

**МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
«РОСТОВСКИЙ-НА-ДОНУ КОЛЛЕДЖ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ,
ИНФОРМАЦИОННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
(ГБПОУ РО «РКРИПТ»)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

ОП.03 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Специальность:

15.02.16 Технология машиностроения

Квалификация выпускника:


техник-технолог

Форма обучения: очная

Ростов-на-Дону
2023

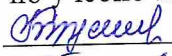
СОГЛАСОВАНО

Начальник методического отдела

 Н.В. Вострякова
«25» ~~апреля~~ 2023г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по учебно-методической работе

 С.А. Будасова
«25» ~~апреля~~ 2023г.

ОДОБРЕНО

Цикловой комиссией
промышленных технологий

Пр. № 7 от «27» ~~апреля~~ 2023 г.

Председатель ЦК

 В.А. Ламин

Методические указания разработаны в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины ОП.03 Материаловедение специальности 15.02.16 Технология машиностроения

Разработчик(и):

Марченко С.И. – к.т.н., преподаватель высшей квалификационной категории ГБПОУ РО «РКРИПТ»

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---------------------------|----|
| Введение | 4 |
| 1. Практическая работа №1 | 6 |
| 2. Практическая работа №2 | 10 |
| 3. Практическая работа №3 | 16 |
| 4. Практическая работа №4 | 19 |

Введение

Практические занятия по учебной дисциплине ОП.03 Материаловедение составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки и направлены на подтверждение теоретических положений и формирование практических умений и практического опыта:

- пользоваться контрольно-испытательной и измерительной аппаратурой;
- измерять с заданной точностью различные электрические и радиотехнические величины.

Практические занятия относятся к основным видам учебных занятий.

Выполнение студентами практических занятий направлено:

- на обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;
- формирование умений применять полученные знания на практике;
- реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений (аналитических, проектировочных, конструкторских и др.) у будущих специалистов;
- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Ведущей дидактической целью практических занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных (решать задачи по математике, физике, химии, информатике и др.), необходимых в последующей учебной деятельности.

Содержанием практических занятий по дисциплине являются экспериментальная проверка формул, методик расчета, установление и подтверждение закономерностей, ознакомление с методиками проведения экспериментов, установление свойств веществ, их качественных и количественных характеристик, наблюдение развития явлений, процессов и др. В ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с различными приборами, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Содержанием практических занятий по дисциплине / являются решение разного рода задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых играх и т.п.), выполнение вычислений, расчетов, чертежей, работа с измерительными приборами, оборудованием, аппаратурой, работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками, составление проектной, плановой и другой технической и специальной документации и другое.

Содержание практических занятий охватывают весь круг профессиональных умений, на подготовку к которым ориентирована данная дисциплина, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе курсового проектирования, практикой по профилю специальности и преддипломной практикой.

Практическое занятие проводится в учебных кабинетах или специально оборудованных помещениях (площадках). Продолжительность занятия – не менее 2-х академических часов. Необходимыми структурными элементами занятия, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения работы.

Все студенты, связанные с работой в лаборатории, обязаны пройти инструктаж по безопасному выполнению работ, о чем расписываются в журнале инструктажа по технике безопасности.

Выполнению лабораторных и практических работ предшествует проверка знаний студентов, их теоретической готовности к выполнению задания.

Лабораторные и практические работы студенты выполняют под руководством преподавателя. При проведении лабораторных и практических занятий учебная группа может делиться на подгруппы численностью не менее 8 человек. Объем заданий для лабораторных и практических занятий спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть выполнены качественно большинством студентов.

Формы организации работы обучающихся на практических работах занятиях: фронтальная, групповая и индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу. При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек. При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Отчет по практическим занятиям предоставляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по практической, лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада обучающегося по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Оценки за выполнение практических занятий могут выставляться по пятибалльной системе или в форме зачета и учитываться как показатели текущей успеваемости студентов.

Критерии оценки практических работ.

Оценка «5» ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

Оценка «4» ставится, если выполнены требования к оценке «5», но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

Оценка «3» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

Оценка «2» ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Определение твердости металлов по методу Бринелля

и методу Роквелла

1.Цель работы

Ознакомиться с методикой определения твердости металлов по методам Бринелля и Роквелла

2.Оборудование

2.1 Автоматический рычажный пресс Бринелля типа ТШ-2

2.2 Прибор Роквелла типа ТК

2.3 Образцы стали различных марок

2.4 Металлографическая лупа.

3.Литература

3.1. Вишневецкий Ю.Т. Материаловедение для технических колледжей. – М.: Лань, 2021

3.2. Соколова Е.Н. Материаловедение. Лабораторный практикум. – М.: Академия, 2022.

4.Краткие теоретические сведения

Твердость-это свойство металла сопротивляться проникновению в него постороннего тела

Определение твердости является наиболее широко распространенным методом испытания металлов, позволяющим в большинстве случаев без разрушения изделия и изготовления специальных образцов судить о качестве изделия. На практике контроль твердости осуществляется после термической обработки для установления наиболее выгодного режима механической обработки поковок и изделий.

Наиболее широко применяются следующие способы измерения твердости:

- вдавливанием стального шарика (метод Бринелля);
- вдавливанием алмазного конуса (метод Роквелла);
- вдавливанием четырехгранной алмазной пирамиды (метод Виккерса)

Измерение твердости по методу Бринелля заключается в том, что в испытываемый образец вдавливаются стальной закаленный шарик диаметром 10; 5 или 2,5 мм под действием заданной нагрузки, в течение определенного промежутка времени. В результате вдавливания на образце образуется лунка. Диаметр лунки измеряется с помощью металлографической лупы имеющей шкалу с ценой деления 0,1 мм. Для получения более достоверного числа твердости испытание повторяют трижды и за результат принимают среднее арифметическое из трех испытаний. По специальным переводным таблицам (приведенным в приложении лабораторной работы №1) переводят значение диаметра в значение твердости. Диаметр шарика, нагрузку и время выдержки под нагрузкой выбирают в зависимости от материала и толщины испытываемого изделия или образца.

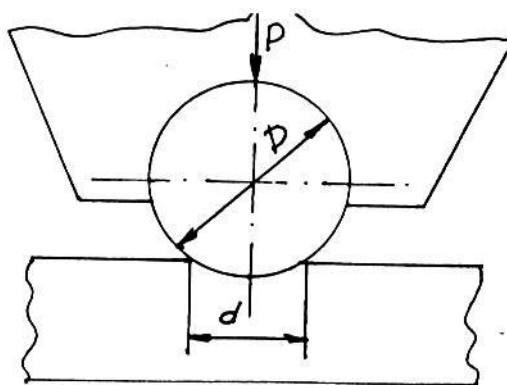
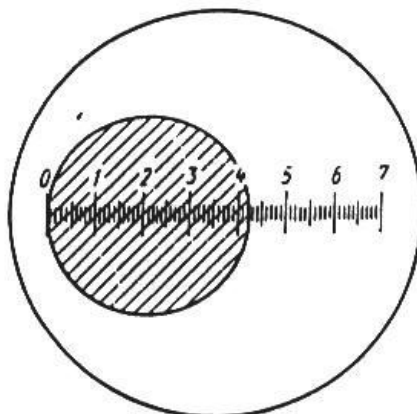


Схема испытания на твердость по способу Бринелля

Например: черные металлы имеющие интервал твердости в числах Бринелля >140 , с минимальной толщиной испытываемого образца более 6 мм, с соотношением между нагрузкой “P” и диаметром шарика “D” равным $P=30DI$, при диаметре шарика $D=10\text{мм}$, нагрузка $P=3000\text{кГ}$, длительность выдержки под нагрузкой составляет 10-15 сек.

Чем тверже металл, тем меньше диаметр отпечатка и тем выше число твердости по Бринеллю.



Отсчет по шкале лупы

Значение твердости величина отвлеченная и измеряется в условных единицах.

К преимуществам метода Бринелля относится простота конструкции и надежность в работе применяемых для определения твердости приборов.

Измерение твердости по методу Роквелла производится как для сырых так и для закаленных сталей, путем вдавливания в испытываемый образец стального закаленного шарика диаметром $\varnothing 1,588\text{мм}$ (для сырых сталей) или алмазного конуса с углом 120° (для закаленных сталей). Шарик и конус вдавливаются в испытываемый образец под действием двух последовательно прилагаемых нагрузок – предварительной P_0 и основной P_1 . Общая нагрузка P будет равна сумме предварительной P_0 и основной P_1 нагрузок $P=P_0 + P_1$.

Предварительная нагрузка во всех случаях равна 100Н ($1Н \approx 0,1Кгс$), основная P_1 и общая P нагрузки составляют при вдавливании стального шарика (шкала В) $P_1=900Н$, $P=100+900=1000Н$, а при вдавливании алмазного конуса (шкала С) $1400 Н$, $P=100+1400=1500Н$. Значение твердости считывается с соответствующей шкалы индикатора.

Число твердости по Роквеллу – число отвлеченное и выражается в условных единицах, обозначается *HRB* (для сырых материалов) или *HRC* (для закаленных материалов)

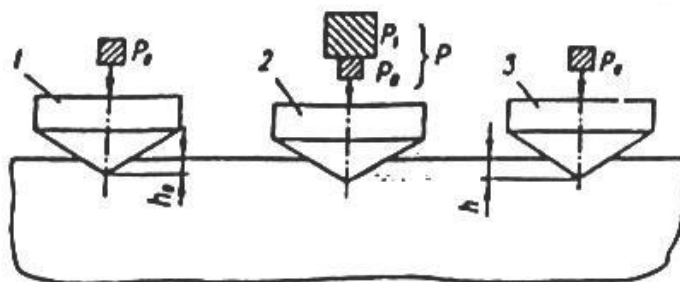


Схема определения твердости путем вдавливания алмазного конуса

1-углубление конуса под предварительной нагрузкой P_0 ;

2-углубление конуса под общей нагрузкой P , которая равна сумме предварительной P_0 и основной P_1 нагрузок;

3-глубина внедрения конуса под действием нагрузки P_0 , измеренной после снятия основной нагрузки P_1 с оставлением предварительной нагрузки P_0

5.Задание

5.1 Произвести испытание на твердость предложенных образцов из сталей марок: Сталь 10, Сталь 40, Сталь У10.

5.2 Определить твердость различными способами.

5.3 Составить отчет о работе

6. Порядок проведения работы:

6.1. Провести испытание на твердость по Бринеллю образцов из стали.

6.2. Измерить диаметры образовавшихся отпечатков с помощью металлографической лупы.

6.3. Определить твердость по таблице.

6.4. Результаты испытаний оформить в виде таблицы.

6.5. Построить график зависимости твердости от содержания углерода в стали.

6.6. Провести испытание на твердость по Роквеллу образцов стали в сыром и закаленном состояниях.

6.7. Результаты испытаний оформить в виде таблицы.

7. Содержание отчета:

7.1. Наименование работы.

7.2. Цель работы

7.3. Перечень используемого оборудования.

7.4. Задание

7.5. Определение твердости металлов по методу Бринелля:

7.5.1. Описание метода определения твердости металлов по методу Бринелля.

7.5.2. Схема испытания на твердость по методу Бринелля.

- 7.5.3. Протокол испытания (см. приложение 1).
- 7.5.4. График зависимости твердости от содержания углерода в стали.
- 7.5.5. Сделать вывод о зависимости твердости от содержания углерода в стали.
- 7.6. Определение твердости металлов по методу Роквелла:
 - 7.6.1. Описание метода определения твердости металлов по методу Роквелла.
 - 7.6.2. Схема испытания твердости вдавливанием алмазного конуса.
 - 7.6.3. Протокол испытания (см. приложение 2).

8. Контрольные вопросы:

- 8.1 Что называется твердостью.
- 8.2 Методы определения твердости
- 8.3 Суть метода определения твердости по методу Бринелля.
- 8.4 Суть метода определения твердости по методу Роквелла.
- 8.5 Способы определения твердости сырых материалов
- 8.6 Способы определения твердости закаленных материалов
- 8.7 От чего зависит твердость сталей
- 8.8 Единица измерения величины твердости

Приложение №1 к лабораторной работе №1

Протокол испытания на твердость по Бринеллю

| № № пп | Образец | | Условия испытания | | | Диаметр отпечатка, мм | | | Твердость отпечатка, <i>HB</i> | | | |
|--------------|-------------|-----------------|---------------------|--------------------|--------------|-----------------------|---|---|--------------------------------|---|---|---------|
| | марка стали | содержание С, % | толщина образца, мм | диаметр шарика, мм | нагрузка, кН | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | среднее |
| 1 | Сталь 10 | | | | | | | | | | | |
| 2 | Сталь 40 | | | | | | | | | | | |
| 3 | Сталь У10 | | | | | | | | | | | |

Приложение №2 к лабораторной работе №1

Протокол испытаний на твердость по Роквеллу

| № № пп | Материал образца | Условия испытания | | Измерение твердости, HRC или HRB | | | | HB |
|--------------|------------------|-------------------|--------------|----------------------------------|---|---|---------|----|
| | | шкала | нагрузка, кГ | 1 | 2 | 3 | среднее | |
| 1 | Сталь 40 | | | | | | | |
| 2 | Сталь 40 | | | | | | | |

Практическая работа № 2

Анализ диаграммы состояния «Fe-Fe₃C», построение кривой охлаждения заданного сплава

1. **Цель работы:** закрепить знание принципов построения кривых охлаждения сплавов; приобрести навыки построения кривых охлаждения; научиться рассматривать процесс охлаждения сплавов с учётом фазовых превращений по диаграмме состояния «железо–цементит»

2. Наглядные пособия или документация:

- 2.1 Методическое пособие к практическому занятию.
- 2.2 Диаграмма состояния «железо–цементит».

3. Краткие теоретические сведения:

Анализ диаграммы состояния

В системе железо–углерод в зависимости от количества углерода, численной величины скорости охлаждения существуют две разновидности диаграммы состояния «железо–углерод»: метастабильная (железо–цементит) и стабильная (железо–графит).

Рассмотрим метастабильную диаграмму состояния «железо–цементит» (рис.1).

Компонентами системы являются железо и цементит.

У железа наблюдаются два полиморфных превращения: $t=911\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\text{Fe}_{\alpha} \leftrightarrow \text{Fe}_{\gamma}$ $\text{Fe}_{\gamma} \leftrightarrow \text{Fe}_{\alpha}$; $t=1392\text{ }^{\circ}\text{C}$

Железо модификаций α и γ имеет соответственно кристаллические решетки объемноцентрированного куба (ОЦК) и гранецентрированного куба (ГЦК). В связи с наличием у железа полиморфных превращений на диаграмме состояния железо–цементит образуются три области твердых растворов углерода в железе:

– область NJESGN твердого раствора γ (аустенита А), т.е. А – ограниченный твердый раствор внедрения углерода в Fe_{γ} (ГЦК);

– две области QPGQ и ANNA твердого раствора α (феррита Ф), т.е. Ф – ограниченный твердый раствор внедрения углерода в Fe_{α} (ОЦК).

В правой части диаграммы состояния железо–цементит располагается линия существования цементита (Ц) – DFKL, химического соединения железа с углеродом – Fe_3C . Различают цементит первичный Ц_I – выделяется из L по линии CD, при первичной кристаллизации; цементит вторичный Ц_{II} – выделяется из А по линии ES, в следствие уменьшения растворимости углерода в А, в результате падения температуры и цементит третичный Ц_{III} – выделяется из Ф по линии PQ, также в связи с уменьшением растворимости углерода, только в Ф.

Таким образом, в сплавах диаграммы состояния железо–цементит существуют следующие фазы: жидкий раствор углерода в железе, феррит, аустенит, цементит. Остальные области диаграммы состояния, ограниченные сплошными линиями, являются двухфазными, т.е. состоят из тех или иных двух фаз.

Линия диаграммы ABCD – линия ликвидус, геометрическое положение точек начала кристаллизации, выше неё все сплавы находятся в жидком состоянии.

Линия диаграммы AHJECF – линия солидус, геометрическое положение точек конца кристаллизации, ниже неё все сплавы находятся в твердом состоянии.

На диаграмме состояния имеются также горизонтальные линии трехфазных равновесий при постоянных температурах, где в равновесном состоянии существуют по три фазы:

– линия HJB ($t=1499\text{ }^{\circ}\text{C}$) перитектическое превращение: $L_B + \Phi_H \rightarrow A_J$

– линия ECF ($t=1147\text{ }^{\circ}\text{C}$) эвтектическое превращение: $L_C \rightarrow A_E + \text{Ц}$ (эвтектика – ледебурит Л)

– линия PSK ($t=727\text{ }^{\circ}\text{C}$) эвтектоидное превращение: $A_S \rightarrow \Phi_P + \text{Ц}$ (эвтектоид – перлит П)

Таким образом, по диаграмме состояния железо–цементит, кроме перечисленных выше фаз, существуют и структурные составляющие ледебурит и перлит.

Ледебурит (Л) эвтектика – механическая смесь аустенита и цементита, существующая вплоть до $727\text{ }^{\circ}\text{C}$, ниже данной температуры аустенит превращается в перлит и Л состоит из П + Ц

Перлит (П) – эвтектоидная смесь феррита и цементита (Ф+Ц). По диаграмме состояния, при медленном охлаждении, образуется перлит пластинчатой формы. Особой термической обработкой может быть получен зернистый перлит, имеющий форму мелких зерен.

По диаграмме состояния железоуглеродистые сплавы подразделяются на стали и чугуны. Границей между ними является концентрация углерода в сплаве 2,14 %.

Стали по содержанию углерода делят на доэвтектоидные от 0,006 до 0,8% С, эвтектоидную ровно 0,8% С и заэвтектоидные от 0,8 до 2,14% С.

Чугуны по диаграмме состояния являются белыми, т.к. весь углерод в них находится в связанном состоянии в виде цементита, и делятся на доэвтектические от 2,14 до 4,3% с, эвтектический ровно 4,3%С и заэвтектические от 4,3 до 6,67%С.

При комнатной температуре стали состоят: доэвтектоидные – Ф+Ц, эвтектоидная – П и заэвтектоидные – П+ Ц_ц; белые чугуны состоят: доэвтектические – Л(П+Ц)+ Ц_ц, эвтектический – Л(П+Ц) и заэвтектические – Ц_ц+Л(П+Ц).

Алгоритм построения кривой охлаждения сплава

1. Найти на диаграмме заданное количество С;
2. Провести фигуративную линию сплава, точки пересечения данной линии с линиями диаграммы, являются критическими точками сплава, по ним и строится кривая охлаждения.
3. Построить координатную плоскость, с осями температура (Т) – время(τ);
4. Снести температуры критических точек на полученную координатную плоскость, начиная с нулевой, расположенной в жидкой фазе;
5. Если критическая точка находится на кривой линии диаграммы Fe–Fe₃C, то на кривой охлаждения в этой точке – перегиб. Если критическая точка находится на прямой линии диаграммы Fe–Fe₃C (изотермическое превращение), то на кривой охлаждения в этой точке прочерчивается прямая линия;
6. Если охлаждение сплава протекает в однофазной области, то участок кривой охлаждения следует располагать под острым углом к оси температуры, при протекании охлаждения в двухфазной области, участок кривой охлаждения следует располагать под острым углом к оси времени, при изотермическом превращении линия располагается перпендикулярно оси температуры и параллельно оси температуры;
7. После построения кривой охлаждения следует прописать превращения, соответствующие каждому интервалу кривой.

4. Задание:

- 4.1. Начертить диаграмму состояния железо-цементит.
- 4.2. Провести анализ диаграммы состояния.
- 4.3. На диаграмме провести фигуративную линию сплава, содержащего количество углерода согласно заданию (см. таблицу 1). Построить кривую охлаждения для заданного сплава С= ____ %
- 4.4. Описать превращения, протекающие в данном железоуглеродистом сплаве при его охлаждении от t°=1500° до 20°С.
- 4.5. Дать характеристику заданному сплаву.

Таблица 1

Варианты задания

| № варианта | Содержание углерода в % | № варианта | Содержание углерода в % |
|------------|-------------------------|------------|-------------------------|
| 1 | 0,2 | 16 | 3,2 |
| 2 | 0,4 | 17 | 3,4 |
| 3 | 0,6 | 18 | 3,6 |
| 4 | 0,8 | 19 | 3,8 |
| 5 | 1,0 | 20 | 4,0 |
| 6 | 1,2 | 21 | 4,2 |
| 7 | 1,4 | 22 | 4,4 |
| 8 | 1,6 | 23 | 4,6 |
| 9 | 1,8 | 24 | 4,8 |

| | | | |
|----|-----|----|-----|
| 10 | 2,0 | 25 | 5,0 |
| 11 | 2,2 | 26 | 5,2 |
| 12 | 2,4 | 27 | 5,4 |
| 13 | 2,6 | 28 | 5,6 |
| 14 | 2,8 | 29 | 5,8 |
| 15 | 3,0 | 30 | 6,0 |

5. Порядок выполнения работы:

5.1. Начертить диаграмму состояния Fe-Fe₃C. На диаграмме провести вертикальную линию, соответствующую содержанию углерода по вашему варианту. В соответствии с состоянием заданного сплава построить кривую его охлаждения.

5.2. Описать превращения, протекающие в сплаве при медленном его охлаждении от $t^{\circ}=1500^{\circ}$ до 20°C .

5.3. В соответствии с положением сплава на диаграмме дать ему название и подробную характеристику всех структурных составляющих.

5.4. Составить отчет.

6. Содержание отчета:

6.1. Наименование работы.

6.2. Цель работы

6.3. Задание.

6.4. Анализ диаграммы состояния

6.5. Диаграмма состояния Fe-Fe₃C, кривая охлаждения заданного сплава, его характеристика.

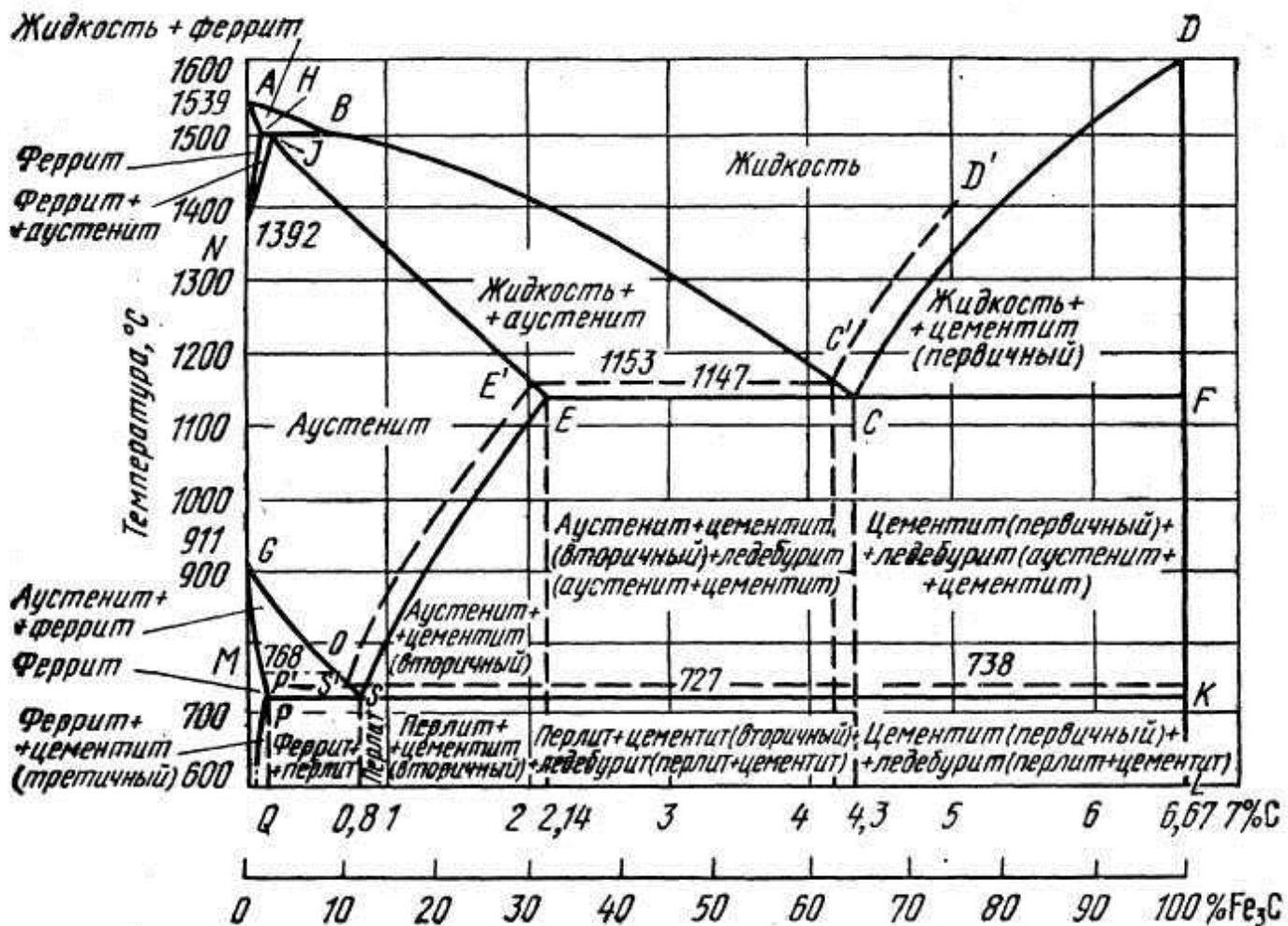


Рис. 1. Диаграмма состояния «железо-цементит»

7.Контрольные вопросы:

- 7.1. В чем состоит практическое значение диаграммы состояния железо-цементит?
- 7.2. При каких температурах начинается и заканчивается кристаллизация для заданного сплава?
- 7.3. Назовите и охарактеризуйте самую мягкую и самую твердую структуру диаграммы.
- 7.4. Как классифицируются стали и чугуны по диаграмме состояния железо-цементит?
- 7.5. Как изменяются механические свойства сплавов в зависимости от содержания углерода?

8.Список литературы:

- 8.1. Моряков О.С. Материаловедение: Учебник для СПО.– 5-е изд.- М.: Академия, 2023
- 8.2. Солнцев Ю.П. Материаловедение. Учебник для СПО. – М.: Академия, 2023.
- 8.3. Соколова Е.Н. Материаловедение. Лабораторный практикум. – М.: Академия, 2020.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Исследование влияния термической обработки на свойства стали

1. Цель работы: Ознакомиться с технологическим процессом термической обработки (ТО) и получить практические навыки проведения закалки углеродистой стали.

2. Оборудование:

- 2.1. Муфельная печь
- 2.2. Закалочный бак с водой
- 2.3. Закалочный бак с маслом
- 2.4. Прибор типа Роквелла
- 2.5. Образцы углеродистой стали
- 2.6. Клещи
- 2.7. Шлифовальная шкурка.

3. Литература

- 3.1. Вишневецкий Ю.Т. Материаловедение для технических колледжей. – М.: Лань, 2021
- 3.2. Соколова Е.Н. Материаловедение. Лабораторный практикум. – М.: Академия, 2022.

4. Краткие теоретические сведения

Термическая обработка – процесс тепловой обработки изделий из металлов и сплавов с целью изменения их структуры и свойств, заключающийся в нагреве до определенной температуры, выдержке и последующем охлаждении с заданной скоростью

Термическая обработка, заключающаяся только в термическом воздействии на металл или сплав, включает следующие основные виды: отжиг, закалку, отпуск, нормализацию.

При выполнении данной лабораторной работы будут рассматриваться вопросы закалки.

Закалка – вид термической обработки, при которой доэвтектоидные стали нагревают до температуры выше верхней критической линии A_{c3} на $30-50^\circ$, эвтектоидные и заэвтектоидные стали нагревают выше нижней критической линии A_{c1} на $30-50^\circ$, выдерживают при этой температуре, а затем быстро охлаждают.

Для конструкционных и инструментальных сталей и сплавов закалку проводят с целью повышения прочности, износостойкости и твердости.

Длительность нагрева и время выдержки зависит от нагревающей среды, от формы изделия, теплопроводности стали и времени, необходимого для завершения структурных превращений. Рекомендуемое время нагрева изделий из углеродистой стали приведено в таблице.

Ориентировочное время нагрева изделий в различных печах

| Тип печи | Температура печи в °С | Время нагрева изделия на 1 мм диаметра или толщины в сек | | |
|---------------------------|-----------------------|--|---------------------|------------------------|
| | | круглого сечения | квадратного сечения | прямоугольного сечения |
| Электропечь | 800 | 45—50 | 55—60 | 70—75 |
| Электропечь | 900 | 40—45 | 50—55 | 65—70 |
| Соляная ванна | 800 | 12—15 | 15—18 | 18—22 |
| Свинцовая ванна | 800 | 6—8 | 8—10 | 10—12 |
| Соляная ванна | 1300 | 6—8 | 8—10 | 10—12 |

При закалке важно действие охлаждающей жидкости. В качестве охлаждающей среды применяют воду при температуре 18°, 50° или 74°, растворы солей, эмульсию масла в воде, мыльную воду, минеральное машинное масло и др.

В результате закалки увеличивается удельный объем стали, вследствие чего возникают значительные остаточные напряжения. Для уменьшения или снятия внутренних напряжений, приведения неустойчивой структуры мартенсита в более устойчивую и получения требуемой твердости закаленную сталь подвергают отпуску

Структурные изменения в закаленной стали и происходящие при этом изменения свойств зависят от температуры отпуска. Отпуск может быть: низкий, средний и высокий.

Низкий отпуск получается при нагреве деталей от 150° до 300°. При таких температурах в структуре стали остается мартенсит, но с измененной решеткой, вследствие чего уменьшается твердость и внутренние напряжения и уменьшается пластичность. Низкому отпуску подвергают стальной инструмент.

Средний отпуск получают при нагреве изделий от 300° до 500°. Структура стали, отпущенной до этих температур, состоит в основном из троостита отпуска. Изделия приобретают высокую прочность и некоторую пластичность. Среднему отпуску подвергают различные детали машин, пружины, рессоры, пилы по дереву, косы и др.

Высокий отпуск получается при нагреве изделий от 500° до 700°. Структура стали, в этом случае состоит из сорбита отпуска. Сорбит мягче троостита, но тверже перлита. Чем выше температура отпуска, тем меньше твердость стали и тем выше ее пластичность и вязкость (особенно повышается ударная вязкость), поэтому закалку с высоким отпуском называют улучшением стали. Высокому отпуску подвергают конструкционные стали, от которых требуется прочность с пластичностью.

5. Задание:

- 5.1. Для заданных углеродистых сталей определить режим термической обработки.
- 5.2. Произвести термическую обработку образцов доэвтектоидной и заэвтектоидной стали.
- 5.3. Составить отчет о выполненной работе.

6. Порядок проведения работы

- 6.1. Определить твердость образцов углеродистой стали в исходном состоянии.
- 6.2. Начертить нижнюю левую часть диаграммы состояния железо - цементит, с указанием интервала закалочных температур, провести линии, соответствующие рассматриваемым

сплавам (сталь 40 с содержанием углерода 0,4% и сталь У10 с содержанием углерода 1%), определить температурный режим нагрева под закалку по формулам:

Для доэвтектоидной стали: $T_{\text{зак}}=[A_{c3}+(30...50)]^{\circ}\text{C}$

где: A_{c3} - верхняя критическая линия

Для эвтектоидной и заэвтектоидной стали: $T_{\text{зак}}=[A_{c1}+(30...50)]^{\circ}\text{C}$

где: A_{c1} - нижняя критическая линия

6.3. Провести термообработку.

6.4. Определить твердость образцов углеродистой стали после ТО.

6.5. Результаты работы оформить в виде протокола (приложение)

7. Содержание отчета:

7.1 Наименование работы

7.2 Цель работы

7.3 Перечень используемого оборудования

7.4 Задание

7.5 Порядок проведения работы

8. Контрольные вопросы

8.1. Назовите виды термической обработки

8.2. Отжиг, виды отжига.

8.3. Нормализация, ее назначение и температурный режим.

8.4. Закалка, ее назначение. Порядок расчета температуры закалки.

8.5. Отпуск, его назначение. Виды отпуска.

8.6. Опишите технологический процесс проведения закалки

8.7. Что такое мартенсит, перлит (структура), бейнит, троостит?

8.8. Что такое улучшение стали. Его цели и материалы, для которых улучшение используется.

Приложение № 1 к лабораторной работе № 3

| №№ пп | Марка стали | Со- дер- жа- ние уг- ле- рода в ста- ли | Диаметр или тол- щина об- разца | Твердость в исходном состоянии | | Темпера- тура за- калки, С° | Время нагрева при за- калке, мин | Твердость по- сле закалки в воде или мас- ле | |
|----------|------------------|--|--|--------------------------------------|----|-----------------------------------|--|---|----|
| | | | | HR В | НВ | | | HRC | НВ |
| 1. | Стал ь 40 | | | | | | | | |
| 2. | Стал ь У10 | | | | | | | | |

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Цветные металлы и сплавы

Цель: изучение цветных металлов, определение химического состава цветных металлов и их сплавов по их маркам.

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

Цветные металлы и сплавы широко применяются в различных областях промышленности. Цветные металлы и их сплавы обладают различными физико-химическими, механическими и технологическими свойствами, благодаря которым они нашли широкое применение: высокой устойчивостью против коррозии, электро- и теплопроводностью, способностью подвергаться различным видам обработки.

1. МЕДЬ И СПЛАВЫ НА ЕЕ ОСНОВЕ

МЕДЬ. По ГОСТ 859 — 2014 первичная техническая медь выпускается в виде катодов, слитков, полуфабрикатов, прутков, которые перерабатываются в круглые, квадратные, шестигранные горячекатаные и тянутые ленты, труб, проволоки электротехнической, фольги медной и рулонной и электролитической и медных порошков. Маркируется медь буквой М и цифрами, зависящими от содержания примесей. Медь марок М00 (0,01% примесей), М0 (0,05% примесей), М1 (0,1% примесей) используется для изготовления проводников электрического тока, медь М2 (0,3% примесей) — для производства высококачественных сплавов меди, М3 (0,5% примесей) - для сплавов обыкновенного качества.

В качестве конструкционного материала технически чистую медь применяют редко, так как она имеет низкие прочностные свойства, твердость.

Основными конструкционными материалами на основе меди являются сплавы латуни и бронзы.

БРОНЗЫ – Бронзы — это сплавы меди с оловом, алюминием, кремнием и другими элементами. Маркировка бронзы начинается с букв Бр.

По технологическому признаку бронзы делятся на деформируемые и литейные.

Деформируемые бронзы маркируются буквами Бр, после которых перечисляются легирующие элементы, а затем соответственно содержание этих элементов в процентах (табл. 1). Содержание меди определяется по разности от 100 %. Содержание всех этих элементов указывается в конце марки через тире в том же порядке, что и указанные легирующие вещества.

Пример:

БрОЦС4-4-4 – обрабатываемая давлением бронза с содержанием 4% олова, 4% цинка, 4% свинца, остальное – медь.

БрАЖНМц9-4-4-1 – обрабатываемая давлением бронза с содержанием 9% алюминия, 4% железа, 4% никеля, 1% марганца, остальное – медь.

БрОЦС 8-4-3 содержит 8 % Sn, 4 % Zn, 3 % Pb, остальное – медь.

В марке **литейной бронзы** после обозначения Бр стоят буквы, обозначающие легирующие элементы (табл. 2.2), и сразу после них – число весовых процентов данного элемента. (Иногда в конце марки стоит буква Л (литейная).

Пример:

Бр06Ц3Н6 – литейная бронза содержит 6 % Sn, 3 % Zn, 6 % Pb, 85 % Cu.

БрО5Ц5С5 – литейная бронза с содержанием 5% олова, 5% цинка, 5% свинца, остальное – медь.

БрА7Мц15Ж3Н2Ц2 – литейная бронза с содержанием 7% алюминия, 15% марганца, 3% железа, 2% никеля, 2% цинка, остальное – медь (ГОСТ 493–79).

Таблица 1 – Обозначение легирующих элементов в сплавах цветных металлов

| Буквенное обозначение расшифровка | Буквенное обозначение расшифровка |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| А – алюминий | Ж – железо |
| Б – бериллий | С – свинец |
| Мц – марганец | Мг – магний |
| Су – сурьма | Ср – серебро |
| К – кремний | Мш – мышьяк |
| Н – никель | Т – титан |
| Кд – кадмий | Х – хром |
| О – олово | Ц – цинк |
| Ф – фосфор | |

ЛАТУНИ. Сплавы меди с цинком называются латунями. По сравнению с медью латунь обладает более высокой прочностью, твердостью, упругостью, коррозионной стойкостью, меньшей пластичностью и высокими технологическими свойствами (литейными свойствами, деформируемостью и обрабатываемостью резанием.

Маркировка латуней начинается с буквы Л. В зависимости от назначения и метода обработки латуни делят на литейные (ГОСТ 17711–93) и обрабатываемые давлением (ГОСТ 15527–2004).

В марке латуни, обрабатываемой давлением, после буквы Л стоит содержание меди в весовых процентах. Затем идет перечень всех букв легирующих элементов (табл. 2.2), входящих в состав сплава. Содержание этих элементов (в вес.%), указывается в конце марки через тире в том же порядке, что и указанные легирующие вещества. Содержание главного легирующего элемента в латуни (цинк) получается как остаток до 100%.

Пример: ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5 – обрабатываемая давлением латунь содержит 75% меди, легирована 2% алюминия, 2% никеля, 0,5% кремния, 0,5% марганца, остальное – цинк (ГОСТ 15527–2004).

В марке литейной латуни после буквы Л стоит Ц и сразу указывается содержание цинка (в весовых %). Далее в таком же порядке приводятся остальные легирующие элементы (табл. 1 с их содержанием. Остальное – медь.

Пример: ЛЦ23А6Ж3Мц2 – литейная латунь с содержанием 23% цинка, 6% алюминия, 3% железа, 2% марганца, остальное – медь (ГОСТ 17711–93).

Медно-никелевые сплавы (ГОСТ 492-2006) обладают особыми физическими и химическими свойствами. Марка таких сплавов начинается с буквы М (медь), затем идут буквы легирующих элементов и в конце в том же порядке среднее содержание этих веществ в весовых процентах.

Пример: Сплав МНМц15-20 – медный сплав с содержанием 15% никеля и 20% марганца.

2. АЛЮМИНИЙ И СПЛАВЫ НА ЕГО ОСНОВЕ

3.

АЛЮМИНИЙ. В зависимости от чистоты различают алюминий особой чистоты: А999 (99,999 % Al); высокой чистоты:

А995 (99,995 % Al), А99 (99,99 % Al), А97 (99,97 % Al), А95 (99,95 % Al) и технической чистоты: А85, А8, А7, А6, А5, А0 (99,0 % Al) (ГОСТ 4784-97).

Алюминиевые сплавы классифицируют по технологии изготовления, способности к упрочнению термической обработкой и свойствам. Единой цифровой маркировки алюминиевых сплавов не существует, деформируемые, литейные и спеченные сплавы маркируются по-разному.

Деформируемые сплавы имеют буквенную и буквенно-цифровую маркировку, причем выбор букв и цифр производится случайным образом: сплав Al-Si-Cu-Mg, обозначается АВ (авиаль), сплав Al-Mn обозначается АМц, а сплав Al-Mg обозначается - АМг. Цифры, следующие за буквами, приблизительно соответствуют содержанию легирующего элемента.

Авиальми называют алюминиевые деформируемые сплавы тройной системы Al-Mg-Si, которые могут содержать так же другие легирующие элементы. Авиаль уступает дюралюминам по прочности, но имеет лучшую пластичность, предел выносливости с малой плотностью. Высокая пластичность после закалки облегчает обработку сплавов давлением. Из авиала изготавливают кованые и штампованные детали сложной формы.

К группе **деформируемых алюминиевых сплавов, не упрочняемых термической обработкой** относятся сплавы алюминия с марганцем АМц и магнием АМг. Сплавы отличаются невысокой прочностью ($\sigma = 110$ МПа), высокой пластичностью ($\delta = 30$ %), что обеспечивает хорошую обрабатываемость давлением, хорошую свариваемость и высокую коррозионную стойкость. Обработка резанием затруднена. Сплавы АМц и АМг применяются для сварных и клепаных элементов конструкций, испытывающих небольшие нагрузки, но требующие высокого сопротивления коррозии. Сплавы для сварных конструкций разделяют на две группы:

- алюминивно-марганцевые (марки АМц, АМц1);
- алюминивно-магниевые или магниалии (марки АМг2, АМг3, АМг4).

Буквы означают группу сплавов, цифры – порядковый номер (у алюминивно-марганцевых) или среднее содержание магния в процентах (у алюминивно-магниевых).

Пример:

АМц1 означает алюминивно-марганцевый сплав для сварных конструкций с порядковым номером 1;

АМг3 – алюминивно-магниевый сплав для сварных конструкций, содержащий 3% магния.

Дюралюмины – сплавы системы Al–Cu–Mg и системы Al–Cu–Mn. Деформируемые термически упрочняемые (закалка + старение) сплавы. Маркируются буквой Д и порядковым номером в ГОСТ 4784-97. Буква Д означает дюралюмин, цифра – порядковый номер сплава.

Пример: Сплав Д16– дюралюмин № 16.

Сплавы типа В95 – это высокопрочные (буква В) сплавы алюминия с добавками Zn, Mg, Cu. Цифры означают порядковый номер сплава. Марки: В88, В96

Ковочные алюминиевые сплавы маркируют следующим образом: АК2, АК4, АК8. Буквы АК означают алюминиевые ковочные сплавы, цифры – порядковый номер сплава.

Алюминиево-кремниевые сплавы (силумины) - группа литейных сплавов. Имеют малую усадку при кристаллизации расплава. Применяются для отливок корпусов разных механизмов, корпусов приборов, деталей бытовых приборов, декоративного литья маркируют в соответствии с ГОСТом 1583-93 буквами АЛ (алюминиевый литейный) и числом, соответствующим номеру сплава (при маркировке отливок). Марки силуминов: АЛ2, АЛ4, АЛ9.... Силумины, выпускаемые в чушках, маркируют буквами АК (сплавы системы алюминий-кремний) и числом, указывающим на среднее содержание кремния в процентах.

Пример: *АЛ9* означает алюминиевый литейный сплав (силумин) с условным номером 9.

АК12 означает алюминиевый литейный сплав (силумин) с содержанием кремния 12%

АК 9 означает алюминиевый литейный сплав (силумин) с содержанием кремния 9 %

3. МАГНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

Магниевые сплавы – это сплавы магния с алюминием, марганцем, медью, кремнием, бериллием, цинком, цирконием и т.д. Магниевые сплавы имеют буквенно-цифровую систему обозначения марок. Буквы указывают соответствующую группу, а цифры – порядковый номер сплава. Магниевые сплавы подразделяют на две группы:

- деформируемые (ГОСТ 14957-79);
- литейные (ГОСТ 2856-79).

Марки деформируемых сплавов: МА1, МА2, ... МА20.

Например: МА15 означает, марка магниевого деформируемого сплава с порядковым номером 15.

Марки литейных сплавов: МЛ3, МЛ4, ... МЛ19.

Пример: МЛ15 - магниевого литейный сплав с порядковым номером 15.

4. СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ ТИТАНА

5.

Маркировка титана в российской трактовке в большинстве случаев представляет собой букву «Т», указывающую на основной элемент и буквенные символы, идентифицирующие производителя. Исторически сложилась система маркировки титановых сплавов, отражающая наименование организации разработчика и порядковый номер разработки сплава.

Титановые сплавы выпускаются 14 марок

Марка ВТ означает «ВИАМ титан», затем следует порядковый номер сплава.

Марка ОТ означает «Опытный титан» - сплавы, разработанные совместно ВИАМом и заводом ВСМПО (г. Верхняя Салда, Свердловской области).

Марка ПТ означает «Прометей титан» - разработчик ЦНИИ КМ («Прометей», г. Санкт-Петербург.)

Если после порядкового номера сплава стоит буква С или через тире ноль или единица, то это указывает, что сплав модернизирован, изменен по химическому составу. Иногда в марку сплава добавляют буквы

- «У» - улучшенный,
 «М» - модифицированный,
 «И» - специального назначения,
 «Л» означает литейный сплав,
 «В» - сплав, где марганец заменен эквивалентным количеством ванадия.

Технический титан может маркироваться одной буквой «Т» с последующим указанием чистоты сплава в цифрах, при чём меньше по величине число указывает на более очищенный сплав.

Например, один из самых качественных титанов считается титан ВТ1-00, количество примесей в котором не превышает 0,1%, а чистого титана содержится 99,9%.

Среди наиболее популярных титановых сплавов, стоит отметить следующие металлы с соответствующей маркировкой:

- ВТ5 и ВТ5-1 – свариваемый сплав с содержанием алюминия 4%-6%;
- ОТ4, ОТ4-0 и ОТ4-1 – алюминиево-магниевый титановый сплав, отличающийся отличной свариваемостью;
- ВТ18, ВТ20 – жаростойкие сплавы с повышенным содержанием алюминия до 8%;
- ВТ22 – безалюминиевый титановый сплав, легированный ванадием (около 5%) и молибденом (около 5%);
- ВТ8, ВТ9 – термостойкие алюминиевые титановые сплавы с содержанием алюминия в промежутке от 4,5% до 7%;
- ВТ6, ВТ6С – алюминиевые сплавы с включением ванадия (3,5%-6%);
- ВТ15 – один из самых прогрессивных титановых сплавов, в состав которого входит хром (около 10%), молибден (7%-8%) и алюминий (около 3,5%).

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Запишите в тетрадь номер работы, тему и цель.
2. Внимательно изучите справочный материал.
3. Дать расшифровку марок сплавов цветных металлов и их сплавов по вариантам.

| 1 вариант | 2 вариант |
|-------------------------|---------------------|
| Марка сплава | Марка сплава |
| БрОЦС 4-4-4 | МЛ4 |
| Л96 | Д1 |
| БрС30 | АМг3 |
| ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5, | ЛО62-1 |
| ЛЖС58-1-1 | ЛМцА57-1-1 |
| БрО4Ц4С17 | БрА71Мц15Ж3Н2Ц2 |
| БрО6Ц6С3 | БрО10Ф1 |
| АК9 | АК7 |
| АМг3 | АМг4 |
| Д16 | ВТ5 |
| ОТ4 | Д1 |
| АМц 1 | МА 15 |
| ЛАЖ 60-1-1 | Л63 |
| БрАЖ9-4 | БрАЖН10-4-4 |
| БрКМц3-1 | БрК4 |
| БрОЦСН 3-7-5-1 | БРАЖМц 10-3-1 |
| АЛ2 | АЛ5 |
| МЛ10 | МЛ5 |
| ВТ5Л | ВТ14Л |

4. Ответьте на вопросы

Контрольные вопросы для самостоятельной работы

1. Запишите пропуски в тексте. Для выполнения задания используйте информационный банк.

Чистая медь – металл розовато-красного цвета. Ее плотность составляет _____, температура плавления - _____. В отожженном состоянии ее предел прочности _____, относительное удлинение _____, твердость _____.

2. Почему руды цветных металлов называют полиметаллическими?

3. Допишите определение: сплав меди с оловом, алюминием, никелем и другими элементами называется _____.

4. Используя информационный банк, запишите марки литейных и деформированных сплавов титана:

литейные _____

деформируемые _____

5. Опишите основные свойства меди.

6. Какие примеси меди значительно снижают пластичность и электропроводность?

7. Как влияет кислород, висмут, сера на структуру и свойства меди?

8. Опишите влияние цинка на свойства латуней.

9. Опишите влияние легирующих элементов на свойства бронз.

10. Какие принципы положены в основу маркировки латуней и бронз?

11. Как по маркировке отличить алюминиевые сплавы для литья (силумины) от сплавов для пластического деформирования (дюралюмины)? Всегда ли это возможно?