – 55	Масло	10
Тонкие оси (штоки)	-	4	56 – 58	Масло	10

1	2	3	4	5	6
Венец маховика	-	2,5 – 3	50 – 55	Масло	10 – 7
Пальцы	55	-	60 – 62	Масло	10 – 7
Зубчатые муфты и венец	50ХМ	1,5	58 – 62	Эмульсия	10 – 7
Оси блока шестерен	-	1 – 3	60 – 65	Вода	8
Шестерни ведомые	-	1 – 2,5	58 – 63	Вода	2,4
Шлицевые втулки	40Х	Сквозная	HB255 - 302	-	-
Вилки	20	0,3 – 0,5	56 – 62	Вода	8
Валы	25ХГМ	-	25 – 40	Воздух	8
Шестерни ведущие нагруженные	30ХГТ	-	35	Воздух	8

Скорость охлаждения изделия напрямую зависит от выбранной охлаждающей среды. Охлаждающая среда должна обеспечивать скорость охлаждения в верхнем диапазоне температур выше критической скорости закалки, а в нижнем (в области мартенситных превращений) – по возможности меньшую скорость охлаждения, чтобы предотвратить коробление изделий и образование трещин.

В качестве закалочных сред для углеродистых сталей, имеющих высокую критическую скорость охлаждения, применяют воду и различные водные растворы, а для легированных сталей, имеющих небольшую критическую скорость охлаждения, используют масло и воздух (табл. 8).

2.4. Описание динамики изменения структур В процессе термической обработки

При выполнении этого пункта студент производит анализ и выполняет:

- описание химического состава и внутреннего строения сплава (структуры) в равновесном состоянии;
- описание превращений, происходящих при нагреве до расчетных температур, и после термической обработки;
- описание свойств структурных составляющих;
- зарисовку их микроструктур (в квадратах 40х40 мм).

Описание данного раздела завершается качественной оценкой изменения механических свойств детали до и после термической обработки.

Таблица 8 - Скорости охлаждения (град/с) в различных охлаждающих средах

Закаливающая среда	Интервал температур	
	(650...550) °Ñ	(300...200) °Ñ
Вода при температуре, °Ñ:		
20	600	270
30	500	270
50	100	250
75	30	200
10%-ный раствор поваренной соли при 18 °Ñ	1100	300
10%-ный раствор соды при 18 °Ñ	800	270
Мыльная вода	30	200
Машинное масло	150	30
Трансформаторное масло	120	25
Спокойный воздух	3	1
Сжатый воздух	30	10

2.5. Требования к графической части РГЗ

Графическая часть выполняется на отдельном листе формата А4-А3, оформленного по ГОСТ 2.105-95, и содержит график термической обработки с указанием критических точек и оптимальных температур нагрева, и нанесенными на него условными обозначениями микроструктур.

Под графиком указывается вид охлаждающей среды и ее характеристика.

2.6. Выводы

В данном разделе студент формирует краткие выводы и обобщения.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение: учебник для вузов. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2007. – 784 с.
2. Арзамасов В.Б., Черепяхин А.А. Материаловедение: учебник. – М.: Экзамен, 2009. – 352 с.: ил.
3. Оськин В.А., Байкалова В.Н., Карпенков В.Ф. Практикум по материаловедению и технологии конструкционных материалов: учеб. пособие для вузов / Под ред. В.А. Оськина, В.Н. Байкаловой. – М.: КолосС, 2007. – 318 с.: ил.
4. Шмыков А.А. Справочник термиста: изд. 2-е / А.А. Шмыков. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 290 с. ISBN 978-5-458-42195-9
5. Энциклопедический справочник термиста-технолога: в 3-х т. Т. 1. / С.Б. Масленков, А.И. Ляпунов, В.М. Зинченко и др.; под ред. С.Б. Масленкова. – М.: Наука и технологии, 2003. – 392 с.
6. Зуев В.М. Термическая обработка металлов. – М.: Высшая школа, 2001. – 288 с.

Дополнительная литература:

1. Гуляев А.П. Металловедение: учебник для вузов – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
2. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1992. – 528 с.
3. Методическое руководство к лабораторным работам по курсу «Материаловедение». – Ч.1, Ч.2 / А.П. Ефремов, Б.М. Казаков, И.Б. Куракин и др. – М.: РГУ нефти и газа, 2000 г. – 90 с.
4. Энциклопедический справочник термиста-технолога: в 3-х т. Т.2. / С.Б. Масленков, А.И. Ляпунов, В.М. Зинченко и др.; под ред. С.Б. Масленкова. – Москва: Наука и технологии, 2004. – 608 с.
5. Энциклопедический справочник термиста-технолога: В 3-ех томах. Т. 3. / С.Б. Масленков, А.И. Ляпунов, В.М. Зинченко и др.; под ред. С.Б. Масленкова. – М.: Наука и технологии, 2004. – 704 с.
6. Попова Г.Н., Алексеев С.Ю. Машиностроительное черчение: справочник. – СПб.: Политехника, 1994. – 448 с.
7. Материаловедение: образовательный ресурс. – <http://www.Materialscience.ru>
8. Поисковые Интернет сайты по конструкционным материалам, методам термической обработки, методам испытаний.

Приложение 1

Исходные данные к расчетно-графической работе

Вариант	Материал детали	Глубина упрочняемого слоя, мм	Твердость	Примечание
1	2	3	4	5
1	Сталь 20	0,9...1,0	58...62 HRC	
2	Сталь 45	0,5...0,7	50...52 HRC	
3	30X		58...60 HRC	
4	38XMЮА	0,4...0,6	62...65 HRC	
5	40XA		40...45 HRC	
6	50Г2		40...45 HRC	
7	У7		30...35 HRC	
8	35		32...35 HRC	
9	55	2,5...3,0	54...56 HRC	
10	45	1,5...2,0	60...65 HRC	
11	50Г	2,0...3,0	52...62 HRC	
12	30X3BA	0,35...0,4	60...65 HRC	
13	20XH	0,8...1,2	62...65 HRC	
14	50XM		35...38 HRC	
15	40		28...30 HRC	
16	45X		54...58 HRC	
17	35X2H4ЮА	0,2...0,3	62...67 HRC	
18	40A		58...60 HRC	
19	55		32...35HRC	
20	20	1,2...1,4	60...63 HRC	
21	45		50...52 HRC	
22	50A	-	25...30 HRC	
23	45ГА	-	26...32 HRC	
24	35	-	55...58 HRC	
25	20XФА	1,5...1,8	60...63 HRC	
26	У11		58...63 HRC	
27	65X	1,0...1,5	50...58 HRC	
28	40XГТ		30...35 HRC	
29	45X	0,2...0,3	62...65 HRC	
30	4X9		25...35 HRC	
31	45		40...45 HRC	
32	55	1,5...2,0	58...60 HRC	
33	38XЮМ4А	0,2...0,35	63...65 HRC	
34	45		32...38 HRC	
35	40XH		40...45 HRC	

Приложение 2

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Кафедра Технологии машиностроения

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ
ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ЗАГОТОВОК И ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

**Расчетно-графическая работа
по дисциплине «Материаловедение»**

Выполнил:

студент группы: КТП/б-11о
Иванов И.И.

Проверил:

Шрон Л.Б.

Севастополь
2017

Приложение 3

Стали, применяемые при изготовлении деталей машиностроительного производства

Детали	Материал деталей
Болты и шпильки	10, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 35X, 40X
Колеса зубчатых передач	35, 40, 45, 35X, 40X, 45X, 40XH, 12XH3A, 12X2H4A, 18ГТ, 20XНМ, 25ХГТ, 30ХГТ, 38ХМЮА
Червяки рулевых управлений	12XH3A, 20XНМ, 35X
Валы шестеренных передач	35X, 40X, 15ХГНТА, 25ХГМ, 30ХГТ
Полуоси	40, 40X, 40XC, 30ХГСА, 33XC, 35ХГС, 38XC, 38ХГА, 40ХНМА
Крестовины	20X, 20XНМ, 40X, 18ХГТ, 12XH3A
Карданные валы	15, 20
Вилки	35, 40, 30X, 30ГХ, 40X, 45
Шаровые пальцы	35, 40XH
Валы рулевых управлений	20, 30, 35, 45
Вал червячный	12XH3A, 30X, 40X
Рулевые тяги	20, 35
Оси рычагов	35, 40X
Коленчатые валы	35, 40, 45, 50, 35Г, 45Г2, 50Г, 65Г, 40X, 40ХГМ, 40ГМ, 40XНМ, 40XH, 30ХМА, 18ХНВА, 18ХНМА, 20XH3A, 40X3МЮ, 25ХН4ВЛ, 38ХМЮА
Распределительные валы	15X, 15XH, 40, 45
Поршневые пальцы	12XH3A, 15X, 45, 20XH3A, 20XНР
Клапаны ДВС	40, 45, 40X, 50XH, 40ХНМА, 40X10CM, 40CX10MA, 40X9C2
Шатуны	40Г2, 45Г2, 50Г2, 30Г, 30X, 35X, 40X, 38XA
Плунжеры топливной аппаратуры, иглы форсунок, гильзы цилиндров	38ХМЮА, 38ХВЮА, 38ХЮ
Пальцы звеньев гусениц трактора	50, 50Г, 50Г2
Опорные катки гусениц тракторов	50, 45Л, 45ГЛ, 38XC
Зубья ковшей экскаваторов	110Г13Л

Приложение 4

Термическая обработка основных деталей машиностроительного производства

Изготавливаемые детали	Группа стали	Марка стали	Термическая обработка
1	2	3	4
Поршневые пальцы, толкатели, крестовины кардана	Хромистая	15X, 15XA, 20X	Цементация, закалка, низкий отпуск
Шатуны, валы и шестерни коробок передач, болты шатунные и крепления маховика, шлицевые наконечники карданных валов, цапфы поворотные, рулевые рычаги	Хромистая	30X, 35X, 40X, 38XA	Улучшение, поверхностная закалка. Цианирование, закалка, низкий отпуск. Улучшение
Шатуны, полуоси	Марганцовистая	45Г2, 40Г	Улучшение
Шестерни полуосей, сателлиты, конические и цилиндрические шестерни главной передачи, валы и шестерни коробок передач, крестовины дифференциала, кулаки шарнира переднего ведущего моста	Хромомарганцовистая	18ХГТ, 25ХГТ, 30ХГТ, 25ХГМ	Цементация или цианирование, закалка, низкотемпературный отпуск
Конические шестерни главной передачи, шестерни полуоси, сателлиты, шестерни и валы коробок передач и раздаточных коробок, поршневые пальцы	Хромникелевая	20ХН3А 20Х2Х4А 12ХН3А	Цементация, закалка, низкотемпературный отпуск
Вал ведомый коробок передач автомобилей, валы-шестерни, конические шестерни, крестовины кардана, шестерни полуоси	Хромомарганцовоникелевая с титаном и бором	20ХГНР 15ХГН2ТА	То же
Плунжеры топливной аппаратуры, иглы форсунок	Хромоалюминиевая и хромоалюминиевая с молибденом	38Х2Ю 38Х2МЮА	Азотирование, закалка, высокий отпуск

1	2	3	4
Валы, шестерни, каретки синхронизаторов коробок передач и конические шестерни главных передач	Хромомарганцовоникельмолибденовая	20ХГНМ (19ХГН)	Химикотермическая обработка, закалка, низкотемпературный отпуск
Рычаги рулевого управления, поворотные цапфы	То же	40ХГНМ	Улучшение
Шатуны, полуоси	Бористая	40Р, 45РП	Улучшение Улучшение, закалка
Пружины клапанов, пластины торсионов автомобилей	Хромованадиевая	40ХФА 50ХФА 40ХН	Улучшение Улучшение, закалка
Шатунные болты, болты маховика, шаровые пальцы передней подвески	Хромоникелевая	40ХН	Улучшение Улучшение, закалка ТВЧ
Продольные и поперечные балки автомобильных рам грузовых автомобилей, металлические кузова самосвалов, балки задних мостов и другие детали	Низколегированные стали	14Г, 09Г2, 14Г2, 12ГС, 17ГС, 19ХГС, 10ХСНД	Без обработки Нормализация

Изд. № 76/17. Объем 1,25 п.л. Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,23.
РИИЦМ ФГАОУВО «Севастопольский государственный университет»