

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра технологии функциональных и конструкционных материалов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим работам по дисциплине
«Выбор материалов и технологий в машиностроении»
для направления подготовки
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
(уровень бакалавриата)

Составитель:
Л.В.Картонова

Владимир – 2018 г.

УДК 620.22

Рецензент:

Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Технология машиностроения»
Жданов Алексей Валерьевич

Методические указания к практическим работам по дисциплине «Выбор материалов и технологий в машиностроении»: для направления подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» (уровень бакалавриата)/ Владим. гос. ун-т; Сост.: Л.В.Картонова. Владимир. 2018. – 38 с.

Содержит методические указания к практическим работам по дисциплине «Выбор материалов и технологий в машиностроении» для направления подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» (уровень бакалавриата)

Табл. 8. Ил. 3. Библиогр.: 40 назв.

ВВЕДЕНИЕ

Цель дисциплины «Выбор материалов и технологий в машиностроении» состоит в обучении студентов научным основам выбора материала с учетом его состава, структуры, термической обработки и достигающихся при этом эксплуатационных и технологических свойств, необходимых для машиностроения, а также принципам выбора технологических процессов для решения задач профессиональной деятельности.

В результате освоения данной дисциплины у студентов формируются основные профессиональные компетенции, отвечающие требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО), к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО) по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов».

Таблица 1

Требования к результатам освоения программы бакалавриата

Код	Требования к результатам освоения программы бакалавриата
ПК-2	способность осуществлять сбор данных, изучать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию по тематике исследования, разработке и использованию технической документации, основным нормативным документам по вопросам интеллектуальной собственности, подготовке документов к патентованию, оформлению ноу-хау
ПК-9	готовность участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления техническими процессами
ПК-11	способность применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов

В результате освоения дисциплины «Выбор материалов и технологий в машиностроении» обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Знать: основы методологического анализа (ПК-2); принципы выбора материалов и технологии (ПК-9, 11);

Уметь: использовать на практике современные представления наук о материалах; выбирать материалы и технологические процессы для решения задач профессиональной деятельности (ПК-2, 9, 11);

Владеть: методами анализа свойств материалов, технологиями их получения и обработки (ПК-2); навыками выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения; принципами выбора материалов для элементов конструкций и оборудования, навыками использования традиционных и новых технологических процессов с элементами экономического анализа (ПК-9, 11).

Практические занятия являются формой групповой аудиторной работы в небольших группах для освоения практических навыков с целью формирования компетенций, необходимых для освоения ОПОП ВО (ПК- 2, 9, 11).

Таблица 2

Возможный перечень тем практических работ

№ п/п	Наименование практических работ
1.	Изучение нормативно-технической документации на машиностроительные материалы
2.	Выбор конструкционных сталей и их термообработки для деталей с заданными свойствами
3.	Изучение методологии выбора материалов с особыми физическими свойствами
4.	Определение типа производства
5.	Выбор заготовки
6.	Изучение технологичности заготовок

При подготовке к выполнению практической работы необходимо ознакомиться с методическими материалами. Контрольные вопросы позволяют провести самопроверку знаний после выполнения работы.

В течение очередного занятия студенты должны защитить оформленный отчет по предыдущей работе и выполнить следующую работу.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА N 1

Изучение нормативно-технической документации на машиностроительные материалы

Цель работы: изучение нормативно-технической документации на машиностроительные материалы.

Задания

1. Используя литературные источники, ознакомиться с нормативно-технической документацией на машиностроительные материалы (ГОСТ 380-2005, ГОСТ 1050-2013, ГОСТ 1435-99, ГОСТ 4543-2016, ГОСТ 5950-2000, ГОСТ 14959-2016, ГОСТ 19281-2014, ГОСТ 19265-73, ГОСТ 28393-89, ГОСТ 10994-74, ГОСТ 7293-85, ГОСТ 1215-79, ГОСТ 1412-85, ГОСТ 11069-2001, ГОСТ 4784-97, ГОСТ 1583-93, ГОСТ 859-2014, ГОСТ 15527-2004, ГОСТ 17711-93, ГОСТ 5017-2006, ГОСТ 18175-78, ГОСТ 613-79, ГОСТ 493-79, ГОСТ 492-2006, ГОСТ 19807-91, ГОСТ 1320-74).

2. Выполнить задание 1 (сталь углеродистая обыкновенного качества): указать основные химические элементы по анализу ковшовой пробы, описать их влияние на свойства стали. Написать обозначение данной марки стали по международным стандартам.

3. Выполнить задание 2 (нелегированная конструкционная качественная или специальная сталь): привести химический состав стали

по ковшовой пробе, требуемые механические свойства. Указать возможную область применения данной стали.

4. Выполнить задание 3 (конструкционная легированная сталь): привести химический состав стали по ковшовой пробе, требуемые механические свойства. Указать режимы термической обработки.

5. Ответить на контрольные вопросы.

6. Составить отчет.

Общие положения

Широкое использование сплавов на основе железа связано с большим содержанием железа в земной коре, низкой стоимостью, высокими технологическими и механическими свойствами.

Углеродистые стали, как наиболее дешевые, технологичные и имеющие достаточно высокий комплекс механических свойств, применяются для металлоконструкций общего назначения, используются в строительных конструкциях, для изготовления деталей в машиностроении и т.д.

Углеродистые стали подразделяются на

- конструкционные (до 0,65 % С);
- инструментальные (более 0,65 % С).

По содержанию углерода углеродистые стали делятся на:

- низкоуглеродистые до 0,25 % С,
- среднеуглеродистые – от 0,3 до 0,5 % С,
- высокоуглеродистые – более 0,50 % С.

По качеству стали подразделяют на стали:

- обыкновенного качества (не более 0,06% S, 0,07% P);
- качественные (не более 0,04% S, 0,035% P);
- высококачественные (не более 0,025% S, 0,025% P);
- особо высококачественные (не более 0,015% S, 0,025% P).

В ряде случаев углеродистые стали не отвечают требованиям, которые предъявляются к сплавам в современном производстве, так как не обладают достаточно высокими физико-химическими и механическими свойствами. С целью повышения твердости и прочности стали

при сохранении достаточной вязкости, а также получения особых свойств, таких как, жаропрочность, окалиностойкость, коррозионную стойкость и другие, на широко применяют *легированные стали*:

- конструкционные,
- инструментальные,
- с особыми свойствами.

В машиностроении, помимо черных металлов и сплавов, широко используются цветные металлы и сплавы на их основе, которые обладают различными ценными свойствами.

Алюминиевые сплавы классифицируют по технологии изготовления (литейные, деформируемые и спеченные (порошковые)); способности к термической обработке (упрочняемые и неупрочняемые термической обработкой); свойствам (сплавы повышенной пластичности, низкой прочности, нормальной прочности, высокопрочные, жаропрочные и др.).

Медные сплавы классифицируют по химическому составу (латуни, медно-никелевые сплавы, бронзы); технологии изготовления (литейные, деформируемые).

Титановые сплавы классифицируются по способу производства (деформируемые и литейные); способности упрочняться термической обработкой (упрочняемые и неупрочняемые); механическим свойствам (нормальной прочности, высокопрочные, жаропрочные и повышенной пластичности); структуре (α -, β -, $\alpha+\beta$ -сплавы).

Машиностроительные материалы поставляются в соответствии со стандартами, предусматривающими их химический состав, свойства. Перечень некоторых ГОСТов приведен ниже.

1. Сталь углеродистая обыкновенного качества – ГОСТ 380-2005.
- 2.Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей – ГОСТ 1050-2013.
3. Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали – ГОСТ 1435-99.
4. Metalлопродукция из конструкционной легированной стали – ГОСТ 4543-2016.

5. Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали – ГОСТ 5950-2000.
- 6.Metalлопродукция из рессорно-пружинной нелегированной и легированной стали – ГОСТ 14959-2016.
7. Прокат повышенной прочности – ГОСТ 19281-2014.
8. Прутки и полосы из быстрорежущей стали – ГОСТ 19265-73, ГОСТ 28393-89.
9. Сплавы прецизионные – ГОСТ 10994-74.
10. Чугун с шаровидным графитом для отливок – ГОСТ 7293-85.
11. Отливки из ковкого чугуна – ГОСТ 1215-79.
12. Чугун с пластинчатым графитом для отливок – ГОСТ 1412-85.
13. Алюминий первичный – ГОСТ 11069-2001.
14. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые – ГОСТ 4784-97.
15. Сплавы алюминиевые литейные – ГОСТ 1583-93.
16. Медь – ГОСТ 859-2014.
17. Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением – ГОСТ 15527-2004.
18. Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные – ГОСТ 17711-93.
19. Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением – ГОСТ 5017-2006.
20. Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением – ГОСТ 18175-78.
21. Бронзы оловянные литейные – ГОСТ 613–79.
22. Бронзы безоловянные литейные – ГОСТ 493-79.
23. Никель, никелевые и медно-никелевые сплавы, обрабатываемые давлением – ГОСТ 492-2006.
24. Титан и титановые сплавы, обрабатываемые давлением – ГОСТ 19807-91.
25. Баббиты оловянные и свинцовые – ГОСТ 1320-74.

Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Второе, третье и четвертое задания выполняются по варианту, указанному преподавателем (таблица).

Таблица

Задания к практической работе № 1

Номер варианта	Марка стали		
	Задание 1	Задание 2	Задание 3
Вариант 1	Ст0	05кп	40ХФР
Вариант 2	Ст1кп	10	33ХС
Вариант 3	Ст3кп	08кп	40ХН
Вариант 4	Ст4сп	10пс	20ХГС
Вариант 5	Ст2сп	15	12ХН3А
Вариант 6	Ст5Гсп	20кп	40ХФА
Вариант 7	Ст1пс	55пп	20ХМФА
Вариант 8	Ст5пс	18кп	40Х2Н2МА
Вариант 9	Ст5пс	60	45ХГМА
Вариант 10	Ст2кп	20пс	50ХН
Вариант 11	С4сп	40	15Н2М

Следует обратить внимание, что химический состав материала необходимо представить в виде таблицы с указанием постоянных примесей.

Контрольные вопросы

1. Как маркируются углеродистые стали обыкновенного качества? Укажите область применения этих сталей.
2. Какие химические элементы в сталях являются постоянными примесями?
3. Чем определяется качество сталей?
4. Как маркируются конструкционные качественные углеродистые стали? Их область применения.
5. Как маркируются конструкционные и инструментальные легированные стали?

6. Как маркируются чугуны?
7. Как маркируются алюминий и сплавы на его основе?
8. Как классифицируют медные сплавы? Маркировка меди и медных сплавов.
9. Как классифицируют титановые сплавы? Маркировка титановых сплавов.
10. Как маркируются никелевые сплавы?
11. Как маркируются баббиты?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Выбор конструкционных сталей и их термообработки для деталей с заданными свойствами

Цель работы: освоить научные основы принципа выбора сталей и их термообработки для конкретных деталей с заданными свойствами.

Задания

1. Провести анализ условий эксплуатации деталей в соответствии с распределенным вариантом.
2. Выбрать марку сплава, указать его химический состав.
3. Описать влияние легирующих и примесных элементов на свойства сплава.
4. Назначить режимы термообработки стали. Указать свойства после термической обработки.
5. Описать технологические свойства выбранной стали.
6. Ответить на контрольные вопросы.
7. Составить отчет.

Общие сведения

Для изготовления деталей машин и механизмов необходимо применять материалы, имеющие высокую прочность, надежность и долговечность. Наилучшим сочетанием данных характеристик обладают стали. Поэтому сталь является основным материалом для изготовления деталей машин, работающих при больших нагрузках.

В зависимости от условий работы конструкционные стали должны обладать высокими механическими свойствами, поэтому углеродистые стали имеют ограниченное применение. Для изготовления ответственных деталей применяют конструкционные легированные стали, которые обладают более высокими механическими свойствами и прокаливаемостью по сравнению с углеродистыми сталями.

Назначение конструкционных легированных сталей:

- *Машиностроительные* – служат для производства различных деталей машин и механизмов, которые в большинстве случаев проходят термическую обработку.
- *Строительные* – чаще всего используются при изготовлении сварных металлоконструкций и термической обработке подвергаются в редких случаях.

В зависимости от суммарного содержания легирующих элементов различают *низколегированные*, содержащие не более 2,5 % легирующих элементов, *среднелегированные* – 2,5 – 10 % и *высоколегированные* стали – более 10 %.

Применение легирующих элементов существенно влияет на стоимость стали. Чаще используются конструкционные стали легируют недорогими и недефицитными элементами, такими как, кремний, марганец и хром. Для изготовления нагруженных деталей стали легируют более дорогими и дефицитными элементами: никелем, вольфрамом, молибденом, ниобием. Чем выше степень легирования стали, тем больше её стоимость.

Необходимый комплекс свойств в легированных сталях выявляется только после термической обработки, в результате которой можно

получить наиболее оптимальную структуру, а следовательно, и изменение свойств.

Легированные стали также классифицируют по структуре в отожженном и нормализованном состояниях.

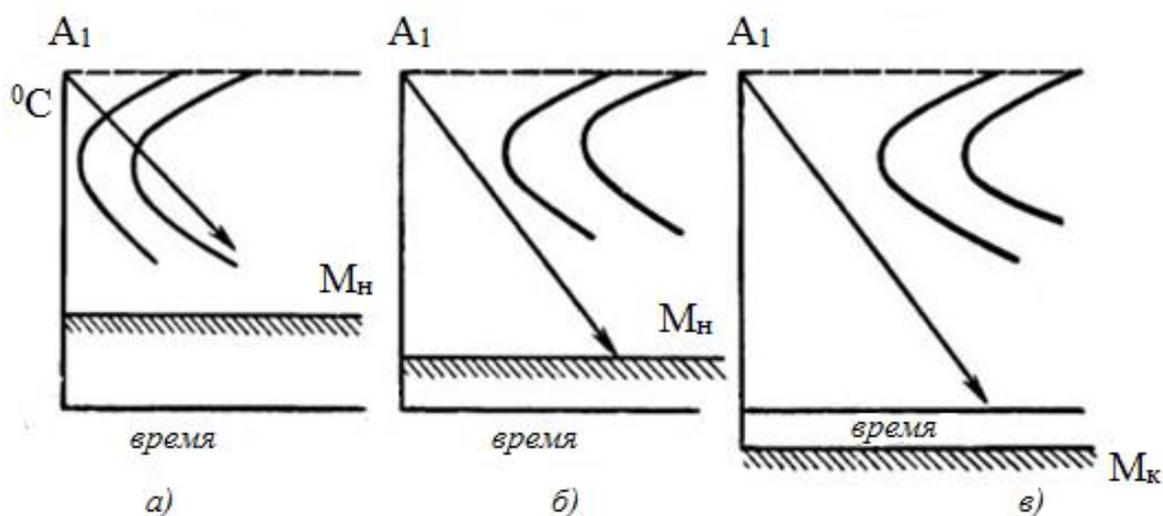
По структуре в *отожженном состоянии* различают:

- доэвтектоидные стали, имеющие структуру легированного перлита и избыточного легированного феррита;
- эвтектоидные – перлитную структуру;
- заэвтектоидные – легированного перлита и вторичных карбидов;
- ледебуритные стали, в структуре которых присутствуют первичные карбиды.

По структуре в *нормализованном состоянии* легированные стали подразделяют на три класса:

- перлитный (1 класс);
- мартенситный (2 класс);
- аустенитный (3 класс).

Образование данных классов легированной стали можно проиллюстрировать диаграммой изотермического превращения, на которой нанесена кривая охлаждения на воздухе (рис.2.1).



Ри.2.1. Диаграмма изотермического распада:

а – перлитный класс, б – мартенситный класс, в – аустенитный класс

- *Перлитный класс.* К данному классу относятся стали с низким содержанием легирующих элементов ($\Sigma \text{ЛЭ} < 5\%$), при этом кривая нормализации данных сталей пересекает кривую изотермического превращения в зоне образования феррито-цементитной смеси, с образованием сорбита, троостита или же с образованием перлита.

- *Мартенситный класс* включает стали, в которых содержание легирующих находится на среднем уровне ($5\% < \Sigma \text{ЛЭ} < 13\%$), при этом кривая нормализации не должна пересекать кривую изотермического превращения, при этом происходит переохлаждение аустенита, в результате этого образуется структура.

- *Аустенитный класс.* К данному классу относят стали с высоким содержанием легирующих элементов ($\Sigma \text{ЛЭ} \geq 13\%$, среди которых имеются γ -стабилизаторы структура), при этом кривая изотермического превращения, как и у сталей мартенситного класса, сдвинута вправо, но точка мартенситного превращения понижена и расположена ниже комнатной температуры. Так как кривая нормализации не пересекает кривую изотермического превращения и не доходит до точки мартенситного превращения в структуре стали сохраняется аустенит.

На рис. 2.2 представлена диаграмма разделения никелевой стали по структуре.

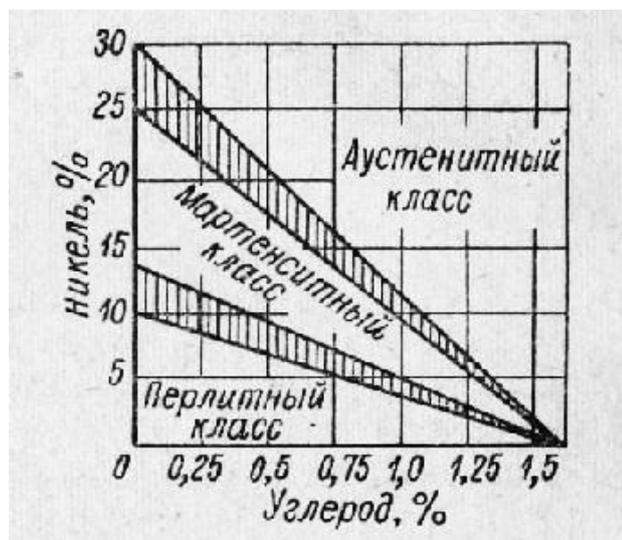


Рис. 2.2. Диаграмма разделения никелевой стали по структуре

Высоколегированные стали, не содержащие γ -стабилизаторов, после нормализации будут иметь ферритную или ледебуритную структуру.

По отношению к углероду легирующие элементы разделяются на две группы:

✓ элементы, образующие с углеродом устойчивые химические соединения – карбиды (хром, марганец, молибден, вольфрам, ванадий, титан); карбиды могут быть простые (например, Cr_4C , Mo_2C) или сложные легированные (например, $(\text{FeCr})_7\text{C}_3$ и др.); твердость их обычно выше твердости карбида железа, а хрупкость ниже;

✓ элементы, не образующие в присутствии железа карбидов и входящие в твердый раствор – феррит (никель, кремний, кобальт, алюминий, медь).

Конструкционные стали должны иметь хорошие технологические свойства, такие как, хорошая обрабатываемость давлением, и резанием, обладать высокой прокаливаемостью, иметь малую склонность к деформациям и трещинообразованию при закалке и др.

Строительные конструкционные стали должны обеспечивать хорошую свариваемость.

Порядок выполнения работы

Работа выполняется в соответствии с вариантом, указанным преподавателем (таблица).

При выполнении первого задания необходимо провести анализ условий эксплуатации деталей. При этом определить основные эксплуатационные требования предъявляемые к материалу.

При выполнении второго задания выбрать марку сплава, указать его химический состав.

Охарактеризовать влияние легирующих и примесных элементов (третье задание) на свойства сплава.

Назначить режимы возможной термообработки (четвертое задание) выбранной стали. Указать свойства после термической обработки.

Описать технологические свойства (пятое задание) стали.

Таблица

Задания к практической работе № 2

Вариант	Требования, предъявляемые к детали
Вариант 1	Подобрать сталь для изготовления сварной конструкции
Вариант 2	Выбрать материал для изготовления валов электродвигателей $\sigma_T \geq 250$ МПа, $\delta \geq 17\%$
Вариант 3	Выбрать сталь для изготовления распределительного вала диаметром 50 мм с $\sigma_T > 500$ МПа, $\delta > 20\%$, на поверхность кулачков HRC > 50
Вариант 4	Выбрать материал и термообработку для изготовления валов диаметром 50 мм, $\sigma_T \geq 150$ кгс/мм, $\psi \geq 15\%$
Вариант 5	Выбрать сталь для изготовления упругих элементов, работающих в условиях высоких динамических нагрузок
Вариант 6	Подобрать сталь для изготовления зубьев ковшей экскаватора
Вариант 7	Выбрать сталь и режим термообработки для изготовления вала зубчатой передачи диаметром 45 мм ($\sigma_T \geq 60$) МПа, $\psi \geq 30\%$). Твердость поверхности шейки вала - 50 - 54 HRC
Вариант 8	Выбрать сталь для изготовления ответственных шестерен вместо сталей 20X2H4A
Вариант 9	Подобрать стали для изготовления подшипников качения (шариков, роликов и др. деталей)
Вариант 10	Подобрать сталь для изготовления тяжело нагруженного вала диаметром 70 мм
Вариант 11	Подобрать сталь для изготовления стяжных болтов, которые должны иметь твердость HB220-230

Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Выполненные задания в соответствии с указанным вариантом.
3. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. Какова классификация конструкционных легированных сталей
2. Как влияют легирующие элементы и постоянные примеси на свойства стали?

3. Какие элементы являются α -стабилизаторами?
4. Какие элементы являются γ -стабилизаторами?
5. Как влияет марганец на свойства стали?
6. Как классифицируют легированные стали по структуре в отожженном и нормализованном состояниях?
7. Что понимают под прокаливаемостью? Выбор стали с учетом прокаливаемости.
8. Чем объясняется упрочнение сталей под действием закалки?
9. Какого назначения отпуск? Виды отпуска.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Изучение методологии выбора материала с особыми физическими свойствами

Цель работы: освоить выбора материала с особыми физическими свойствами.

Задания

1. Используя литературные источники, изучить методику выбора материала с особыми физическими свойствами
2. Установить определяющие физические свойства, предъявляемые к заданной детали.
3. Выбрать конкретный сплав, охарактеризовать его.
4. Охарактеризовать влияние примесных элементов на свойства сплава.
5. Описать физические свойства выбранного сплава.
6. Ответить на контрольные вопросы.
7. Составить отчет.

Общие положения

Особое место среди современных металлических материалов занимают стали и сплавы с особыми физическими свойствами (магнитными, электрическими, тепловыми и др.). Механические свойства этих сплавов не имеют значения. Многие из них являются прецизионными, т.е. уровень физических свойств в значительной степени определяется точностью химического состава, отсутствием примесей и технологией производства.

Стали и сплавы с особыми физическими свойствами имеют довольно широкий диапазон применения, но наибольшее распространение получили следующие материалы:

- магнитные стали и сплавы;
- стали и сплавы с высоким электрическим сопротивлением (при повышенной жаростойкости)
- сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения;
- сплавы с заданными упругими свойствами.

Магнитные стали и сплавы. Основными свойствами этих материалов являются:

– остаточная магнитная индукция B_r , которая характеризует магнитную индукцию, остающуюся в образце после намагничивания и прекращения магнитного поля;

– коэрцитивная сила H_c , характеризующая напряженность магнитного поля, приложенную к образцу и необходимую для его размагничивания;

– магнитная проницаемость μ , определяющаяся соотношением остаточной магнитной индукции к коэрцитивной силе.

Магнитные стали и сплавы подразделяются на три группы: магнитно-твердые, магнитно-мягкие и парамагнитные.

Магнито-твердые материалы применяют для изготовления магнитов. Для них характерны широкая петля гистерезиса, большие B_r и H_c и незначительная μ .

Для получения высокой коэрцитивной силы стали должны иметь мартенситную структуру с мелкими частицами цементита или карбидов.

Для изготовления постоянных магнитов используются высокоуглеродистые стали (1,0-1,2% углерода), легированные хромом, также их дополнительно могут легировать кобальтом, вольфрамом, молибденом. В промышленности наиболее широко применяют сплавы типа аллико, например, ЮНДК15, ЮНДК40Т8АА.

Магнитно-мягкие стали (электротехнические стали) и сплавы применяют для изготовления магнитопроводов постоянного и переменного тока. Для них характерны низкая H_c , высокая μ . При намагничивании в переменном электромагнитном поле данные материалы имеют малые потери на гистерезис и вихревые токи. Для этого ферромагнитный материал должен быть чистым от примесей и включений, иметь гомогенную структуру. При увеличении зерна феррита магнитная проницаемость возрастает.

В качестве магнито-мягкого материала широко используются низкоуглеродистые кремнистые стали (0,8-4,8% кремния).

Парамагнитные (немагнитные) стали. В качестве парамагнитных сталей применяются стали с аустенитной структурой, например, 12Х18Н10Т, 55Г9Н9Х3.

В промышленности широко используются **стали и сплавы с высоким удельным электрическим сопротивлением**, что достигается однородной структурой твердого раствора. Данные материалы должны обладать малым температурным коэффициентом, высокими температурой плавления и жаростойкостью, стабильностью свойств во времени, а также способностью к деформации в холодном и горячем состоянии.

Сплавы с высоким удельным электрическим сопротивлением в зависимости от назначения подразделяются на:

- реостатные сплавы, применяемые при температурах не более 300-500⁰С (пусковые реостаты);
- жаростойкие (окалиностойкие) сплавы, рабочие температуры которых могут составлять 1200-1300⁰С (нагревательные элементы).

Сплавы с заданным коэффициентом линейного расширения, как правило, содержат большое количество никеля. В качестве таких материалов широко используются сплавы Fe-Ni. Их применяют для изготовления деталей приборов, требующих постоянных размеров при изменении температуры, например, детали геодезических приборов.

Сплавы с заданными упругими свойствами применяются в случае, если требуется материал с постоянными, неизменяющимися с температурой модулями упругости (E , G), например, пружины различных точных приборов. С этой целью используют инвары, например, 42Н.

Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Второй, третий и четвертый пункты задания выполняются для деталей, указанных в таблице в соответствии с выданным вариантом.

Таблица

Задания к практической работе № 3

Номер варианта	Требования, предъявляемые к детали
Вариант 1	Статор асинхронного двигателя
Вариант 2	Небольшие магниты постоянного тока
Вариант 3	Корпус компаса
Вариант 4	Детали измерительных приборов, от которых требуется достаточная прочность и высокая пластичность при заданных значениях температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР)
Вариант 5	Регулировочные реостаты
Вариант 6	Силовой трансформатор
Вариант 7	Немагнитные бандажные кольца электрогенераторов
Вариант 8	Сердечник трансформатора
Вариант 9	Детали с низким температурным коэффициентом электросопротивления для нагревательных элементов в промышленных печах
Вариант 10	Спаи элементов радиоэлектронной аппаратуры
Вариант 11	Упругочувствительные элементы измерительных приборов

Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Выполненное задание в соответствии с указанным вариантом.
3. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. Что включают в себя стали и сплавы с особыми физическими свойствами?
2. Что понимается под прецизионными материалами?
3. Какими свойствами характеризуются магнитные стали и сплавы?
4. Дайте характеристику магнитно-твердым материалам. Приведите примеры таких материалов.
5. Какую структуру должны иметь магнито-твердые стали?
6. Чем характеризуются магнитно-мягкие сплавы?
7. Что такое парамагнитные стали и сплавы?
8. Как подразделяются сплавы с высоким электрическим сопротивлением?
9. Какие сплавы имеют постоянный температурный коэффициент линейного расширения?
10. Дайте характеристику сплавам с заданными упругими свойствами.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА N 4

Выбор типа производства

Цель работы: изучение методики расчета коэффициента закрепления операций и определения типа производства.

Задания

1. Используя литературные источники, ознакомиться с технологической характеристикой различных типов производства.
2. Изучить методику расчета коэффициентом закрепления операции и определения типа производства на конкретном примере.
3. Выполнить задание по варианту, указанному преподавателем.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Составить отчет.

Общие положения

Машиностроительное производство в соответствии с ГОСТ 14.004-83 характеризуется типом производства, который является классификационной категорией. В зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции различают следующие типы производства:

- ✓ единичное,
- ✓ серийное;
- ✓ массовое.

Объем выпуска продукции – количество изделий определенных наименований, типоразмеров и исполнений, изготавливаемых или ремонтируемых предприятием или его подразделением в течение планируемого периода времени.

Единичное производство определяется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматривается.

Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. В зависимости от количества изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство.

Коэффициент закрепления операций $K_{з.о.}$ определяется отношением числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест, на которых выполняются эти операции.

В соответствии с ГОСТ 3.1121-84 коэффициент закрепления операций принимают равным: для мелкосерийного производства – свыше 20 до 40 включительно; для среднесерийного производства – свыше 10 до 20 включительно; для крупносерийного производства – свыше 1 до 10 включительно.

Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция. Коэффициент закрепления операций в соответствии с ГОСТ 3.1121-84 для массового производства принимают равным 1.

Основным типом современного машиностроительного производства является серийное производство. По всем технологическим и производственным характеристикам серийное производство занимает промежуточное положение между единичным и массовым производством.

Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Второе задание выполняется под руководством преподавателя всей группой. При выполнении задания производится расчет типа производства для конкретной детали.

При выполнении третьего задания студенты делятся на 2-3 группы, каждой из которых выдается отдельное задание.

Исходные данные для расчета коэффициента закрепления операций:

годовая программа выпуска $N_1 = []$ шт.;

количество деталей на изделие $m = []$ шт.;

запасные части $\beta = []$ %;

режим работы предприятия $[]$ смен в сутки.

С учетом этих данных корректируется годовая программа выпуска:

$$N = N_1 m (1 + \beta/100) = [] \text{ шт. деталей.}$$

Так же выдается штучно-калькуляционное время на операции (табл.4.1).

Таблица 4.1

Штучно-калькуляционное время на операции

№ операции	Наименование операции	Штучно-калькуляционное время, $T_{шт-к}$
005		
010		
015		

Результаты расчетов заносятся в табл. 4.2 и 4.3.

Таблица 4.2

Количество рабочих мест по операциям

№ операции	Наименование операции	Штучно-калькуляционное время, $T_{шт-к}$	Количество единиц оборудования (станков), m_p	Принятое количество рабочих мест, P
Итого:				$\sum P$

Количество единиц оборудования (станков) m_p определяется по формуле:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}}$$

где F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, $\eta_{з.н.}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования.

Если тип производства только определяется, усредненные значения нормативного коэффициента загрузки оборудования можно принять порядка 0,75...0,8, так как это не приведет к большим погрешностям в расчетах. Фактические значения коэффициента загрузки оборудования будут определяться после детальной разработки технологического процесса. Поэтому принимаем $\eta_{з.н.} = 0,75$.

Действительный годовой фонд времени работы оборудования определяется с учетом количества календарного числа дней в году, количества выходных праздничных и предпраздничных дней, рабочих суббот; числа смен работы оборудования; продолжительности рабочего дня; потерь на проведение ремонтов, обслуживания, настройки и подналадки оборудования. При расчете принимаем $F_d = 4015$ ч.

Таблица 4.3

Количество операций на данном рабочем месте

№ операции	Наименование операции	Коэффициент загрузки рабочего места, $\eta_{з.ф.}$	Количество операций на данном рабочем месте, O
Итого:			ΣO

Для каждой операции коэффициент загрузки рабочего места определяется по формуле:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P},$$

количество операций, выполняемых на рабочем месте:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}$$

Коэффициент закрепления операций рассчитывается следующим образом:

$$\eta_{з.о.} = \frac{\Sigma O}{\Sigma P}$$

Содержание отчета

1. Название, цель работы и задание.
2. Выполненное второе и третье задание.
3. Список используемой литературы.

Контрольные вопросы

1. На какие типы подразделяют современное производство?
2. Охарактеризуйте единичное производство.
3. Какое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени?
4. На какие типы подразделяется серийное производство? Что лежит в основе данной классификации?
5. Охарактеризуйте серийное производство.
6. Охарактеризуйте массовое производство.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Выбор заготовки

Цель работы: ознакомление с видами заготовок, их характеристикой, рекомендациями по выбору заготовок.

Задания

1. Используя литературные источники, ознакомиться со структурой технологического процесса.
2. Изучить виды заготовок и их характеристику.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Составить отчет.

Общие положения

Изготовление деталей начинается с производства заготовок.

Заготовка – предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь (ГОСТ 3.1109-82). *Исходная заготовка* – заготовка перед первой технологической операцией.

Одной из основных задач заготовительного производства является определение рационального технологического метода получения заготовок.

С этой целью в машиностроении широко применяются следующие методы:

- ✓ литье,
- ✓ обработку металлов давлением,
- ✓ сварку,
- ✓ комбинации этих методов,
- ✓ порошковую металлургию.

Каждый из этих методов включает в себя различные способы получения заготовок.

Различают следующие виды заготовок:

Профили – заготовки постоянного или периодического сечения, изготавливаемые в условиях металлургического производства.

Штучные заготовки – заготовки, получаемые обработкой давлением (поковки), методами порошковой металлургии, литьем (отливки) и сваркой.

Сварные заготовки – изделия, получаемые с использованием технологического процесса сварки элементов (профилей, литых, кованных, штампованных).

Комбинированные заготовки – сложные изделия, получаемые соединением, в частности сваркой, отдельных более простых элементов. Комбинированные заготовки позволяют снизить металлоемкость изделий.

Сортамент (совокупность форм и размеров профилей) проката подразделяется на:

- сортовой прокат,
- листовой прокат,
- трубы,
- профили специального назначения.

Сортовой прокат (круг, квадрат, шестигранник, труба, уголки, тавр, двутавр и т. п.) следует применять в случаях, когда профиль материала соответствует профилю изготавливаемой детали. Его основное преимущество – дешевизна. Существенным недостатком является низкий коэффициент использования материала (КИМ).

Поковки, полученные свободной ковкой, как правило, применяются преимущественно для крупных стальных деталей, а в условиях единичного и мелкосерийного производства – и для мелких деталей.

Поковки, полученные в штампах, по форме и размерам наиболее близки к готовой детали, что снижает объем механической обработки и коэффициент использования металла.

Отливки наиболее распространены для деталей сложной формы.

При выборе типа заготовки в первую очередь учитывают материал, из которого изготавливается деталь. Например, стальные детали чаще всего изготавливаются из проката и поковок, реже из отливок; детали из чугуна – различными способами литья; детали из цветных металлов и сплавов чаще изготавливают из проката и отливок, штамповка применяется реже.

Заготовки характеризуются конфигурацией и размерами, точностью получаемых размеров, структурой металла, состоянием поверхности и т.д. Форма и размеры заготовки определяют технологию её изготовления и последующую механическую обработку. При этом необходимо учитывать технологические возможности каждого из типов заготовок: для деталей простой формы целесообразно применение проката; для деталей простой формы с большими перепадами размеров – поковка; для деталей сложной формы – отливка или поковка, получаемая в штампах и т.д.

Проектирование заготовки осуществляют в соответствии с государственными стандартами. Реальный слой металла, снимаемый в процессе обработки резанием, может колебаться в широких пределах. В

процессе проектирования заготовки назначают припуски на механическую обработку и могут предусматривать напуски.

Припуск на механическую обработку – это слой металла, удаляемый с поверхности заготовки с целью получения требуемых геометрической формы и размеров детали.

Оптимальный припуск зависит от материала, размеров, конфигурации и вида заготовки, толщины дефектного поверхностного слоя и др. Как известно, полученные в песчаных формах отливки имеют на поверхности раковины, песчаные включения, а поковки, изготовленные ковкой, покрыты окалиной.

Напуск – это объем металла на поверхности заготовки (сверх припуска), предназначенный для упрощения конфигурации заготовки и облегчения условий ее получения. Как правило, напуск удаляют механической обработкой резанием.

Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Работа проводится в виде семинарского занятия, в процессе которого рассматриваются следующие вопросы:

1. Профили.
2. Штучные заготовки.
3. Сварные заготовки.
4. Определение себестоимости заготовок.

Для усвоения методики определения себестоимости заготовок студенты под руководством преподавателя рассчитывают стоимость заготовки из проката и заготовки, полученной литьем.

Контрольные вопросы

1. Какие методы применяют для получения заготовок?
2. Чем определяется выбор заготовок из профиля?
3. Преимущества и недостатки литых заготовок.
4. Преимущества и недостатки штампованных заготовок.

5. Что понимают под припуском на механическую обработку? Какие факторы влияют на величину припуска?
6. Что такое напуск?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Изучение технологичности заготовок

Цель работы: ознакомление с технологичностью конструкции изделия и заготовок.

Задания

1. Используя литературные источники, ознакомиться со структурой технологического процесса
2. Ознакомиться с понятием технологичности конструкции изделия и критериями ее оценки.
3. Изучить рекомендации по проектированию различных видов заготовок.
4. Дать заключение о технологичности заготовки по заданию преподавателя.
5. Ответить на контрольные вопросы.
6. Составить отчет.

Общие положения

Под *технологичностью конструкции изделия* понимается совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ (ГОСТ 14.205-83).

Различают производственную, эксплуатационную и ремонтную технологичность.

Технологический контроль конструкторской документации – контроль конструкторской документации, при котором проверяется соответствие конструкции изделия требованиям технологичности.

Производственная технологичность конструкции изделия – технологичность конструкции изделия при технологической подготовке производства, изготовлении, а также монтаже вне предприятия-изготовителя.

Эксплуатационная технологичность конструкции изделия – технологичность конструкции изделия при всех видах ремонта, кроме текущего.

Следует иметь в виду, что это относительное понятие, так как технологичность одного и того же изделия может быть разной в зависимости от типа производства.

В ГОСТ 14.201-83 излагаются следующие положения:

Обеспечение технологичности конструкции изделия в соответствии включает:

- отработку конструкции изделий на технологичность на всех стадиях разработки изделия, при технологической подготовке производства и, в обоснованных случаях, при изготовлении изделия;
- совершенствование условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте изделий и фиксация принятых решений в технологической документации;
- количественную оценку технологичности конструкции изделий;
- технологический контроль конструкторской документации;
- подготовку и внесение изменений в конструкторскую документацию по результатам технологического контроля, обеспечивающих достижение базовых значений показателей технологичности.

При проведении отработки конструкции изделия на технологичность следует учитывать:

- вид изделия, степень его новизны и сложности, условия изготовления, технического обслуживания и ремонта, а также монтажа вне предприятия-изготовителя;
- перспективность изделия, объем его выпуска;

– передовой опыт предприятия-изготовителя и других предприятий с аналогичным производством, новые высокопроизводительные методы и процессы изготовления;

– оптимальные условия конкретного производства при рациональном использовании имеющихся средств технологического оснащения и производственных площадей и планомерном внедрении новых передовых технологических методов и средств производства;

– связь достигнутых показателей технологичности с другими показателями качества изделия.

Технологичность конструкции специфицируемого изделия рассматривают относительно всего изделия, учитывая технологичность составных частей, сборки, испытаний, монтажа вне предприятия-изготовителя, технического обслуживания и ремонта.

Обработка конструкции изделия на технологичность должна обеспечивать на основе достижения технологической рациональности и оптимальной конструктивной и технологической преемственности конструкции изделия решение следующих основных задач:

– снижение трудоемкости и себестоимости изготовления изделия и его монтаже вне предприятия-изготовителя;

– снижение трудоемкости, стоимости и продолжительности технического обслуживания и ремонта изделия;

– снижение важнейших составляющих общей материалоемкости изделия - расхода металла и топливно-энергетических ресурсов при изготовлении, монтаже вне предприятия-изготовителя, техническом обслуживании и ремонте.

Вопросы технологичности требуют комплексного решения, начиная со стадии проектирования заготовки, выбора метода ее изготовления и заканчивая процессами ее механической обработки и сборки всего изделия (рисунок).

Современная тенденция состоит в том, что отработка конструкции на технологичность смещается на стадию разработки конструкторской документации. Поэтому при проектировании деталей конструктор должен уметь выбрать оптимальные методы и способы получения

заготовки, ее последующей обработки, обеспечивающие требуемое качество.



Рис. Технологичность конструкции изделия

Выбор показателей технологичности зависит от назначения детали, типа производства и условий эксплуатации. Для заготовок в качестве показателей технологичности применяют коэффициент использования материала (КИМ), трудоемкость изготовления, технологическую себестоимость и др.

Коэффициент использования материала является безразмерной величиной и определяется следующим образом:

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{м}}},$$

где $m_{\text{д}}$ – масса детали, $m_{\text{м}}$ – масса израсходованного материала.

Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Работа проводится в виде семинарского занятия, в процессе которого рассматриваются следующие вопросы:

1. Технологичность литых заготовок.
2. Технологичность кованных заготовок.
3. Технологичность сварных заготовок.
4. Технологичность заготовок, подвергаемых термической обработке.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под технологичностью?
2. Какими требованиями обеспечивается технологичность конструкции?
3. От чего зависит технологичность заготовок?
4. Как определяется коэффициент использования материала?
5. Технологичность литых заготовок.
6. Технологичность кованных заготовок.
7. Технологичность сварных заготовок.
8. Технологичность заготовок, подвергаемых термической обработке.

РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Выбор материалов и технологий в машиностроении: Учебное пособие / Токмин А.М., Темных В.И., Свечникова Л.А. – М.: НИЦ ИНФРА-М, СФУ, 2016. – 235 с.: 60x90 1/16. – (Высшее образование: Бакалавриат), ISBN 978-5-16-006377-5, <http://znanium.com/bookread2.php?book=556057> (вход для зарегистрированных пользователей)
2. Картонова, Л. В. Основы материаловедения металлических и неметаллических веществ: учеб. пособие / Л. В. Картонова, В. А. Кечин; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2014. – 176 с. Издание на др. носителе: Основы материаловедения металлических и неметаллических веществ [Электронный ресурс], ISBN 978-5-9984-0503-7. <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4028/1/01404.pdf>
3. Материаловедение в машиностроении: учебное пособие / В.П. Дмитренко, Н.Б. Мануйлова. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 432 с.: 60x90 1/16. – (Высшее образование: Бакалавриат (МАТИ)), ISBN 978-5-16-010712-7, <http://znanium.com/bookread2.php?book=501197> (вход для зарегистрированных пользователей)
4. Материаловедение и технология материалов: Учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 397 с.: 60x90 1/16. – (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-006899-2, <http://znanium.com/bookread2.php?book=413166> (вход для зарегистрированных пользователей)
5. Материаловедение и технология материалов: Учебное пособие/ К.А. Батышев, В.И. Безпалько; Под ред. А.И. Батышева, А.А. Смолькина. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013 – 288 с.: 60x90 1/16. – (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-004821-5 <http://znanium.com/bookread2.php?book=397679> (вход для зарегистрированных пользователей)
6. Материаловедение. Применение и выбор материалов [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Солнцев Ю.П., Борзенко Е.И., Во-

логжанина С.А. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2007. – <http://www.studentlibrary.ru / book / ISBN9785938081406.html> (вход для зарегистрированных пользователей)

7. Методология выбора материалов и упрочняющих технологий в машиностроении: Учебник / В.Е. Зоткин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2011. - 320 с.: 60x90 1/16. – (Высшее образование), ISBN 978-5-8199-0346-9, <http://znanium.com/bookread2.php?book=263957> (вход для зарегистрированных пользователей)

8. Солнцев Ю.П. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Солнцев Ю.П., Ермаков Б.С., Пирайнен В.Ю. – Электрон. текстовые данные. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2014. – 504 с.: <http://www.iprbookshop.ru/22545> (вход для зарегистрированных пользователей)

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ

1. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.

2. ГОСТ 492-2006. Никель, никелевые и медно-никелевые сплавы, обрабатываемые давлением. Марки.

3. ГОСТ 493-79. Бронзы безоловянные литейные. Марки.

4. ГОСТ 613–79. Бронзы оловянные литейные. Марки.

5. ГОСТ 859-2014. Медь. Марки.

6. ГОСТ 7293-85. Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки.

7. ГОСТ 1050-2013. Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия.

8. ГОСТ 1215-79. Отливки из ковкого чугуна. Общие технические условия.

9. ГОСТ 1320-74. Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия.

10. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки.
11. ГОСТ 1435-99. Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали. Общие технические условия.
12. ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия.
13. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия.
14. ГОСТ 4784-97. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки.
15. ГОСТ 5950-2000. Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия.
16. ГОСТ 10994-74. Сплавы прецизионные. Марки.
17. ГОСТ 11069-2001. Алюминий первичный. Марки.
18. ГОСТ 5017-2006. Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Марки.
19. ГОСТ 14959-2016. Metalлопродукция из рессорно-пружинной нелегированной и легированной стали. Технические условия.
20. ГОСТ 15527-2004. Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки.
21. ГОСТ 17711-93. Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные. Марки.
22. ГОСТ 18175-78. Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки.
23. ГОСТ 19281-2014. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия.
24. ГОСТ 19265-73. Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия.
25. ГОСТ 19807-91. Титан и титановые сплавы, обрабатываемые давлением. Марки.
26. ГОСТ 28393-89. Прутки и полосы из быстрорежущей стали, полученной методом порошковой металлургии. Общие технические условия.

27. ГОСТ 3.1109-82. Единая система технологической документации (ЕСТД). Термины и определения основных понятий.

28. ГОСТ 3.1121-84. Единая система технологической документации (ЕСТД). Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы (операции).

29. ГОСТ 14.004-83. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий.

30. ГОСТ 14.201-83. Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования.

31. ГОСТ 14.205-83. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения.

32. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1.	
Изучение нормативно-технической документации на машиностроительные материалы	5
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.	
Выбор конструкционных сталей и их термообработки для деталей с заданными свойствами	10
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3.	
Изучение методологии выбора материала с особыми физическими свойствами	16
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4.	
Выбор типа производства	21
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5.	
Выбор заготовки	26
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6.	
Изучение технологичности заготовок	29
Рекомендованная литература	34