

**Методические рекомендации  
по выполнению  
практических работ  
по учебной дисциплине  
ОП.04 «Материаловедение»**

**по специальности  
23.02.03**

**Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта**

с. Северцево, 2018

## **Содержание.**

Введение

Практическая работа № 1 «Классифицирование и распознавание конструкционных и сырьевых материалов».

Практическая работа № 2 «Выбор материалов на основе анализа их свойств для конкретного применения.».

Практическая работа № 3 «Расшифровка марок конструкционных материалов».

Практическая работа № 4 «Выбор способов соединения материалов».

Практическая работа № 5 «Обработка деталей из основных материалов.».

Практическая работа № 6 «Выбор способа и режима обработки металлов для различных деталей.».

Практическая работа № 7 «Определение режима термообработки стали».

Практическая работа № 8 «Изготовление текстолита».

Практическая работа № 8 «Определение физико-механических свойств резиновых материалов».

Практическая работа № 9 «Изучение свойств пластмасс».

## Введение

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по учебной дисциплине ОП.03 «Материаловедение» предназначены для студентов по профессиям среднего профессионального образования с учетом профиля подготовки (технический профиль).

В данном методическом пособии приведены указания по выполнению практических и лабораторных работ по темам дисциплины, указаны темы и содержание лабораторных и практических работ, формы контроля по каждой теме и рекомендуемая литература.

Данные рекомендации способствуют развитию Ваших общих и профессиональных компетенций, постепенному и целенаправленному развитию познавательных способностей. Рекомендованы к использованию при изучении учебной дисциплины ОП.03 «Материаловедение» в учреждениях среднего профессионального образования с учетом специфики профиля подготовки (технический профиль).

В результате освоения данной учебной дисциплины студент должен **уметь**:

- распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
- подбирать материалы по их назначению и условиям эксплуатации для выполнения работ;
- выбирать и расшифровывать марки конструкционных материалов;
- определять твердость металлов;
- определять режимы отжига, закалки и отпуска стали;
- подбирать способы и режимы обработки металлов (литьем, давлением, сваркой, резанием и др.) для изготовления различных деталей;

В результате освоения данной учебной дисциплины студент должен **знать**:

- основные виды конструкционных и сырьевых, металлических и неметаллических материалов;
- классификацию, свойства, маркировку и область применения конструкционных материалов, принципы их выбора для применения в производстве;
- основные сведения о назначении и свойствах металлов и сплавов, о технологии их производства;
- особенности строения металлов и их сплавов, закономерности процессов кристаллизации и структурообразования;
- виды обработки металлов и сплавов;
- сущность технологических процессов литья, сварки, обработки металлов давлением и резанием;
- основы термообработки металлов;
- способы защиты металлов от коррозии;
- требования к качеству обработки деталей;
- виды износа деталей и узлов;
- особенности строения, назначения и свойства различных групп неметаллических материалов;
- характеристики топливных, смазочных, абразивных материалов и специальных жидкостей;
- классификацию и марки масел;
- эксплуатационные свойства различных видов топлива;

- правила хранения топлива, смазочных материалов и специальных жидкостей;
- классификацию и способы получения композиционных материалов;

В современной системе среднего профессионального образования большая роль отводится практико-ориентированному обучению, следовательно, в содержании каждой учебной дисциплины должно быть определенное количество лабораторных и практических работ.

Лабораторные и практические работы позволят сформировать практические навыки работы, профессиональные компетенции. Они входят в структуру изучения учебной дисциплины ОП.03 «Материаловедение».

Лабораторные и практические работы представляют собой элемент учебной дисциплины и оцениваются по критериям, представленным ниже:

**Оценка «5» выставляется студенту, если:**

- тематика работы соответствует заданной, студент показывает системные и полные знания и умения по данному вопросу;
- работа оформлена в соответствии с рекомендациями преподавателя;
- объем работы соответствует заданному;
- работа выполнена точно в сроки, указанные преподавателем.

**Оценка «4» выставляется студенту, если:**

- тематика работы соответствует заданной, студент допускает небольшие неточности или некоторые ошибки в данном вопросе;
- работа оформлена с неточностями в оформлении;
- объем работы соответствует заданному или чуть меньше;
- работа сдана в сроки, указанные преподавателем, или позже, но не более чем на 1-2 дня.

**Оценка «3» выставляется студенту, если:**

- тематика работы соответствует заданной, но в работе отсутствуют значительные элементы по содержанию работы или тематика изложена нелогично, не четко представлено основное содержание вопроса;
- работа оформлена с ошибками в оформлении;
- объем работы значительно меньше заданного;
- работа сдана с опозданием в сроках на 5-6 дней.

**Оценка «2» выставляется студенту, если:**

- не раскрыта основная тема работы;
- работа оформлена не в соответствии с требованиями преподавателя;
- объем работы не соответствует заданному;
- работа сдана с опозданием в сроках больше 7 дней.

Лабораторные и практические работы по своему содержанию имеют определенную структуру, предлагаем рассмотреть ее: ход работы приведен в начале каждой практической и лабораторной работы; при выполнении практических работ студентами выполняется задание, которое указано в конце работы; при выполнении лабораторных работ Вами составляется отчет по ее выполнению, содержание отчета указано в конце лабораторной работы.

При выполнении лабораторных и практических работ студентами выполняются определенные правила, рассмотрите их ниже: лабораторные и практические работы выполняются во время учебных занятий; допускается окончательное оформление лабораторных и практических работ в домашних условиях; разрешается использование дополнительной литературы при выполнении лабораторных и практических работ; перед выполнением лабораторной и практической работы необходимо изучить основные теоретические положения по рассматриваемому вопросу.

## Тип урока: Практическое занятие №1.

### Тема: Классифицирование и распознавание конструкционных и сырьевых материалов

**Цель занятия:** научиться правильно классифицировать и распознавать конструкционные и сырьевые материалы.

**Оснащение рабочего места:** Образцы конструкционных сталей, чугунов и цветных металлов.

**Ход занятия:**

1. Изучить инструкционную карту.
2. Ответить на контрольные вопросы.

#### Пояснение к работе

**КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ** — основные виды материалов, из которых изготавливаются машины, оборудование, приборы, сооружаются каркасы зданий, мосты и другие конструкции и которые несут основную силовую нагрузку при их эксплуатации. Конструкционные материалы классифицируются по широкому кругу признаков: по применяемости — в машиностроении, в строительстве; по природе образования — металлические, неметаллические, композиционные; по реакции на внешние воздействия — горючие, коррозионно-устойчивые, жаростойкие, хладостойкие; по свойствам, проявляемым при различных методах обработки, — пластичные, тугоплавкие, свариваемые, склонные к образованию трещин, закаливаемые и т. д.; по способам получения — сплавы, прессованные, катаные, тканые, формованные, пленки. Важными показателями конструкционных материалов являются их прочностные качества — сопротивление сжатию, растяжению, работа на изгиб, выносливость при вибрационных нагрузках, а также ряд специальных свойств, учитываемых при проектировании машин, оборудования, строительных сооружений. Среди них — легкость при определенных прочностных качествах, сопротивляемость износу, электро- и теплопроводность, способность пропускать газы и др. При выборе конструкционных материалов в процессе проектирования изделий используются их технико-экономические параметры — стоимость, коэффициент использования и трудоемкость в разных условиях обработки и т. п. В современных условиях, когда на первый план выдвинута задача кардинального повышения технического уровня и качества продукции, особенно машин и оборудования, всемерной экономии материальных ресурсов, внедрения ресурсосберегающих технологий, снижения массы конструкций при повышении их надежности, требования к качественным показателям конструкционные материалы резко возросли и усложнились. Например, необходимы конструкционные материалы легкие и в то же время жаропрочные, сохраняющие прочность как при высоких, так и при низких температурах, пластичные и хорошо выдерживающие ударные нагрузки и т. п. Такие требования обусловили появление ряда новых конструкционных материалов. Перспективными являются сплавы на основе алюминия, титана и особенно магния. С повышением требований к прочностным свойствам, а также к сохранению этих свойств в различных экстремальных условиях связано новое направление получения конструкционных материалов, а именно синтезирование их из элементов, имеющих предельные значения свойств — предельно прочные, тугоплавкие, термостабильные и т. д. Такие материалы составляют новый класс композиционных конструкционных

материалов. В них используются различные волокна, нити, проволоки, нитевидные кристаллы, гранулы, дисперсные высокотвердые и тугоплавкие соединения, окислы, карбиды, которые составляют либо армировку, либо наполнитель композиционного материала.

Подобные конструкционные материалы по определенным показателям могут превышать все известные исходные материалы. Новые прочностные качества конструкционных материалов получают путем специальной обработки металлов, газотермического напыления металлических порошков и др.

**Исходя из природы конструкционных и инструментальных материалов, их можно разделить на следующие основные группы:**

**1. Металлические материалы, к которым относятся:**

- сплавы на основе железа – чистое железо, стали, чугуны;
- стали и сплавы с особыми физическими свойствами (магнитные и немагнитные стали и сплавы, аморфные сплавы, сплавы с высоким электрическим сопротивлением, сплавы с эффектом памяти формы и т.д.);
- цветные металлы и сплавы – алюминий и сплавы на его основе (деформирующиеся и литейные; упрочняемые и не упрочняемые термической обработкой), медь и сплавы на ее основе (латуни, бронзы), титан и сплавы на его основе, подшипниковые сплавы и др.
- композиционные материалы с металлической матрицей;

**2. Неметаллические материалы:**

- полимерные органические материалы – пластмассы (термореактивные и термопластичные), резины;
- композиционные материалы с неметаллической матрицей (стекло-пластики, углепластики, оргпластики и др.);
- неорганические материалы (стекло, ситаллы, керамика);

**3. Материалы со специальными свойствами** – электронные материалы, материалы с особыми оптическими свойствами (волоконная оптика, люминофоры), проводниковые материалы.

Содержание работы и последовательность выполнения операций	Инструкционные указания
1. Ознакомиться с целью, заданием к работе 2. Изучить образец 3. Определить по внешним признакам и маркировке вид образца. 4. Изучить контрольные вопросы	Записать наименование и цель работы. Описать внешний вид, свойства, расшифровку марки и применение данного образца. Записать полные ответы Сделать вывод.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое конструкционные материалы?
2. На какие группы делятся конструктивные материалы?
3. Что относится к металлическим материалам?
4. Перечислить отличия цветных металлов от черных.
5. Чем отличаются низкоуглеродистые стали от высокоуглеродистых?

### **Литература**

1. Черепахин Материаловедение: учебное пособие - ОИЦ «Академия», 2014.- 320 с.
2. В.И. Онищенко Технология металлов и конструкционные материалы: учебное пособие – Агропромиздат, 2011. – 479 с.
3. Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): Учеб. пособие. – М: ОИЦ «Академия», 2010. – 288 с. – Серия: Начальное профессиональное образование.

## Тип урока: Практическое занятие № 2.

**Тема:** Выбор материалов на основе анализа их свойств для конкретного применения.

**Цель работы:** Научиться выбирать марки сплавов для деталей машин, обосновывая выбор условиями работы при их эксплуатации и технологией изготовления.

**Ход занятия:**

1. Изучить инструкционную карту.
2. Ответить на контрольные вопросы.

### Пояснение к работе

При выборе материала для деталей машин конструктор пользуется справочниками, где наряду с данными о механических свойствах, полученных при испытании стандартных образцов, учитывается также название типичных деталей, для которых данный материал используют. Однако трудность при выборе материала по справочнику заключается в том, что для изготовления детали одного и того же наименования справочник рекомендует различные марки материала. Поэтому при выборе материалов по справочнику в первую очередь следует исходить из условий работы детали и требуемых от нее свойств. Рассмотрим, из решения каких задач складывается работа по выбору материала:

1. Материал должен обеспечить прочность, надежность и долговечность работы детали. Для выполнения этих требований необходимо учитывать жесткость нагружения в процессе работы и условия, в каких работает конструкция. В случае работы в агрессивных средах необходим учет влияния среды.

2. Выбранный материал должен быть технологичным, т.е. необходимо учитывать технологические свойства, оборудование и способы изготовления из него детали.

3. Выбранный материал должен быть как можно более дешевым и недефицитным.

### Порядок выполнения работы

1. Точно переписать задание.

2. Провести анализ условий работы детали и определить требования к материалу детали.

3. Из изученных основных классов конструкционных материалов выбрать те, которые, вероятно, могут обеспечить выполнение требований, предъявляемых к детали.

4. По справочнику определить марки материалов и упрочняющую обработку, которые обеспечивают у детали получение заданных свойств. Поскольку требуемые свойства могут обеспечить разные материалы, то данные о них из справочника следует представить в виде таблицы, что сделает последующий выбор материала более наглядным. Следует выбрать 2 – 3 материала.

Таблица 1

Марка материала	Термообработка	Предел прочности, МПа	Твердость	Другие свойства

5. На основе сравнения всех данных следует сделать заключение о том, какой материал следует считать оптимальным и по каким причинам.

6. Для выбранного материала дать расшифровку марки.

Задание на практическую работу

1. Поршневой палец из цементуемой легированной стали
2. Ответственный коленчатый вал из легированной стали
3. Корпус карбюратора
4. Поршневой палец автомобиля, подвергаемый закалке ТВЧ
5. Стальная заклепка для клепания рамы автомобиля
6. Блок цилиндров из недефицитного литейного сплава
7. Плоская пружина
8. Стальное ребро тормозной колодки, изготовленное холодной штамповкой
9. Бензокраник, изготовленный методом литья под давлением
10. Выхлопной клапан автомобиля
11. Шатун, изготовленный методом горячей штамповки
12. Крыло грузового автомобиля, изготовленное холодной штамповкой
13. Неразъемный вкладыш подшипника скольжения
14. Корпус редуктора
15. Приводная звездочка цепной передачи
16. Картер мотора из алюминиевого сплава.

#### Содержание отчета

1. Название практической работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Анализ условий работы детали.
5. Название классов конструкционных материалов.
6. Таблица.
7. Вывод о выборе материала
8. Расшифровка марки выбранного материала

#### Контрольные вопросы

1. Какими механическими и технологическими свойствами обладают стали, чугуны, латуни, бронзы, алюминиевые сплавы?
2. Как влияют на сплавы легирующие элементы?
3. Что необходимо учитывать при выборе конструкционного материала?

#### Литература

1. Черепяхин Материаловедение: учебное пособие - ОИЦ «Академия», 2014.- 320 с.
2. В.И. Онищенко Технология металлов и конструкционные материалы: учебное пособие – Агропромиздат, 2011. – 479 с.
3. Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): Учеб. пособие. – М: ОИЦ «Академия», 2010. – 288 с. – Серия: Начальное профессиональное образование.

### Тип урока: Практическое занятие № 3

**Тема:** Расшифровка марок конструкционных материалов.

**Цель работы:** научиться классифицировать, расшифровывать и характеризовать область применения сталей.

#### Содержание работы

Классифицировать сталь – отнести к соответствующему классу сталей по признакам:

- химическому составу,
- структуре,
- применению.

Расшифровывая марку стали, необходимо дать полное название и раскрыть содержание всех букв и цифр марки. Следует иметь в виду, что в ряде сплавов содержание компонентов прямо не указано в марке, но следует из принципов маркировки данного материала и должно быть отражено при расшифровке.

#### Пояснение к работе

**Углеродистые конструкционные стали.**

*Углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества (общего назначения)* ГОСТ 380-2005: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст2кп, Ст3сп, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст5Гсп, Стбпс и др.).

Буквы Ст в маркировке сталей обозначают сталь обыкновенного качества; буква Г – повышенное содержание марганца. Буквы кп (сталь кипящая), пс (сталь полуспокойная), сп (сталь спокойная) обозначают способ раскисления. Цифры, стоящие после букв Ст, обозначают условный номер марки в зависимости от массовой доли химических элементов и механических свойств стали.

Чем больше номер, тем больше углерода и других химических элементов и механических свойств стали, а также выше ее механические свойства.

Эти стали хорошо свариваются, куются, штампуются и обрабатываются резанием.

Применяются для изготовления сварных строительных конструкций, крепежных изделий, малонагруженных деталей машин, а также стандартных и нормализованных деталей: рукояток, кнопок, ручек, заглушек, пробок, петель шарнирных и т.д.

*Углеродистая конструкционная качественная сталь* ГОСТ 1050-88: 05кп, 08кп, 08пс, 10пс, 15кп, 15пс, 15,18кп, 20кп, 20пс, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60.

Цифры в маркировке указывают среднюю долю углерода в сотых долях процента. Буквы кп, пс обозначают способ раскисления (кп – кипящие, пс – полуспокойные). В марках, где способ раскисления не указан, сталь спокойная.

С увеличением массовой доли углерода повышаются механические свойства.

Из низкоуглеродистых качественных сталей марок 05, 08кп, 08пс, 10, 10пс, 10кп изготавливают детали штамповкой и холодной высадкой: трубки, прокладки, колпачки, крепежные детали, шайбы, вилки, втулки и тяги.

Стали марок 15, 20, 25 идут на изготовление малонагруженных деталей машин – валков, втулок, пальцев, упоров, копиров, осей, шестерен и других деталей, работающих при температурах 40...425<sup>0</sup>С.

Стали марок 30-60 идут на изготовление отечественных деталей машин, улучшаемых путем закалки с последующим отпуском и нормализацией: шатунов, коленчатых валов, шлицевых валков, тяг, штоков, сухарей, зубчатых колес и др.

**Углеродистые инструментальные стали** ГОСТ 1435-99.

В зависимости от химического состава углеродистая инструментальная сталь

выпускается следующих марок:

- качественная сталь – У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12, У13;
- высококачественная сталь – У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А.

В маркировке буква У обозначает, что сталь углеродистая инструментальная. Цифры, следующие за буквой У, соответствуют массовой доле углерода в десятых процента. Буква Г указывает на повышенное содержание марганца (0,4...0,6%); буква А, стоящая в конце марки, - на то, что сталь высококачественная, имеет пониженное содержание вредных примесей (серы и фосфора). Марки стали без буквы А в обозначении – качественные.

Из-за ограниченной свариваемости эта сталь не применяется для сварных конструкций, но при необходимости сваривается методом контактной сварки.

Углеродистые инструментальные стали находят широкое применение для изготовления слесарно-монтажного, измерительного, столярно-плотничного инструмента: зубила, долота, плоскогубцы, пилы, фрезы, зенковки, калибры, сверла, надфили, напильники и т.д.

Инструмент, изготовленный из углеродистых инструментальных сталей, обладает хорошими режущими свойствами.

#### **Легированные конструкционные стали.**

Согласно ГОСТ 5950-73 приняты условные буквенные обозначения легирующих элементов: алюминий – Ю, азот – А, бор – Р, ванадий – Ф, вольфрам – В, кобальт – К, кремний – С, никель – Н, ниобий – Б, селен – Е, хром – Х, цирконий – Ц, титан – Т, фосфор – П, редкоземельные металлы – РЗМ.

Кроме того, стандартом предусмотрены и другие обозначения отдельных групп легированных сталей:

- Р – быстрорежущие;
  - Ш (в конце марки) – сталь особовысококачественная;
  - Ш (впереди марки) – сталь подшипниковая;
  - А (впереди марки) – сталь автоматная;
  - А (в конце марки) – сталь высококачественная;
  - А (в середине марки) – сталь с содержанием азота;
  - Э – сталь электротехническая;
- и т.д.

Легированные стали выпускаются улучшаемые термической обработкой и цементуемые, т.е. подвергаемые химико-термической обработке.

Принцип маркировки легированных конструкционных сталей рассмотрим на примерах. Марка 15ХА – сталь легированная конструкционная, цементуемая, высококачественная, массовая доля углерода – 0,15%, хрома – около 1%, с пониженным содержанием вредных примесей (серы и фосфора). Марка 30ХГСН2А – сталь легированная конструкционная улучшаемая, высококачественная, массовая доля углерода – 0,3%, хрома, марганца, кремния по 1%, никеля – 2%, имеет пониженное содержание вредных примесей.

Легированные конструкционные стали по ГОСТ 4543-71 по массовой доле углерода подразделяются на цементуемые и улучшаемые стали.

Цементуемые легированные стали – это низкоуглеродистые (до 0,3% углерода), низко- и среднелегированные стали марок 15Х, 20Х, 15Г, 20Г, 10Г2, 18ХГТ, 20ХГТ и др.

Улучшаемые легированные стали – это среднеуглеродистые (массовая доля

углерода – более 0,3%) и среднелегированные стали марок 30Х, 30Г, 35Х, 38ХА, 40Х, 50Х, 50Г, 50Г2, 30ХГТ и др.

Легированные стали маркируются цифрами, указывающими массовую долю углерода и легирующих элементов, и буквами, обозначающими легирующие элементы. Буквой А в конце марки обозначают сталь высококачественную, а буквой Ш – особовысококачественную. Эти стали имеют пониженную массовую долю вредных примесей – серы и фосфора. Цифры, стоящие вначале, указывают на содержание углерода в конструкционных сталях – в сотых долях процента, в инструментальных – в десятых долях процента. Если впереди марки цифр нет, то массовая доля углерода в пределах 1%. Цифры, стоящие после букв, соответствуют массовой доле легирующих элементов в процентах. Если после букв цифр нет, то массовая доля элементов в пределах 1%. Например, 18Х2Н4МА – легированная конструкционная высококачественная сталь (с пониженным содержанием серы и фосфора), 2% хрома, 4% никеля, 1% молибдена, 0,18% углерода. Так как массовая доля углерода до 0,3%, сталь является цементуемой, т.е. улучшается химико-термической обработкой.

Легированные цементуемые конструкционные стали применяются для изготовления деталей, работающих в условиях трения при незначительных нагрузках: втулок, пальцев, валиков, толкателей, шестерен и др.

Улучшаемые легированные конструкционные стали применяются для изготовления деталей, работающих при средних и высоких нагрузках: шпинделей, подшипников скольжения, червячных валов, роторов, рычагов, толкателей, блоков, крепежных деталей, работающих при высоких температурах, крупных зубчатых колес, валиков горячей прокатки.

#### **Легированные инструментальные стали.**

**Быстрорежущие инструментальные стали** – высококачественные стали, предназначенные для изготовления режущего инструмента, работающего при высоких режимах резания.

Марки: Р9, Р18, Р6АМ, Р6М5К5, 11РЗАМЗФ, Р6АМ5Ф2, Р12Ф3, Р18К5Ф2, Р9М4К8.

В маркировке быстрорежущих сталей приняты следующие обозначения: буквой Р обозначаются все быстрорежущие стали. Цифра, стоящая справа после буквы Р, указывает на среднюю массовую долю основного легирующего элемента – вольфрама. Буква К означает кобальт, М – молибден, А – азот.

Из быстрорежущих сталей делают токарные, строгальные резцы, фрезы, развертки, модульные фрезы, долбяки, протяжки, сверла, метчики плашки.

#### **Высоколегированные стали.**

**Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали и сплавы** – конструкционные материалы, которые сопротивляются химического и электрохимического воздействию окружающей среды.

Наиболее стойкими против коррозии являются такие химические элементы, как хром и никель, поэтому они являются постоянными легирующими элементами при получении коррозионно-стойких сталей: 12Х12, 20Х13, 30Х13, 40Х13, 08Х13, 12Х21Н5Т, Х28АН и др.

#### **Углеродистые и легированные стали специального назначения.**

**Рессорно-пружинная сталь** ГОСТ 14959-79 выпускается качественной, высококачественной, а также углеродистой (65, 70, 80, 85, 60Г, 65Г, 70Г) и легированной

(55С2, 55С2А, 60С2, 70С3А, 60С2Г, 50ХГ, 50ХГА и др.).

Цифры в маркировке углеродистых сталей указывают среднюю массовую долю углерода в сотых долях процента; буква Г, стоящая справа после цифры, повышенное содержание марганца. В обозначении легированных сталей цифры, стоящие впереди марки, показывают на массовую долю углерода в сотых долях процента.

Шарикоподшипниковая сталь ГОСТ 801-78 (ШХ4, ШХ6, ШХ9, ШХ15, ШХ15СГ). В маркировке этих сталей приняты следующие обозначения: буквы ШХ – шарикоподшипниковая хромистая; буквы С, Г – легирующие элементы (кремний и марганец); цифры показывают количество хрома в десятых долях процента.

### Задания к практической работе.

#### Задания практической работы № 1

Вариант	Марки стали
1	Ст0, 20Х2Н4А, ШХ15СГ, А20, 15Х, сталь 45, БСт4кп, 18ХГ
2	Ст3, ВСт2кп, У10А, 20ХГМ, А40Г, 08Х17Т, 10ХНДП, сталь 30
3	ВСт6пс, сталь 40, 45Х, 60С2Н2А, 60Г, 15ХФ, 5ХГМ, ХН70Ю
4	55Х, Ст4кп, сталь 55, 14Г2, 30Х3МФ, ШХ4, А40Г, ХН80ТБЮ
5	Сталь 75, 35Г2, 10ХСНД, ВСт4кп, 45Х, 25Х2НМЛ, 45ГЛ, 15ХМ
6	Сталь 10, ВСт5сп, 09Г2С, 40Х, 55ХГР, 7Х2СМФ, 6ХВГ, ШХ4
7	09Х15Н8Ю, 20ХГМ, ХВГ, Р9, сталь 60, А20, Р9М4К8, 15ХМ
8	ЕХ8, Р10К5Ф5, 30ХГСА, Ст4кп, 3ХГС, ХН70Ю, 65С2ВА, Ст0
9	38ХА, Сталь 08, ВСт2пс, 20Х20Н14С2, 9Х2, 15ХМ, У10А, 20Х
10	30Х13, 45ФЛ, ВСт4пс, 15Г2СФД, 45Х, сталь 60, 14Г2АФ, 9Х2
11	60С2, 25Х2М1Ф, 50Г2, 20Х23Н13, 08Х13, У8А, 15ГНЛ, 55Х
12	ВСт3Гпс, ХН70ВМЮТ, 60С2, ШХ15, 8Х3, 08Х18Т1, У8, 12МХ
13	14Х2ГМР, Сталь 35, 12ГС, ВСт2сп, 25Х13Н2, 5ХНМ, У7, 8Х3
14	10Х17Н13М2Т, 6ХС, 15ХМ, сталь 55, ШХ4, У12, Р18, 75ХМ
15	08Х17Н13М2Т, ШХ15СГ, 38ХС, Ст0, сталь 40, У7А, 55Х, ХВГ
16	30Х13, 45ФЛ, ВСт4пс, 15Г2СФД, 45Х, сталь 60, 14Г2АФ, 9Х2
17	ВСт6пс, сталь 40, 45Х, 60С2Н2А, 60Г, 15ХФ, 5ХГМ, ХН70Ю
18	14Х2ГМР, Сталь 35, 12ГС, ВСт2сп, 25Х13Н2, 5ХНМ, У7, 8Х3
19	08Х17Н13М2Т, ШХ15СГ, 38ХС, Ст0, сталь 40, У7А, 55Х, ХВГ
20	Ст0, 20Х2Н4А, ШХ15СГ, А20, 15Х, сталь 45, БСт4кп, 18ХГ
21	38ХА, Сталь 08, ВСт2пс, 20Х20Н14С2, 9Х2, 15ХМ, У10А, 20Х
22	Ст3, ВСт2кп, У10А, 20ХГМ, А40Г, 08Х17Т, 10ХНДП, сталь 30
23	09Х15Н8Ю, 20ХГМ, ХВГ, Р9, сталь 60, А20, Р9М4К8, 15ХМ
24	55Х, Ст4кп, сталь 55, 14Г2, 30Х3МФ, ШХ4, А40Г, ХН80ТБЮ
25	ЕХ8, Р10К5Ф5, 30ХГСА, Ст4кп, 3ХГС, ХН70Ю, 65С2ВА, Ст0

С помощью марочника сталей и сплавов, учебнику по устройству автомобилей выберете материал для детали автомобиля. Например, коленчатый вал, штанги, пружины, подшипники, пружины и т.д.

Дайте характеристику применения, химических, физических, технологических свойств материала.

## Содержание отчета

1. Название практической работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Расшифровка марок материалов согласно варианта.
5. Выбор и обоснование марки для детали автомобиля.
6. Ответ на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Что называется сталью?
2. Как осуществляется процесс выплавки стали в кислородном конверторе?
3. С какой целью осуществляется легирование стали?

### Литература

1. Черепяхин Материаловедение: учебное пособие - ОИЦ «Академия», 2014.- 320 с.
2. В.И. Онищенко Технология металлов и конструкционные материалы: учебное пособие – Агропромиздат, 2011. – 479 с.
3. Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): Учеб. пособие. – М: ОИЦ «Академия», 2010. – 288 с. – Серия: Начальное профессиональное образование.

Тип урока: Практическое занятие № 4.

Тема: *Выбор способов соединения материалов, соединения сваркой*

Цель работы: расшифровать сварные швы и соединения

Ход работы

1. Расшифруйте знаки, цифры и буквы, входящие в обозначения сварных швов:

$$\begin{array}{l} \overbrace{\text{ГОСТ 8713} - 79}^1 - \overbrace{\text{С}21}^{\begin{smallmatrix} 2 & 3 \\ \hline \end{smallmatrix}} - \overbrace{\text{АФК}}^4 \\ \overbrace{\text{ГОСТ 5264} - 80}^6 - \overbrace{\text{С}45}^{\begin{smallmatrix} 2 & 7 \\ \hline \end{smallmatrix}} \\ \overbrace{\text{ГОСТ 11534} - 75}^8 - \overbrace{\text{Т}4}^{\begin{smallmatrix} 9 & 10 \\ \hline \end{smallmatrix}} \\ \overbrace{\text{ГОСТ 14771} - 76}^{11} - \overbrace{\text{С}21}^{\begin{smallmatrix} 2 & 12 \\ \hline \end{smallmatrix}} - \overbrace{\text{УП}}^{13} \\ \overbrace{\text{ГОСТ 14771} - 76}^{11} - \overbrace{\text{Т}3}^{\begin{smallmatrix} 2 & 14 \\ \hline \end{smallmatrix}} - \overbrace{\text{Д}5}^{\begin{smallmatrix} 15 & 16 \\ \hline \end{smallmatrix}} \end{array}$$

2. Заполните таблицу:

Расшифровка стандарта	Обозначение
1 - обозначение стандарта на ручную дуговую сварку. Соединения сварные (шов выполнен ручной дуговой сваркой)	
2 - обозначение стандарта на ручную дуговую сварку (соединения сварные под острыми и тупыми углами)	
3 - обозначение стандарта на дуговую сварку в защитном газе	
4 - обозначение стандарта на дуговую сварку под флюсом	
5 - соединение стыковое	
6 - соединение тавровое	
7 - условное обозначение сварного соединения со скосом кромок, двустороннего	
8 - условное обозначение автоматической сварки под флюсом с предварительной подваркой корня шва	
9 - условное обозначение сварного соединения без скоса кромок, двустороннего	
10 - условное обозначение сварного соединения со скосом кромок с последующей строжкой	
11 - условное обозначение сварного соединения с одним скосом одной кромки, двустороннего	
12 - условное графическое обозначение катета шва	

13 - обозначение монтажного шва	
14 - обозначение сварки в углекислом газе плавящимся электродом	
15 - размер катета шва, мм	

3. Напишите, как обозначаются швы

А - шов по замкнутой линии; Б - шов монтажный, выполняемый при монтаже конструкции; В - шов цепной прерывистый или цепной точечный; Г - шов шахматный прерывистый или шахматный точечный; Д - шов по незамкнутой линии; Е – наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу с лицевой стороны; Ж - то же с обратной стороны; З - выпуклость сварного шва снять с лицевой стороны; И - то же с обратной стороны; К - длина шва; Л - шаг шва.

4. По итогам работы сформулируйте вывод.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Дать определение сварочного соединения.
2. Где применяется соединение деталей сваркой в автомобилестроении?
3. Какие виды сварки Вы знаете?

#### **Литература**

1. Черепяхин Материаловедение: учебное пособие - ОИЦ «Академия», 2014.- 320 с.
2. В.И. Онищенко Технология металлов и конструкционные материалы: учебное пособие – Агропромиздат, 2011. – 479 с.
3. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): Учеб. пособие. – М: ОИЦ «Академия», 2010. – 288 с. – Серия: Начальное профессиональное образование.

Тип урока: Практическое занятие № 5.

**Тема: *Обработка деталей из основных материалов, применение методов термической обработки металлов***

**Цели работы**

Ознакомиться с видами термической обработки, их характеристиками и применением; научиться назначать режимы термической обработки.

**Пояснение к работе**

*Термической обработкой* называют технологические процессы теплового воздействия, которые проводят с целью изменения внутреннего строения, структуры и свойств. Термическая обработка используется в качестве предварительной или промежуточной операции для улучшения обрабатываемости резанием, давлением и др. и как окончательная операция технологического процесса, обеспечивающая заданный уровень физико-механических свойств детали.

Любой процесс термической обработки характеризуется температурой и скоростью нагрева, временем выдержки при заданной температуре и определенной скоростью охлаждения. Режим термообработки можно представить графиком в координатах температура – время ( $t - \tau$ ). Пример такого графика представлен на рисунке 1. Скорость нагрева и охлаждения характеризуется углом наклона линий на графике.

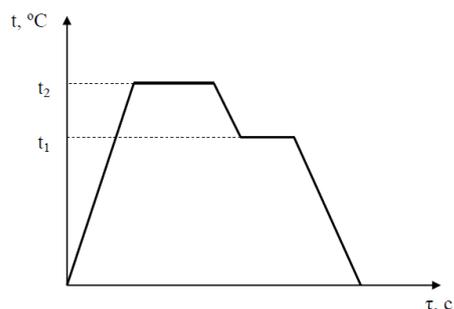


Рисунок 1.

В основе теории термической обработки лежат фазовые и структурные превращения, протекающие при нагреве и охлаждении металлов и сплавов. Эти превращения характеризуются определенными *критическими точками*.

Регулируя температуру нагрева, время выдержки и скорость охлаждения, можно в очень широких пределах изменять свойства материала, подвергаемого термообработке.

Основными видами термической обработки являются отжиг, нормализация, закалка, отпуск и старение.

Таблица 1

## Характеристика основных видов термообработки стали

Вид термообработки	Характеристика процессов	Назначение
<b>Отжиг:</b> Полный Неполный Рекристаллизационный Диффузионный Низкотемпературный Изотермический	<b>Нагрев и последующее медленное охлаждение, чаще вместе с печью</b> Нагрев на 30 - 50°C выше верхней критической точки АС3 и медленное охлаждение (рис. 3.3). Нагрев на 30 - 50°C выше нижней критической точки АС1 и медленное охлаждение (рис. 3.3). Нагрев до 450 - 700°C, не-продолжительная выдержка и охлаждение на воздухе. Нагрев до 1100 - 1200°C, выдержка 10 – 20 часов и медленное охлаждение (рис. 3.3). Температура отжига находится в пределах 200 - 700°C (чаще 350 - 600°C) – рис. 3.3. Нагрев на 20 - 30°C выше АС3, охлаждение с печью до 680 - 700°C, выдержка 2 - 5 часов при этой температуре и охлаждение на воздухе.	Получение мелкозернистой структуры и снятие внутренних напряжений в доэвтектоидных сталях. Снятие внутренних напряжений и улучшение обрабатываемости резанием заэвтектоидных и инструментальных сталей Снятие наклепа после холодной пластической деформации. Устранение химической неоднородности, образовавшейся при кристаллизации металла. (Получается крупнозернистая структура, которая измельчается при последующем полном отжиге или нормализации) Снятие внутренних напряжений, образовавшихся при литье, сварке, обработке резанием и т.д. Повышение обрабатываемости резанием легированных сталей
<b>Нормализация</b>	<b>Нагрев, выдержка и последующее охлаждение на воздухе</b>	Исправление структуры перегретой стали, снятие внутренних напряжений в деталях из конструкционных сталей и улучшение их обрабатываемости; увеличение глубины прокаливаемости инструментальных сталей перед закалкой.
<b>Закалка:</b> Полная Неполная	<b>Нагрев, выдержка и последующее резкое охлаждение (рис.3.4)</b> Нагрев на 30 - 50°C выше АС3 Нагрев на 30 - 50°C выше Аcm	<b>Получение высокой твердости, упрочнение</b> Для доэвтектоидных сталей (в которых углерода менее 0,8 %) Для заэвтектоидных сталей (углерода более 0,8 %)

<p><b>Отпуск:</b> Низкий Средний Высокий</p>	<p>Нагрев, выдержка и охлаждение на воздухе Нагрев в интервале температур 150 - 250°С. Нагрев в интервале температур 300 - 500°С. Нагрев в интервале температур 500 - 650°С.</p>	<p>Снятие внутренних напряжений, повышение вязкости и пластичности, понижение твердости и уменьшение хрупкости закаленной стали Для инструментальных сталей, после закалки цементуемых изделий. Для пружин, рессор, а также инструмента, который должен иметь значительную прочность и упругость при достаточной вязкости. Для деталей из конструкционных сталей, работающих при ударных нагрузках.</p>
<p><b>Улучшение</b></p>	<p>Закалка стали и последующий высокий отпуск</p>	<p>Обеспечение сочетания высокой прочности и пластичности при окончательной термообработке деталей из конструкционных сталей, испытывающих в работе ударные нагрузки и вибрации.</p>
<p><b>Старение</b></p>	<p>Нагрев и длительная выдержка при повышенной температуре</p>	<p>Стабилизация размеров деталей и инструментов из различных сталей.</p>
<p><b>Термомеханическая обработка</b></p>	<p>Нагрев, быстрое охлаждение до 400...500 °С. Многократное пластическое деформирование, закалка и отпуск</p>	<p>Обеспечение для деталей простой формы, не подвергаемых сварке, более высокой прочности, чем при обычной термообработке.</p>

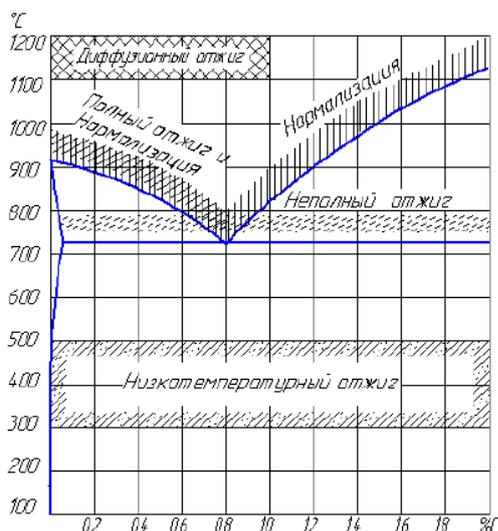


Рисунок 2. Диаграмма состояния с интервалами нагрева углеродистой стали для некоторых видов отжига и нормализации

### Задание на практическую работу

- Задание 1.** Для марки стали соответствующей вашему варианту указать содержание углерода и принадлежность данной стали к конструкционной или инструментальной, определить механические свойства до термообработки. Выбрать и обосновать последовательность операций предварительной и окончательной термообработки изделия из данной стали
- Задание 2.** Для указанных условий (деталь, марка стали, цель термообработки) определить вид термообработки и ее температурный режим.

Вариант	Задание 1	Задание 2		
		Деталь	Марка стали	Цель термообработки
1	70	Вал	40Х	Повышение поверхностной прочности и улучшение механических свойств
2	У7	Шестерня	20ХГНМ	
3	20	Сверло	Р6М5	
4	У13А	Шкив	25	
5	40	Фреза	Р18	Снятие внутренних напряжений после механической обработки
6	У8	Ось	20	
7	60	Втулка	35	
8	У12	Вал	50Л	Устранение химической неоднородности
9	80	Корпус подшипника	20	
10	У9	Шестерня	25ХГМ	Получение мелкозернистой структуры
11	40Х	Крюк крана	60	
12	У11	Вал	45	
13	50	Резец	Корпус 40Х Напайка Р18	Снятие внутренних напряжений после сварки
14	ХВГ	Вал	60Г	Повышение поверхностной прочности и улучшение механических свойств
15	30	Зубило	У8	
16	У7А	Ось	40	
17	10	Метчик	У12А	
18	У13	Корпус насоса	20Х	Снятие внутренних напряжений после механической обработки
19	70Г	Рычаг	25	
20	У8А	Поршень	40	
21	45	Гаечный ключ	ХВГ	Устранение химической неоднородности
22	9ХС	Вал	40Х	
23	20Х	Поршень	80	Получение мелкозернистой структуры
24	У12А	Рычаг	20Х	
25	85	Звездочка	40	

### Содержание отчета

1. Название практической работы.
2. Цель работы.
3. Выполнение работы

Задание 1 - характеристика стали в исходном состоянии;

- последовательность операций термообработки с обоснованием

Задание 2.

- характеристика стали в исходном состоянии;

- вид термообработки,
- режим термообработки ( температура нагрева, среда охлаждения).

### **Контрольные вопросы**

1. В чем заключается сущность термической обработки?
2. Чем характеризуется любой процесс термообработки?
3. Какие существуют виды термической обработки стали?
4. Каковы разновидности процесса отжига и их назначение?
5. Для какой цели производят закалку стальных изделий?
6. Для чего после закалки проводят отпуск стали?

### **Литература**

1. Черепяхин Материаловедение: учебное пособие - ОИЦ «Академия», 2014.- 320 с.
2. В.И. Онищенко Технология металлов и конструкционные материалы: учебное пособие – Агропромиздат, 2011. – 479 с.
3. Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): Учеб. пособие. – М: ОИЦ «Академия», 2010. – 288 с. – Серия: Начальное профессиональное образование.

Тип урока: Практическое занятие № 6.

Тема: Выбор способа и режима обработки металлов для различных деталей.

### Обработка металлов резанием

#### Цель работы:

1. Освоить умения выполнения эскиза режущего инструмента с указанием конструктивных особенностей.
2. Освоить умения характеризовать предложенные процессы резания металлов

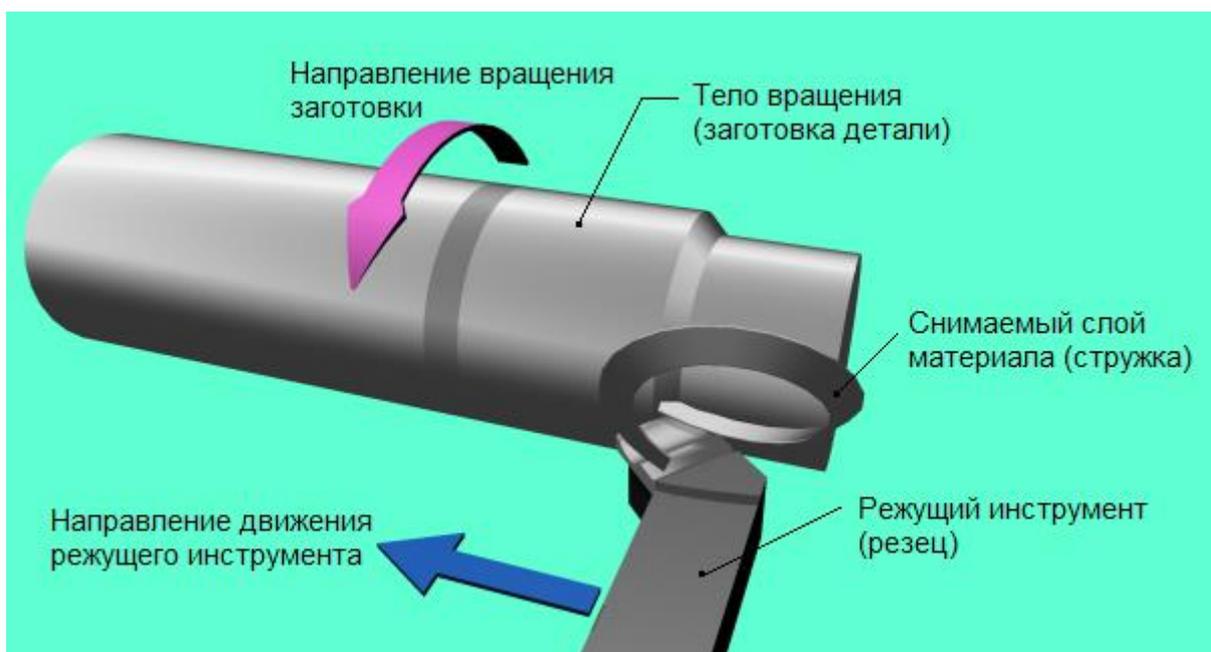
#### Оборудование:

1. Комплект металлообрабатывающего инструмента
2. Металлорежущий токарный станок (модель, макет)
3. Чертёжный инструмент.

#### Пояснение к работе

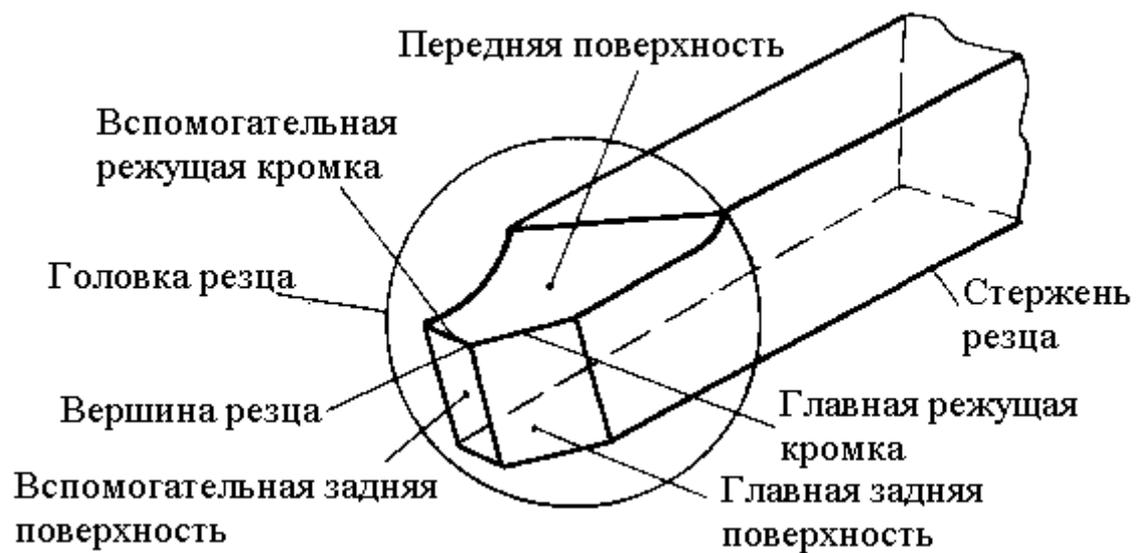
**Обработка металлов резанием** - это процесс срезания режущим инструментом с поверхности заготовки слоя металла в виде стружки для получения необходимой геометрической формы, точности размеров, взаиморасположения и шероховатости поверхностей детали.

Токарная обработка материалов заключается в обработке тел вращения режущим инструментом, движущимся вдоль оси вращения заготовки.

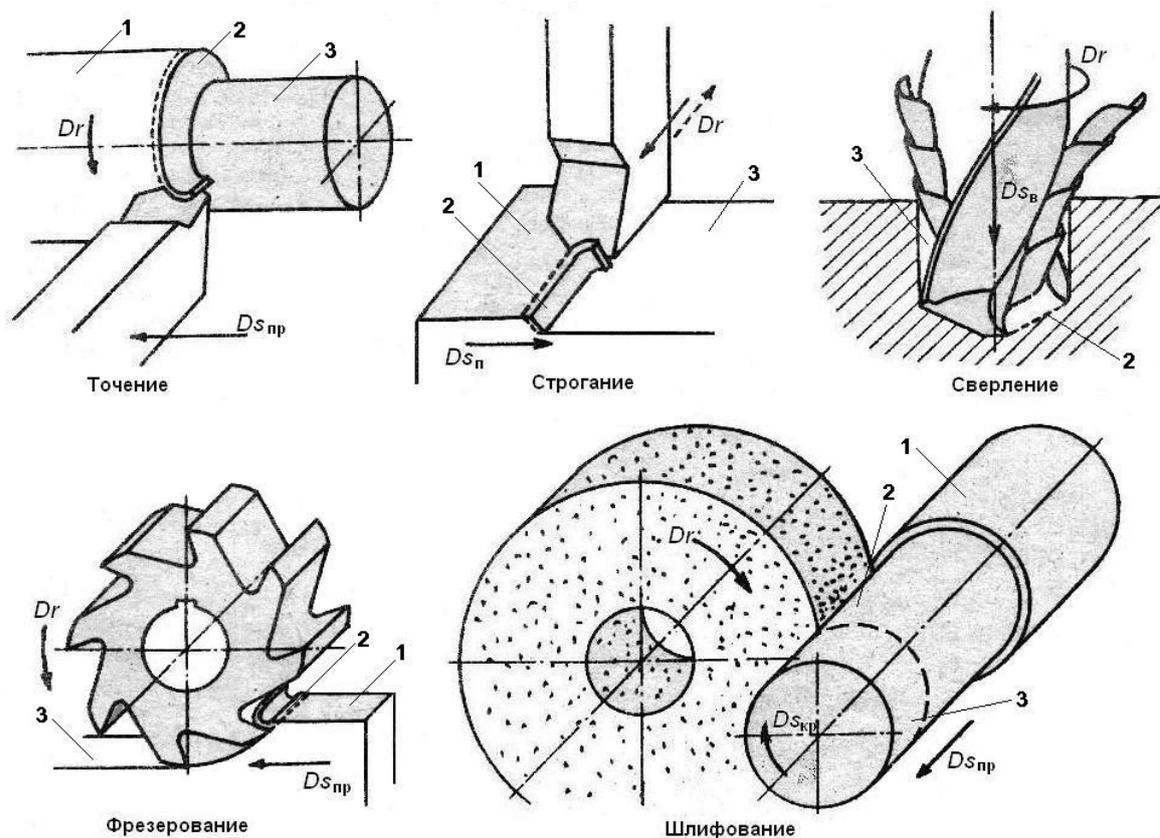


Резец (англ. tool bit) — это режущий инструмент, предназначенный для обработки деталей различных размеров, форм, точности и материалов. Является основным инструментом, применяемым при токарных, строгальных и долбежных работах. Рабочая часть резца представляет собой клин, который под действием приложенного усилия деформирует слой металла, после чего сжатый элемент металла скалывается и сдвигается передней поверхностью резца. При дальнейшем продвижении резца процесс скалывания повторяется и из отдельных элементов образуется стружка.

#### Конструктивная схема токарного резца

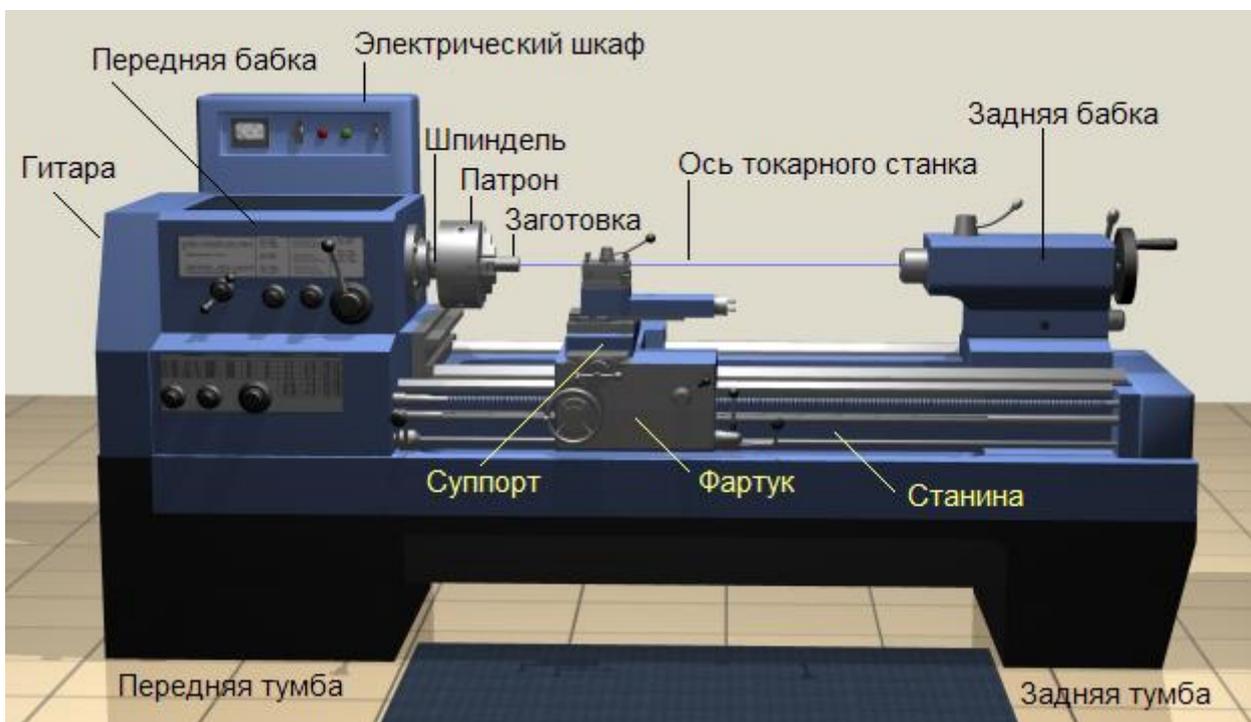


**Основные схемы обработки металлов резанием**



- 1-обрабатываемая поверхность заготовки
  - 2-снимаемый слой металла
  - 3- обработанная поверхность заготовки
- Устройство и основные узлы токарного станка.**

Большинство токарных станков имеют практически одинаковую конструкцию и различаются только габаритами и расположением органов управления. На рисунке показан типовой токарный станок и его основные узлы.



- Ось токарного станка - виртуальная ось, проходящая через ось вращения заготовки параллельно станине.
- Передняя тумба и задняя тумба - литые чугунные тумбы, служащие подставками для узлов и механизмов станка. В настольных станках тумбы не используются.
- Станина - основная часть, остов токарного станка. Станину, обычно, изготавливают цельнометаллической путём отливки из чугуна. Станина крепится к тумбам станка. Большой вес станины снижает вибрации от электропривода станка и вибрации, возникающие в процессе обработки деталей. В нижней части станины, внутри или сзади токарного станка устанавливается двигатель электропривода.
- Электрический шкаф - шкаф, внутри которого расположены элементы электрической схемы станка, а на наружной панели выключатели главного электродвигателя, компрессора для охлаждающих жидкостей, вольтметр и индикаторные лампочки.
- Передняя бабка - включает в себя набор шестерён, рычагов, валов и механизмов для изменения скорости вращения заготовки и скорости подачи режущего инструмента.
- Гитара - составная часть передней бабки, в которой расположены сменные шестерни для настройки привода инструмента при нарезании резьбы (в современных станках смена шестерён не требуется).
- Шпиндель - основной вал вращения заготовки. На шпинделе могут устанавливаться крепёжные приспособления, такие как патрон, центр, цанга и тому подобные.

- Патрон - наиболее распространённое крепёжное приспособление для заготовок.
- Суппорт - приспособление для крепления обрабатывающего инструмента и перемещения инструмента в заданных направлениях.
- Фартук - передняя крышка суппорта.
- Задняя бабка - приспособление для крепления заготовки (при обработке в центрах), или для крепления инструментов, таких например как метчик, плашка при нарезании резьбы и прочих приспособлений.

#### **Алгоритм выполнения работы:**

1. Внимательно изучите теоретические сведения о процессе резания металлов.
2. В соответствии с заданием выполните эскиз режущего инструмента с указанием конструктивных особенностей.
3. Охарактеризуйте предложенные процессы резания металлов
4. На схеме токарного станка укажите основные узлы и опишите их функциональное назначение.
5. Дайте ответ на контрольные вопросы.
6. Оформите отчёт.

#### **Контрольные вопросы**

1. В чём заключается токарная обработка материалов?
2. Из каких сталей изготавливают токарные резцы?

#### **Литература**

1. Черепяхин Материаловедение: учебное пособие - ОИЦ «Академия», 2014.- 320 с.
- В.И. Онищенко Технология металлов и конструкционные материалы: учебное пособие – Агропромиздат, 2011. – 479 с.
2. Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): Учеб. пособие. – М: ОИЦ «Академия», 2010. – 288 с. – Серия: Начальное профессиональное образование.
3. Макиенко Н.И. Практические работы по слесарному делу: Учеб. пособие для проф. техн. училищ. – М.: 2012. – 208 с.

## Тип урока: Практическое занятие № 7.

### Тема: Определение режима термообработки стали

**Цель работы:** повторить и закрепить знания по видам термической и химико-термической обработки, провести сравнительный анализ между видами обработки, а также дать характеристику отдельным видам обработки.

**Оснащение работы:** диаграмма железо-углерод, учебная литература.

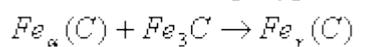
#### Пояснение к работе

Под термической обработкой (далее Т.О.) понимают изменение структуры, а, следовательно, и свойств стали при нагреве до определенной температуры, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении с заданной скоростью.

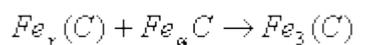
Таким образом, любой вид термообработки включает в себя три этапа: нагрев, выдержку и охлаждение. Для того чтобы правильно решать вопросы технологии термической обработки, необходимо иметь представление о фазовых и структурных превращениях, которые протекают при нагреве и охлаждении стали с различной скоростью.

Любая разновидность термической обработки состоит из комбинации четырех основных превращений, в основе которых лежат стремления системы к минимуму свободной энергии

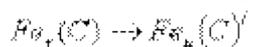
1) Превращение перлита в аустенит ( $P \rightarrow A$ ), происходит при нагреве выше критической температуры  $A_1$ , минимальной свободной энергией обладает аустенит.



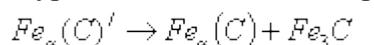
2) Превращение аустенита в перлит ( $A \rightarrow P$ ), происходит при охлаждении ниже  $A_1$ , минимальной свободной энергией обладает перлит:



3) Превращение аустенита в мартенсит ( $A \rightarrow M$ ), происходит при быстром охлаждении ниже температуры неустойчивого равновесия



4) Превращение мартенсита в перлит ( $M \rightarrow P$ ); происходит при любых температурах, т.к. свободная энергия мартенсита больше, чем свободная энергия перлита.



#### Превращения в стали при нагреве

Общее представление о превращениях, которые протекают в углеродистых сталях при нагревании, можно получить из диаграммы состояния железо – углерод. Поскольку в основе термической обработки лежат структурно-фазовые превращения в стали в твердом состоянии, необходимо использовать левый нижний угол диаграммы  $Fe-C$  до содержания углерода 2,14%, так называемый "стальной" угол диаграммы.

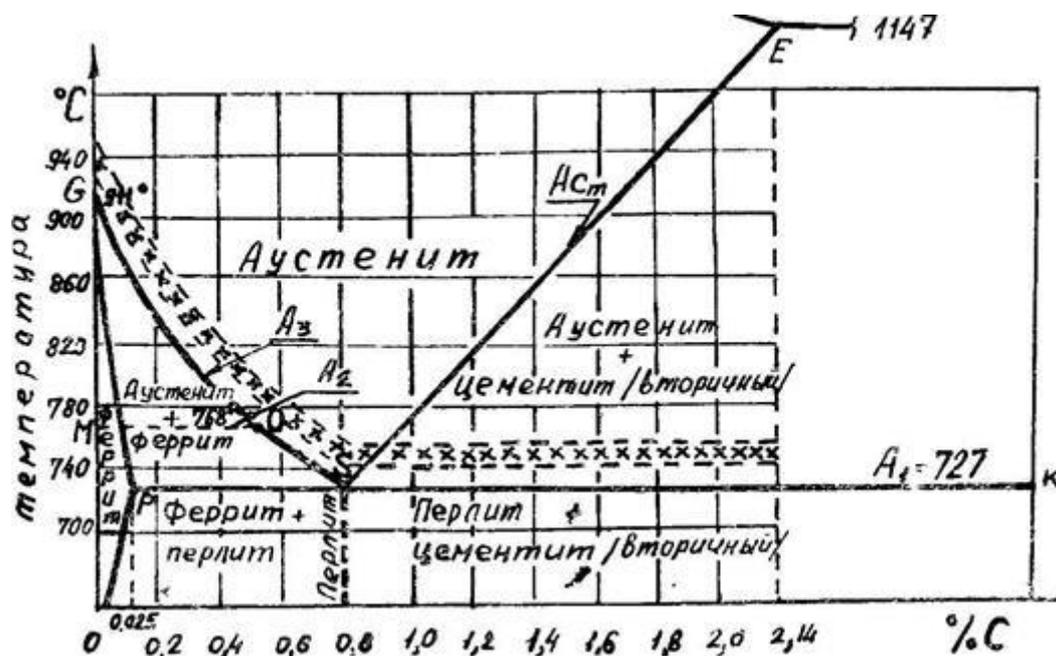


Рис. 1. Левый угол диаграммы состояния железо – цементит и температурные области нагрева при термической обработке сталей.

I этап Т.О. – нагрев. Для любого вида термической обработки (заковки, отжига, нормализации) нагрев производится выше определенных температур, называемых критическими температурами стали. Эти температуры выбирают исходя из положения критических точек (линий) на диаграмме железо - углерод.

Верхняя критическая температура сталей - линия  $GSE$ , объединяющая температуры, выше которых любая сталь имеет однофазную структуру твердого раствора внедрения углерода в железо с решеткой К12 -  $Fe_{\gamma}(C)$  - аустенит.

Эту температуру обозначают  $A_{C3}$ . Для заэвтектоидных сталей линию  $SE$  обозначают  $A_{Cm}$ .

Нижняя критическая температура стали – линия  $PSK$ , объединяющая температуры, ниже которых устойчива объемно центрированная решетка железа К8, а твердый раствор внедрения углерода в железо с решеткой К8 -  $Fe_{\alpha}(C)$  - феррит. Эта температура постоянна и равна  $727^{\circ}C$ , ее обозначают  $A_{C1}$ . Оптимальной температурой нагрева доэвтектоидных сталей является температура выше верхней критической  $A_{C3}+(30...50)^{\circ}C$  (заштрихованная область на рисунке 1). При этом в процессе нагрева при достижении температуры  $A_{C1}$  в сталях происходит превращение перлита в аустенит.

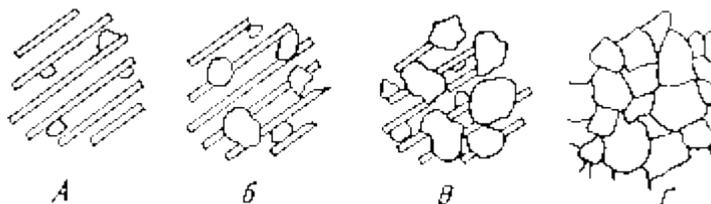


Рис. 2. Механизм превращения перлита в аустенит

Заэвтектоидные стали нагревают выше температуры  $A_1$ , но ниже  $A_3$  ( $A_{Cm}$ ), т.е. температура нагрева равна  $A_{C1}+(30...50)^{\circ}C$  (заштрихованная область на рисунке 1). При таком нагреве сталь приобретает двухфазную структуру аустенита и цементита

(вторичного), что необходимо для заэвтектоидных сталей, являющихся, главным образом, инструментальными, где необходима высокая твердость и износостойкость.

II этап Т.О. – выдержка. Время выдержки при указанных температурах нагрева выбирается из условий сквозного прогрева детали для получения однородной структуры по всему сечению.

III этап Т.О. – охлаждение. Ниже нижней критической температуры  $A_1$ , аустенит термодинамически неустойчив, так как его свободная энергия выше свободной энергии продуктов его превращения. От степени переохлаждения аустенита зависит механизм и кинетика превращения, и, соответственно, структура и свойства продуктов превращения.

Влияние степени переохлаждения на устойчивость аустенита, скорость превращения представляют графически в виде диаграмм (рисунок 3). Эти диаграммы строят в координатах температура превращения - время. Диаграммы получают экспериментально и условно называют С-кривыми.

Ввиду того, что максимальная растворимость углерода в решетке К8 ( $Fe_\alpha$ ) только 0,025%, т.е. намного ниже, чем в решетке К12( $Fe_\gamma$ ) с максимальной растворимостью до 2,14% С, протекает 2-я часть реакции распада аустенита (диффузия избыточного углерода из решетки К8 с образованием цементита).

Таким образом, конечной структурой распада аустенита при условии свободного протекания диффузии является ферритоцементитная смесь.

В случае же большого переохлаждения до температуры  $M_n$  и ниже, диффузионные процессы подавляются и протекает лишь 1-я часть реакции - полиморфное превращение весь углерод остается в железе  $Fe_\alpha$ .

Пересыщенный твердый раствор внедрения углерода в железо с решеткой К8 -  $Fe_\alpha(C)$  – мартенсит. Мартенсит имеет тетрагональную решетку, степень тетрагональности которой возрастает с увеличением содержания углерода.

Для рассмотрения превращения аустенита при охлаждении доэвтектоидной стали на диаграмму пунктиром нанесена линия 3 – начало выделения феррита  $Fe_\alpha(C)$ .

Кривые изотермического распада аустенита с небольшой степенью погрешности могут быть использованы и для случая распада аустенита при его непрерывном охлаждении (рисунок 3).

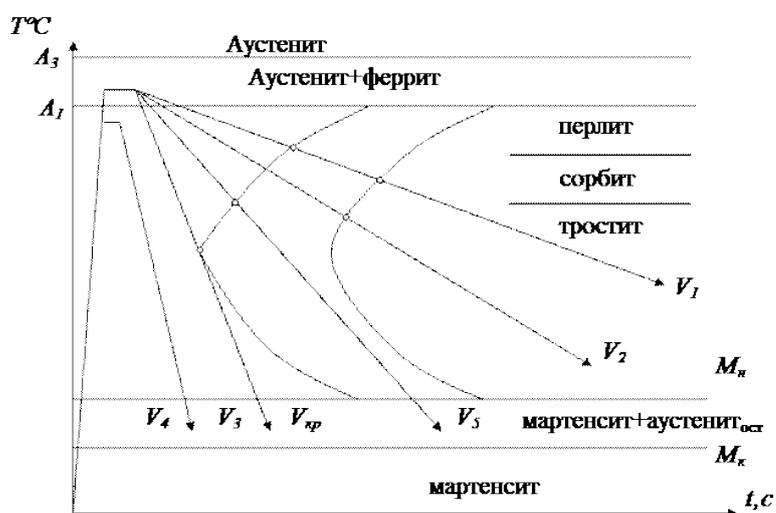


Рис. 3. Диаграмма изотермического превращения аустенита

На диаграмму наносят векторы скорости охлаждения  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5$ , и в зависимости от уровня температур, при которых происходит пересечение С-образных кривых, образуется структура ферритоцементитной смеси с разной степенью дисперсности (перлит, сорбит, тростит). С понижением температуры дисперсность структуры возрастает, что соответствует повышению прочности и твердости стали.

При охлаждении стали со скоростью, больше критической  $V_{кр}$  (кривая 3), получается структура мартенсита бес распада аустенита на ферритоцементитную смесь.

Закаленная сталь вместе с высокой прочностью и твердостью приобретает значительную хрупкость и высокие остаточные напряжения. Для придания стали пластичности и снятия внутренних напряжений применяется отпуск стали, обеспечивающий более надежную работу деталей.

#### *Отпуск закаленной стали*

В процессе нагрева закаленной стали в интервале температур 120...170 °С происходит так называемое первое превращение при отпуске, заключающееся в уменьшении содержания углерода в  $Fe_\alpha$  – твердом растворе в результате образования тонкодисперсных карбидных частиц, когерентно связанных с решеткой мартенсита. Степень тетрагональности решетки К8 мартенсита снижается, и решетка мартенсита отпуска оказывается близкой к кубической. Такой пересыщенный твердый раствор углерода  $Fe_\alpha$  называется мартенситом отпуска.

Повышение температуры до 230...300 °С приводит ко второму превращению при отпуске: остаточный аустенит, не превратившийся в мартенсит при закалке (в сталях с высоким содержанием углерода или легирующих элементов), переходит в мартенсит отпуска.

При температуре 300...400 °С происходит третье превращение при отпуске, заключающееся в превращении мартенсита отпуска в тонкую механическую смесь частиц феррита и цементита зернистого строения. При дальнейшем росте температур эта смесь частиц укрупняется.

Таким образом, после отпуска (350...400 °С) структура стали – тростит отпуска (двухфазная механическая смесь).

После отпуска (500...600 °С) структура стали – сорбит отпуска. двухфазная смесь феррита и цементита, отличающаяся более крупными частицами (зернами).

#### *Основные виды термообработки стали*

Отжиг стали – нагрев выше  $A_{C3}$  на (30...50) °С с последующим охлаждением с печью (вектор 1, **рисунок 3**).

Микроструктура – крупнопластинчатая механическая смесь феррита и цементита - перлит. Свойства:  $HV = 1500...2000$  МПа .

Нормализация – нагрев  $A_{C3}$  на (30...50) °С с последующим охлаждением на воздухе (вектор 2, **рисунок 4**).

Микроструктура - более дисперсная смесь пластин феррита а цементита - сорбит. Свойства:  $HV = 2500$  МПа.

Закалка – нагрев доэвтектоидной стали  $A_{C3}$  на (30...50) °С с последующим охлаждением со скоростью, большей или равной  $V_{кр}$  (вектор 3, **рисунок 3**).

Микроструктура – пересыщенный твердый раствор углерода в железе  $Fe_\alpha(C)$  - мартенсит (мелкоигольчатые, клиновидные пластины). Свойства:  $HV=6000...6500$  МПа.

Неполная закалка – нагрев выше  $A_{C1}$ , но ниже  $A_{C3}$  с последующим охлаждением со скоростью большей или равной  $V_{кр}$ (вектор 4, **рисунок 3**).

Микроструктура – мартенситные иглы и зерна феррита. Сталь приобретает пониженную твердость.  $HB = 5000$  МПа.

Закалка в масле – происходит частичный распад аустенита с образованием троостита. Не превращенная часть аустенита при охлаждении ниже точки  $M_n$  переходит в мартенсит (вектор 5, **рисунок 3**).

Микроструктура – тростито-мартенситная структура.

Свойства:  $HB = 3500...4000$  МПа.

Отпуск стали – нагрев закаленной стали на температуру ниже критической температуры  $A_1$  ( $727^\circ C$ ) с последующим охлаждением.

На практике применяют три вида отпуска с целью снятия внутренних закалочных напряжений, повышения пластичности и вязкости стали.

Низкий отпуск ( $170...200^\circ C$ ), в результате которого получается структура мартенсита отпуска. Твердость и прочность стали, при этом снижается незначительно, несколько возрастает ударная вязкость, пластичность.

Средний отпуск ( $350...450^\circ C$ ) - структура тростит отпуска, обеспечивающая высокие значения предела пропорциональности. У легированных сталей при среднем отпуске наблюдается снижение ударной вязкости. Это явление называется необратимой отпускной хрупкостью.

Высокий отпуск ( $500...650^\circ$ ) проводится с целью получения высокой вязкости, пластичности стали, понижения ее чувствительности к надрезу. Структура стали после высокого отпуска - сорбит отпуска. Этот вид Т.О. называют улучшением.

#### **Задания к практическому занятию**

##### **Задача №1:**

Выбрать марку стали, вид и режим термической обработки для изготовления валов диаметром 50 мм. По расчету сталь должна иметь предел прочности:

- а) не ниже 600 МПа, ударную вязкость не ниже  $0,7$  МДж/м<sup>2</sup>
- б) не ниже 800 МПа, ударную вязкость не ниже  $0,8$  МДж/м<sup>2</sup>
- в) не ниже 900 МПа, ударную вязкость не ниже  $0,8$  МДж/м<sup>2</sup>

##### **Задача №2:**

Выбрать марку стали, вид и режим термической обработки для вала двигателя. Вал должен иметь предел прочности при растяжении не ниже 700 МПа, ударную вязкость не ниже  $0,7$  МДж/м<sup>2</sup>. Диаметр вала:

- а) 35 мм; б) 50 мм; в) 120 мм.

##### **Задача №3:**

Выбрать марку стали, вид и режим термической обработки для вала диаметром 60 мм двигателя. Предел текучести стали должен быть:

- а) не ниже 600 МПа, ударную вязкость не ниже  $0,7$  МДж/м<sup>2</sup>
- б) не ниже 800 МПа, ударную вязкость не ниже  $0,8$  МДж/м<sup>2</sup>

##### **Задача №4:**

Выбрать марку стали, вид и режим термической обработки для шатунов с поперечным сечением стержня 40 мм двигателя внутреннего сгорания. Сталь должна иметь предел прочности при растяжении:

- а) не ниже 600 МПа, ударную вязкость не ниже  $0,7$  МДж/м<sup>2</sup>
- б) не ниже 750 МПа, ударную вязкость не ниже  $0,8$  МДж/м<sup>2</sup>
- в) не ниже 900 МПа, ударную вязкость не ниже  $0,9$  МДж/м<sup>2</sup>

##### **Задача №5:**

Выбрать марку стали, вид и режим термической обработки для изготовления коленчатых валов с диаметром шейки 60 мм двигателя. Предел текучести стали должен быть:

- а) не ниже 600 МПа, ударную вязкость не ниже 0,7 МДж/м<sup>2</sup>
- б) не ниже 750 МПа, ударную вязкость не ниже 0,8 МДж/м<sup>2</sup>
- в) не ниже 850 МПа, ударную вязкость не ниже 0,9 МДж/м<sup>2</sup>

#### **Задача №6:**

Выбрать марку стали, вид и режим термической обработки для вала тяжелонагруженного прицепа. Вал должен иметь предел прочности не ниже 700 МПа, ударную вязкость не ниже 0,8 МДж/м<sup>2</sup>.

Диаметр вала: а) 40 мм; б) 75 мм; в) 150 мм.

#### **Задача №7:**

Выбрать марку стали, вид и режим термической обработки для зубчатых колес редуктора диаметром 50 мм. Твердость поверхности зубьев должна быть не ниже HRC 58 ... 60, толщина поверхностного твердого слоя 0,7 ... 0,9 мм.

Предел текучести в сердцевине должен быть:

- а) не ниже 500 МПа;
- б) не ниже 600 МПа;
- в) не ниже 800 МПа.

#### **Задача №8:**

Выбрать марку стали, вид и режим термической обработки для стаканов цилиндров мощных дизельных двигателей, которые должны обладать повышенной износостойкостью поверхностного слоя (HV 1000 ... 1050); толщина поверхностного твердого слоя 0,30 ... 0,35 мм; предел текучести в сердцевине должен быть не ниже 750 МПа.

### **Пример выполнения работы**

#### **Задание № 1:**

На вал машины диаметром 40 мм действуют напряжения кручения и изгиба. Предел текучести материала в середине детали должен быть  $s_{0,2}^3 \geq 800$  МПа.

#### **Требуется:**

1. Обосновать выбор упрочняющей термической обработки детали.
2. Обосновать выбор группы и марки стали.
3. Обосновать условия и режим термообработки.
4. Выбрать нагревательное устройство.
5. Составить технологическую маршрутную карту обработки детали.

#### **Решение:**

Исходя из условий задачи видно, что на деталь действуют напряжения изгиба и кручения, т.е. деталь находится в сложнапряженном состоянии. Принимаем объемное упрочнение и назначаем термическую обработку, состоящую из полной закалки и высокого отпуска.

Используем группу улучшаемых конструкционных сталей, у которых прокаливаемость при закалке не менее 40 мм. Исходя из заданных численных значений предела текучести  $s_{0,2}^3 \geq 800$  МПа, принимаем группу стали для высоконагруженных деталей машин. Предварительно выбираем хромоникелевую сталь марки 40ХН. Проверка по справочным данным показала, что использование

стали 40ХН при  $d = 40$  мм обеспечивает  $s_{0,2} \approx 800$  МПа. После проведенного анализа назначаем окончательно марку стали 40ХН и операции упрочняющей термической обработки, включающие полную закалку и высокий отпуск.

Назначаем *режимы термической обработки*.

*Режим закалки:*

Температура нагрева:

$$t_{\text{нагр}} = t_{\text{Ac3}} + (30 \dots 50) = 820 + (30 \dots 50) = 850 \dots 870 \text{ } ^\circ\text{C};$$

время нагрева и выдержки для размера сечения 40 мм составляет при норме 1 мин./мм:

$$1 \text{ мин./мм} \cdot 40 \text{ мм} = 40 \text{ мин};$$

Охлаждающая среда – минеральное масло.

*Режим отпуска:*

По справочным материалам для стали 40ХН с целью обеспечения  $s_{0,2} \approx 800$  МПа назначаем температуру отпуска  $550 \text{ } ^\circ\text{C}$ . В качестве *нагревательных устройств* принимаем:

*Закалка:* камерная печь серии СНО с электрическим нагревом и воздушной атмосферой типа СНО-4.8.2,5/10,  $t_{\text{max}}=1000 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

*Отпуск:* шахтная печь серии ПН с электронагревом и воздушной атмосферой типа ПН-32,  $t_{\text{max}}=650 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

### **Контрольные вопросы:**

- 1) Что такое мартенсит?
- 2) Что такое аустенит?
- 3) Что такое феррит?
- 4) Что такое сорбит?
- 5) Что такое троостит?
- 6) Что такое перлит?
- 7) Охарактеризуйте точки  $A_1, A_2, A_3, A_{cm}, A_{c1}, A_{c3}$ ?
- 8) Что такое закалка? Ее виды.
- 9) Что такое отпуск? Его виды.

### **Литература**

1. Черепяхин Материаловедение: учебное пособие - ОИЦ «Академия», 2014.- 320 с.
2. В.И. Онищенко Технология металлов и конструкционные материалы: учебное пособие – Агропромиздат, 2011. – 479 с.
3. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): Учеб. пособие. – М: ОИЦ «Академия», 2010. – 288 с. – Серия: Начальное профессиональное образование.

## Тип урока: Практическое занятие № 8.

### Изготовление текстолита

**Тема:** Порошковые и композиционные материалы

**Цель:** изготовить текстолит, охарактеризовать его основные свойства.

**Оборудование и материалы:** ткань, эпоксидная смола, отвердитель, деревянные бруски, скотч, струбцина. Время на проведение работы – 2 часа

#### Пояснение

Текстолит (лат. *textus* — «ткань», и греч. *λίθος* — «камень») — электроизоляционный конструкционный материал, применяемый для производства подшипников скольжения, шестерён и других деталей, а также в электро- и радиотехнике.

Представляет собой слоистый композитный материал на основе ткани из волокон и полимерного связующего вещества (например, бакелита, полиэфирной смолы, эпоксидной смолы). Текстолит на основе стеклоткани называется стеклотекстолитом или стеклопластиком. Стеклотекстолит превосходит текстолит по ряду свойств: термостойкость от 140 до 180 °С против 105—130 °С у текстолита; удельное сопротивление — 1011 Ом·м против 107 Ом·м; тангенс угла потерь — 0,02 против 0,07.

Листовой стеклотекстолит, покрытый медной фольгой, служит основой для изготовления печатных плат.

#### Классификация

Существует два вида изделия:

1. Конструкционный. Марки ПТК, ПТ. Диапазон рабочей температуры: -40°С до +105°С.

ПТК, используется для производства втулок, шестеренок, подшипников;

ПТ (поделочный текстолит), характеризуется более низкой прочностью по сравнению с ПТК, используется для изготовления разного вида прокладок, амортизационных изделий, втулок, колец, не требующих высокой нагрузки.

2. Электротехнический. Марки А, Б, ВЧ, ЛТ. Температурный интервал от -65°С до +105°С.

Композит марки А обладает высокими электроизоляционными параметрами. Применяется для деталей, работающих на открытом воздухе, в трансформаторном масле, при частоте 50 Гц;

Композит марки Б имеет более высокие механические характеристики, часто используется в качестве конструкционного;

ВЧ способен выдерживать частоту 106 Гц;

ЛЧ, основа – полиэфирная ткань, используется для изготовления изделий, сохраняющих работоспособность при относительной влажности 95%, в температурном диапазоне от -65°С до +120°С.

Мы будем изготавливать текстолит из эпоксидной смолы и хлопчатобумажной ткани

Эпоксидная смола — олигомеры, содержащие эпоксидные группы и способные под действием отвердителей (полиаминов и др.) образовывать сшитые полимеры.

Эпоксидная смола в чистом виде она не используется, поэтому перед применением её нужно полимеризировать, для чего используется специальный отвердитель. При соблюдении различных пропорций в смеси «эпоксидка–отвердитель» можно создать продукт, различающийся по своим физическим свойствам и видам применения.

Отличительными особенностями этого материала являются: прочность и стойкость к химически активным веществам, отсутствие неприятного запаха и незначительная усадка после высыхания.

Добавление пластификатора придаёт создаваемому составу пластичность и способность выдерживать внешние механические нагрузки в виде удара или воздействия на излом.

Задание:

1. Нарезьте ткань на 15 прямоугольников 5 x 10 см.
2. Подготовьте деревянные бруски – оклейте скотчем.
3. Смешайте эпоксидную смолу и отвердитель до состояния густого меда.
4. Поочерёдно пропитывайте куски ткани и укладывайте их на деревянный брусок.
5. Прижмите вторым бруском и зафиксируйте струбциной.
6. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение материала текстолит.
2. Назовите основные характеристики текстолита.
3. Где используется текстолит в машиностроении.

### Литература

1. Черепяхин Материаловедение: учебное пособие - ОИЦ «Академия», 2014.- 320 с.
2. Рогачева, Л.В. Материаловедение: Учеб. пособие для студентов учреждений сред. проф. образования, обучающихся по специальностям техн. профиля / М. : Колосс-Пресс, 2012. - 134, [1] с. : ил., табл.; 20 см. - (Учебники и учебные пособия для среднего профессионального образования); ISBN 5-901705-12-2 (Учебники и учебные пособия для среднего профессионального образования)

### **Тип урока:** Практическое занятие № 9

**Тема:** Определение физико-механических свойств резиновых материалов

**Цель:** определить параметры резины, характеризующие ее основные свойства.

**Оборудование:** образцы резины для испытания, прибор Шоба, твердомер, секундомер 2-го класса точности. Время на проведение работы – 2 часа

Задание:

1. Определите эластичность резины по отскоку на приборе типа Шоба.
2. Определите твердость резины по методу Шору.
3. Составьте отчет о работе.
4. Ответьте на контрольные вопросы.

#### **Пояснение к работе**

Определение эластичности по отскоку на приборе типа Шоба. Сущность метода заключается в определении величины отскока бойка физического маятника, падающего на образец с определенной высоты:

$R = h/H * 100$ , где  $h$  – высота отскока маятника после удара, мм;  $H$  – высота подъема бойка маятника в исходном положении, мм. Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 27110-86 при температуре 21-25 °С. Если температура при испытаниях будет другой, то вводят в соответствии с ГОСТ 269-66 погрешность измерения или помещают прибор в специальный термостат. Образцы должны иметь форму шайб с диаметром не менее 29 мм или квадрата со стороной не менее 29 мм. Толщина образцов берется 12, 5 или 6,25 мм. Поверхности образцов должны быть параллельными, ровными, гладкими. Пружинный захват 7 прибора (рис. 6) должен быть прикреплен к маятнику 2 так, чтобы при горизонтальном положении маятника стрелка находилась против деления 100%, а при вертикальном положении маятника – против деления 0%. Испытание проводят не менее чем на 2 образцах в следующей последовательности.

1. Измеряют толщину образцов не менее, чем в трех местах.
2. Образец 12 закрепляют пружиной 6 так, чтобы точка удара была на расстоянии не менее 10 мм от его краев.
3. Освобождают маятник 2 из защелки 5 и производят удар по образцу. После каждого удара маятник поднимают в исходное положение (к защелке 5), не давая ему повторно ударять по образцу. Сначала осуществляют 3 удара, чтобы произошла механическая стабилизация материала, а при последующих трех ударах снимают показания на дуговой шкале 11 в процентах. Для возврата стрелки в исходное положение (0%) используют пружинный механизм 9 с ручкой. Находят среднее арифметическое из трех замеров и опыты повторяют для второго образца. За результат испытаний принимают среднее арифметическое двух выбранных значений. Чем выше полученное значение, тем лучше эластичные свойства резины.

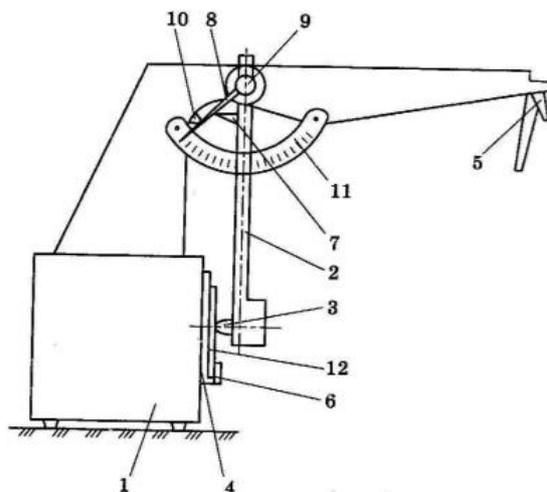


Рис. 1 - Схема прибора Шоба: 1 – станина; 2 – маятник; 3 – боек; 4 – площадка; 5 – защелка; 6 – пружина; 7 – пружинный захват; 8 – стрелка; 9 – пружинный механизм; 10 – ограничитель; 11 – дуговая шкала; 12 – образец

#### Определение твердости резины по методу Шору А.

Твердость характеризует способность сопротивляться проникновению в него постороннего твердого предмета, вдавливаемого под действием определенной силы. Сопротивление резины измеряется прибором с пружиной определенной характеристики и выражается в условных единицах твердости по Шору А (от 100 до 0). Максимальное проникновение индентора в резину соответствует значению 0, а 100 – нулевому проникновению. Индентор представляет собой иглу из закаленной стали (рис. 7).

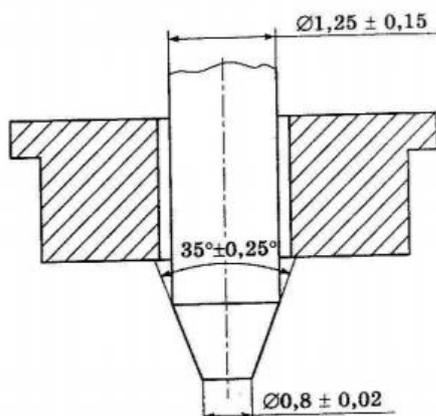


Рис.2 - Индентор твердомера

Образец для испытания должен быть в виде пластины или шайбы с параллельными плоскостями и таких размеров, чтобы расстояние между точками замера было не менее 5 мм, а расстояние от каждой точки измерения до края образца не менее 13 мм. Толщина образца должна быть не менее 6 мм. Допускается применять образцы, состоящие из нескольких (не более 3) слоев одной и той же резины, но толщина верхнего слоя должна быть не менее 2 мм. Испытуемая поверхность должна быть гладкой. Перед испытаниями проводят ориентировочную проверку прибора, ставя его на гладкую

стеклянную поверхность и, нажимая на головку прибора, прижимают опорные площадки поверхности. Стрелка прибора должна показывать на шкале значение 100 +-1.

Испытания проводят по ГОСТ 263-75 при температуре 21-25°C. Образец помещают на гладкую твердую поверхность. Твердомер устанавливают в приспособление, позволяющее создавать усилие прижима 10...12,5 Н, или по оси индентора монтируют груз массой 1 кг. Можно твердомер нагружать вручную минимальным усилием, но так, чтобы его нижние площадки плотно прилегли к поверхности резины. Показатель твердости отсчитывают по шкале по истечении 3 с с момента приложения нагрузки. Если наблюдается дальнейшее погружение наконечника, то твердость отсчитывают по истечении 15 с. Проверку проводят не менее чем в 3 точках и за результат принимают их среднее арифметическое, причем расхождение между замерами не должно превышать 5%.

Содержание отчета

1. Схема прибора типа Шоба.
2. Характеристика образца резины:

образец №1	образец №2
размер _____,	размер _____,
форма _____,	форма _____,
эластичность _____,	эластичность _____,

Эластичность резины \_\_\_\_\_.

Таблица 2 – Результаты замера эластичности

Номера образцов	Опыт №1 (h)	Опыт №2 (h)	Опыт №3 (h)	Средн. (h)
№ 1				
№ 2				

3. Схема прибора для определения твердости резины.

4. Характеристика образца: размер \_\_\_\_\_, форма \_\_\_\_\_.

Таблица 3 – Результаты замера твердости

Измеряемая характеристика	Опыт №1	Опыт №2	Опыт №3	Средн.
Твердость				

5. Рекомендации по применению резины.

Контрольные вопросы

1. Перечислите методы получения резины.
2. Назовите основные характеристики резины
3. Расскажите методику определения эластичных свойств резины.
4. Какова методика определения твердости резины?
5. Расскажите о правилах хранения и эксплуатации резинотехнических изделий.

### Литература

1. Черепяхин Материаловедение: учебное пособие - ОИЦ «Академия», 2014.- 320 с.
2. Рогачева, Л.В. Материаловедение: Учеб. пособие для студентов учреждений сред. проф. образования, обучающихся по специальностям техн. профиля / М. : Колосс-Пресс, 2012. - 134, [1] с. : ил., табл.; 20 см. - (Учебники и учебные пособия для среднего профессионального образования); ISBN 5-901705-12-2 (Учебники и учебные пособия для среднего профессионального образования)

## Тип урока: Практическое занятие № 10

### Тема: Изучение свойств пластмасс

**Цель работы:** изучить состав и свойства пластмасс, области их применения в техники.

#### Пояснение к работе

Пластмассами называют искусственные материалы, получаемые на основе органических полимерных связующих веществ. Полимерами называют вещества, макромолекулы которых состоят из многочисленных элементарных звеньев (мономеров) одинаковой структуры. Молекулярная масса их составляет от 5000 до 1000000. Длина цепи в несколько тысяч раз больше их поперечного сечения, поэтому макромолекулам полимера свойственна гибкость. При таких больших размерах макромолекул свойства веществ определяются не только химическим составом этих молекул, но и их взаимным расположением.

По составу все полимеры подразделяются на органические, элементоорганические и неорганические. Органические полимеры составляют наиболее обширную группу соединений. Представителями органических полимеров являются смолы и каучуки.

Пластмассы являются важнейшими современными конструкционными материалами. Они обладают рядом ценных свойств: малой плотностью (до 2 г/см<sup>3</sup>), высокой удельной прочностью, низкой теплопроводностью, химической стойкостью, хорошими электроизоляционными свойствами, звукоизоляционными свойствами. Некоторые пластмассы обладают оптической прозрачностью, фрикционными и антифрикционными свойствами, стойкостью к истиранию и др. Кроме того, пластмассы имеют хорошие технологические свойства: легко формуются, прессуются, обрабатываются резанием, их можно склеивать и сваривать. Недостатками пластмасс являются низкая теплостойкость, низкая ударная вязкость, склонность к старению для ряда пластмасс. В таблице 9.1 приведены физико-механические свойства некоторых видов пластмасс.

Пластмассы в зависимости от поведения при повышенных температурах подразделяют на две основные группы: термопластичные полимеры (термопласты) и терморезистивные (реактопласты).

Термопласты (полиэтилен, полипропилен, полиамид, поливинилхлорид, полистирол, фторопласт, органические стекло и др.) размягчаются и плавятся при повышении температуры и вновь затвердевают при охлаждении. Переход термопластов из твердого или высокоэластичного состояния в вязкотекучее и обратно может происходить неоднократно без изменения их химического состава.

Реактопласты (текстолит, гетинакс и др.) при нагреве легко переходят в вязкотекучее состояние, но с увеличением продолжительности действия повышенных температур в результате химической реакции переходят в твердое нерастворимое состояние. Отвердевшие реактопласты нельзя повторным нагревом вновь перевести в вязкотекучее состояние.

В зависимости от числа компонентов все пластмассы подразделяются на простые и композиционные. Простые (полиэтилен, полистирол и др.) состоят из одного компонента – синтетической смолы; композиционные (гетинакс, текстолит и др.) – из нескольких составляющих, каждая из которых выполняет определенную функциональную роль. В композиционных пластмассах смола является связующим для других составляющих. Содержание связующего в пластмассах достигает 30-70%.

Помимо связующих, в состав композиционных пластмасс входят следующие составляющие.

1. Наполнители различного происхождения (древесная мука, целлюлоза, хлопчатобумажная ткань, бумага, графит, кварц, стекловолокно, стеклоткань и др.). Служат для повышения механической прочности, теплостойкости, снижения стоимости пластмассы.

2. Пластификаторы (дибутилфталат, касторовое масло и др.). Служат для увеличения эластичности, текучести, гибкости и уменьшают хрупкость пластмасс.
3. Смазывающие вещества (стеарин, олеиновая кислота и др.). Служат для увеличения текучести, уменьшают трение между частицами композиций.
4. Катализаторы (известь, магнезия и др.). Служат для ускорения отверждения пластмасс.
5. Красители (сурик, мумия, нигрозин и др.). Служат для придания пластмассам нужного цвета.

По назначению пластмассы делятся на конструкционные, химически стойкие, прокладочные и уплотнительные, фрикционные и антифрикционные, теплоизоляционные и теплозащитные, электроизоляционные, оптически прозрачные, облицовочно-декоративные и отделочные. Ниже приведены описания некоторых видов пластмасс.

**Полиэтилен**  $(-CH_2-CH_2-)_n$  – продукт полимеризации бесцветного газа этилена. Полиэтилен химически стоек и при нормальной температуре нерастворим ни в одном из известных растворителей. Длительно полиэтилен можно применять при температуре до 60-100 °С. Хладостойкость достигает –70 °С. Недостатком полиэтилена является его подверженность к старению. Полиэтилен применяют для изготовления труб, литых и прессованных несилевых деталей (вентили, контейнеры, части насосов, фильтры, различные емкости), полиэтиленовых пленок, для изоляции проводов и кабелей, чехлов для машин и инструмента и т.д.

**Полипропилен**  $(-CH_2-CH(CH_3)-)_n$  является производной этилена. Это жесткий нетоксичный материал с высокими физико-механическими свойствами. По сравнению с полиэтиленом этот пластик более теплостоек и более прочен. Недостатком полипропилена является его невысокая морозостойкость (от –10 до –20 °С). Полипропилен применяют для изготовления труб, конструкционных деталей автомобилей, мотоциклов, холодильников, текстильных машин, различных предметов общего обихода.

**Полистирол**  $(-CH_2-CH(C_6H_5)-)_n$  – твердый, жесткий, прозрачный, аморфный полимер. Удобен для механической обработки, хорошо окрашивается, растворим в бензоле. Полистирол наиболее стоек к воздействию ионизирующего излучения по сравнению с другими термопластами. Недостатками полистирола являются его невысокая теплостойкость, склонность к старению, образование трещин. Ударопрочный полистирол представляет собой блоксополимер стирола с каучуком (УПС). Из полистирола изготавливают детали для радиотехники, телевидения и приборов, детали машин (корпусы, ручки, диски, червячные колеса водомеров), сосуды для воды и химикатов, как основа магнитофонных лент.

**Фторопласт-4**  $(-CF_2-CF_2-)_n$  – продукт полимеризации тетрафторэтилена. Длительно эксплуатировать его можно до температуры 250 °С. Разрушение материала происходит при температуре выше 415 °С. Фторопласт-4 стоек к действию растворителей, кислот, щелочей, окислителей, не смачивается водой. Это наиболее высококачественный диэлектрик. Фторопласт-4 обладает очень низким коэффициентом трения ( $f=0,04$ ), который не зависит от температуры. Его недостатком является хладотекучесть, выделение токсичного фтора при высокой температуре и трудность его переработки (вследствие отсутствия пластичности). Из фторопласта-4 изготавливают трубы для химикатов, детали, работающие в сильно коррозионных средах, уплотнительные прокладки, манжеты, электрорадиотехнические детали, антифрикционные покрытия на металлах.

**Органическое стекло** – прозрачный аморфный термопласт на основе сложных эфиров акриловой и метакриловой кислот. Материал более чем в 2 раза легче минеральных стекол, отличается высокой атмосферостойкостью, оптической прозрачностью. При температуре 80 °С органическое стекло начинает размягчаться; при температуре 105-150 °С появляется пластичность. Материал стоек к действию разбавленных кислот и щелочей, углеводородных топлив и смазочных материалов. Старение органического стекла в естественных условиях протекает медленно.

Недостатком органического стекла является невысокая поверхностная твердость. Из органического стекла изготавливают светотехнические детали, оптические линзы и др.

**Поливинилхлорид**  $(-CH_2-CHCl-)_n$  - продукт полимеризации винилхлорида – бесцветного газа. Материал имеет хорошие электроизоляционные характеристики, стоек к химикатам, не поддерживает горение, атмосферостоек. Из поливинилхлорида изготавливают трубы для подачи агрессивных газов, жидкостей и воды; защитные покрытия для электропроводки, детали вентиляционных установок, теплообменников, строительные облицовочные плитки.

**Полиамиды** – группа пластмасс с известными названиями (капрон, нейлон, амид и т.д.). В составе макромолекул полимера присутствует амидная группа  $(-NH-CO-)$ , а также метиленовые группы  $(-CH_2-)$ , повторяющиеся от 2 до 10 раз. Свойства разных видов полиамидов довольно близки. Они имеют низкий коэффициент трения ( $f < 0,05$ ), продолжительное время могут работать на истирание; кроме того, полиамиды ударопрочны и способны поглощать вибрацию. Стойки к щелочам, бензину, спирту, устойчивы в тропических условиях. К недостаткам полиамидов относятся некоторая гигроскопичность и подверженность старению вследствие окисляемости при переработке. Из полиамидов изготавливают шестерни, втулки, болты, гайки, шкивы, детали ткацких станков, колеса центробежных насосов.

**Гетинакс** получается на основе модифицированных фенольных, анилиноформальдегидных и карбамидных смол и различных сортов бумаги. Гетинакс можно применять при температуре 120-140 °С. Он устойчив к действию химикатов, растворителей, пищевых продуктов. Используется для внутренней облицовки пассажирских кабин самолетов, железнодорожных вагонов, кают судов, в строительстве при изготовлении электротехнических плат.

**Текстолит** (связующее – термореактивные смолы, наполнитель – хлопчатобумажные ткани) обладает способностью поглощать вибрационные нагрузки, хорошо сопротивляться раскаливанию. Однако его рабочая температура невысока (80-90 °С). Текстолит применяют для изготовления зубчатых колес, вкладышей подшипников, деталей прокатных станков, центробежных насосов, турбин и др.

Таблица 1 - Физико-механические свойства пластмасс

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Твердость по Бринеллю, кгс/мм <sup>2</sup>	Температура плавления, °С	Предел прочности, МПа			Относительное удлинение при разрыве, %
				при растяжении	при сжатии	при изгибе	
Полиэтилен	913-953	1,4-5,8	105-125	10-35	12-36	12-38	50-1000
Полипропилен	900	6-6,5	160-170	25-40	11	-	200-800
Полистирол	1050-1080	1,05-1,08	170-230	37-48	90-100	65-105	1-4
Фторопласт-4	1900-2200	10-13	Разлаг. при 415	15-35	10-12	14-18	250-500
Органическое стекло	1200	1-30	90-120	63-100	100-105	90-120	2,5-20
Поливинилхлорид	1400	1-16	80-140	40-120	80-160	40-120	5-100

Полиамиды	110-1140	75-150	210-264	38-60	-	35-70	70-280
Гетинакс	1300-1400	-	Нет	80-100	160-290	80-100	1-3
Текстолит	1400	18,6-30	Нет	65-100	120-150	120-160	1-3
Пенополистирол	25-200	-	Нет	0,7-4,2	0,1-3	1-6	-
Поролон	30-70	-	Нет	0,1	-	-	-

**Пенополистирол и поролон** являются пенопластами – материалами с ячеистой структурой, в которой газообразные наполнители изолированы друг от друга и от окружающей среды тонкими слоями полимерного связующего. Замкнуто-ячеистая структура обеспечивает хорошую плавучесть и высокие теплоизоляционные свойства. Коэффициент теплопроводности низкий – от 0,003 до 0,007 Вт/(м·К). Прочность пенопластов невысока и зависит от плотности материала. Пенопласты применяют для теплоизоляции кабин, контейнеров, приборов, холодильников, рефрижераторов, труб и т.п. мягкие и эластичные пенопласты (типа поролон) применяют для амортизаторов, мягких сидений, губок.

#### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с образцами различных пластмасс.
2. Описать состав, свойства и применение исследуемых пластмасс в технике.

Результаты свести в сводную таблицу.

№ обр.	Название пластмассы	Состав пластмассы	Основные свойства	Применение в технике
1.				
2.				
3.				

#### Вопросы к зачету

1. Что такое пластмассы?
2. Что такое полимеры?
3. Термореактивные и термопластичные пластмассы.
4. Состав пластмасс.
5. Основные свойства пластмасс.
6. Недостатки пластмасс.
7. Применение пластмасс.

#### Литература

1. Черепяхин Материаловедение: учебное пособие - ОИЦ «Академия», 2014.- 320 с.
2. Рогачева, Л.В. Материаловедение: Учеб. пособие для студентов учреждений сред. проф. образования, обучающихся по специальностям техн. профиля / М. : Колосс-Пресс, 2012. - 134, [1] с. : ил., табл.; 20 см. - (Учебники и учебные пособия для среднего профессионального образования); ISBN 5-901705-12-2 (Учебники и учебные пособия для среднего профессионального образования)