

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пономарева Светлана Викторовна  
Должность: Проректор по УР и НО  
Дата подписания: 26.09.2023 14:50:24  
Уникальный программный ключ:  
bb52f959411e64617366ef2977b97e87139b1a2d



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

**АВИАЦИОННЫЙ КОЛЛЕДЖ**

УТВЕРЖДАЮ

Директор колледжа

А.И. Азарова

личная подпись                      инициалы, фамилия

«    »    2020 г.

Рег. № \_\_\_\_\_

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по выполнению практических работ

по дисциплине ОП.05 Материаловедение

для обучающихся по специальности

15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств  
(по отраслям)

Ростов-на-Дону

2020

Преподаватель Авиационного колледжа ДГТУ

\_\_\_\_\_ И. А. Золотухина  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии  
«Общепрофессиональных дисциплин»

Протокол №\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Председатель цикловой комиссии

\_\_\_\_\_ Л.Н. Гончарова  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Методические указания предназначены для обучающихся по специальности:

15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств  
(по отраслям)

## Содержание

Пояснительная записка.....	4
Практическая работа №1 «Построение кривой охлаждения сплава системы железо-углерод по заданным параметрам процентного содержания и температуры».....	6
Список литературы.....	11

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению заданий практических занятий составлены в соответствии с содержанием рабочей программы по дисциплине ОП.05 - «Материаловедение» для студентов, специальностей технического профиля.

Практические занятия проводятся после изучения соответствующих разделов и тем учебной дисциплины. Для успешного выполнения заданий, студенты могут воспользоваться учебными материалами из списка рекомендуемой литературы.

Целью практических занятий является закрепление теоретических знаний и приобретение практических умений и навыков.

### **Требования к оформлению отчета**

Каждый обучающийся после выполнения заданий практических занятий должен представить отчет о проделанной работе, который является формой контроля знаний и умений обучающегося.

Если обучающийся не выполнил практическую работу или часть работы, то он может выполнить работу или оставшуюся часть во внеурочное время, согласованное с преподавателем.

Работа выполняется на листах формата - А4, машинописным текстом с обязательной нумерацией страниц. Титульный лист считается первым, но он не нумеруется.

### **Требования к машинописному тексту:**

- шрифт - TimesNewRoman;
- размер шрифта - 12 или 14мм;
- интервал между строк – 1,5 мм
- выравнивание – по ширине страницы;
- абзацный отступ – 1,25 см.
- размер полей: верхнее поле– 2 см, нижнее – 2 см,
- левое поле – 3 см, правое – 2 см.

**Титульный лист** считается первым, но он не нумеруется (используется особый

колонтитул для первого листа),

Нумерация страниц - внизу, в правом углу.

**Отчет по каждому практическому занятию должен содержать:**

- номер практического занятия (например, Практическое занятие № 1);

- тему занятия;

- цель занятия;

- номер выполняемого задания и ответ на него.

Если задание подразумевает отработку практических навыков или сдачу нормативов, то в ответе необходимо указать полученные результаты

Каждый следующий отчет оформляется на новой странице

## Практическая работа №1

### «Построение кривой охлаждения сплава системы железо-углерод по заданным параметрам процентного содержания и температуры»

#### *Цель работы.*

Ознакомление с принципами построения диаграмм состояния сплавов, изучение диаграммы состояния железо-цементит и превращений в железоуглеродистых сплавах в равновесных условиях.

#### *Задание.*

Начертите диаграмму состояния сплавов железо-углерод, укажите параметры основных точек, структуру сплава в каждой области. Кратко опишите, что собой представляет феррит, аустенит, цементит, перлит, ледебурит. Опишите, какие процессы произойдут со сплавом с заданным процентом содержания углерода при охлаждении его от 1600° С до 20° С. Какие структуры имеет сплав в точках 1 и 2 и определить процент содержания углерода при температуре соответствующей точке 2 в найденных структурах. Исходные данные взять в таблице согласно Вашему варианту (Таблица 1).

Таблица.

№ варианта	Содержание углерода, %	Температура в точке 1, °С	Температура в точке 2, °С	№ варианта	Содержание углерода, %	Температура в точке 1, °С	Температура в точке 2, °С	№ варианта	Содержание углерода, %	Температура в точке 1, °С	Температура в точке 2, °С
1	0,3	1400	750	11	1,7	1300	900	21	2,2	1200	800
2	2,7	1100	700	12	1,9	1000	800	22	1,4	1300	900
3	0,5	1300	600	13	1,3	1150	750	23	2,0	1050	650
4	2,5	1100	900	14	0,4	1300	600	24	1,6	1350	750
5	0,7	1200	650	15	2,8	1100	650	25	2,4	1100	650

6	2,3	1300	950	16	0,6	1200	700	26	0,3	1300	550
7	0,9	1150	700	17	2,6	1150	650	27	2,7	1200	650
8	1,5	1350	650	18	1,0	1000	700	28	0,5	1100	750
9	1,1	1220	750	19	1,8	900	550	29	2,5	1300	850
10	2,1	1100	650	20	1,2	1050	650	30	0,8	1500	750

### *Теоретические сведения*

Сущность методов построения диаграммы состояния сводится к нахождению критических точек при нагреве или охлаждении металлов и сплавов. Критическими точками называются температуры, при которых начинаются и/или заканчиваются какие-либо превращения в сплавах. Критические точки определяются при охлаждении сплавов и связаны с изменением скорости охлаждения.

Определив экспериментально критические точки серии сплавов, строят полную диаграмму состояния в координатах "температура – концентрация".

Диаграмма состояния железо-цементит (рис.1) охватывает сплавы, содержащие углерод в количестве от 0 до 6,67 %.

При содержании 6,67 % углерода он образует химическое соединение с железом  $Fe_3C$  – карбид железа, называемый также **цементитом**.

Один из компонентов сплавов, а именно железо – имеет несколько аллотропических модификаций: до 911 °С железо имеет объёмно-центрированную кубическую (ОЦК) кристаллическую решетку с периодом 0,286 нм, в интервале температур 911-1392 °С – гранецентрированную кубическую (ГЦК) кристаллическую решетку, а выше 1392 °С – снова объёмно-центрированную кубическую кристаллическую решетку, но с другим периодом – 0,293 нм.

В зависимости от содержания углерода железоуглеродистые сплавы подразделяются на: техническое железо (до 0,02 % С), углеродистые стали (от 0,02 до 2,14 % С) и чугуны (от 2,14 до 6,67 % С).

Стали в свою очередь подразделяются на доэвтектоидные (0,02-0,8 % C), эвтектоидные (0,8 % C), заэвтектоидные (0,8-2,14 % C). Чугуны бывают доэвтекктическими (2,14-4,3 %C), эвтекктическими (4,30 % C), заэвтекктическими (4,30-6,67 % C).

Процессы, происходящие в сплавах при их фазовых превращениях, подчинены общему закону равновесия, который носит название правила фаз или закон Гиббса и выражает зависимость числа степеней свободы системы (вариантность) «С» от количества компонентов «К», фаз «Ф» и внешних переменных факторов «N» в условиях равновесия.

$$C=K-\Phi+N$$

При рассмотрении равновесия в металлических сплавах, находящихся под воздействием атмосферного давления, единственным внешним переменным фактором является температура и поэтому  $N = 1$ . Система железо-цементит является двухкомпонентной, то есть  $K = 2$ . Отсюда следует, что:

$$C=K-\Phi+1=3-\Phi$$

Для построения кривой охлаждения (или нагрева) сплава прежде всего необходимо найти на концентрационной оси диаграммы состояния координату, соответствующую содержанию углерода в сплаве. Затем из найденной точки следует восстановить перпендикуляр до области существования жидкой фазы. Кривая охлаждения (или нагрева) строится справа от диаграммы состояния в координатах температура (ось абсцисс) - время (ось ординат). Масштаб оси времени произвольный, а масштаб оси температуры такой же, как и на диаграмме состояния.

Во время охлаждения сплава в нем происходят фазовые превращения. Каждое превращение протекает за определенный промежуток времени, поэтому соответствующие им участки кривой охлаждения имеют различные углы наклона по отношению к горизонтальной оси.

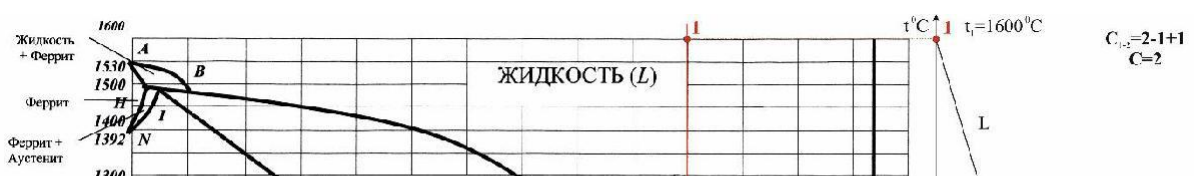




Рис. 1. Диаграмма состояния системы железо – цементит (слева) и кривая охлаждения чугуна, содержащего 5 % углерода (справа)

Чем быстрее происходит превращение, тем круче кривая. Перитектическое, эвтектическое и эвтектоидное превращения идут во времени при постоянной температуре (так как  $C = 0$ ), следовательно им на кривой охлаждения будут соответствовать горизонтальные участки (температурные сотановки).

Построение кривой охлаждения рассмотрим на примере чугуна, содержащего 5 % углерода (рис. 1).

Восстанавливаем перпендикуляр из отметки 5 % углерода на оси абсцисс до точки 1, находящейся в области жидкого состояния сплавов. Переносим пунктиром температуру точки 1 на ось температур нашего графика. В точке 1 рассматриваемый сплав находится в жидком состоянии (то есть существует только одна фаза - жидкий раствор углерода в железе L), следовательно вариантность системы

$$C=2-1+1$$

При двух степенях свободы равновесие в системе не нарушается даже при одновременном изменении температуры и концентрации сплава в определенных пределах. При понижении температуры в сплаве не будет происходить никаких превращений, и температура будет падать быстро, кривая охлаждения идет круто вниз до точки 2.

Точкой 2 обозначено пересечение нашей вертикали с линией CD диаграммы состояния, соответствующей началу кристаллизации цементита.

Следовательно, в сплаве появляется вторая фаза - цементит, число степеней свободы уменьшается ( $C=2-2+1$ ), кривая охлаждения станет более полой до температуры, соответствующей следующей критической точке **3**. На участке кривой **1-2** указываем фазовое состояние сплава “**L**” и число степеней свободы, равное  $C=2$ , соответственно на участке **2-3** фазовое состояние “**L+Ц**”, а число степеней свободы  $C=1$ . При изменении температуры в пределах точек **2** и **3** изменяется соотношение между жидкой и твердой фазами, но равновесие не нарушается.

Точка **3** (пересечение вертикали с линией **ECF**) соответствует эвтектическому превращению, то есть совместной кристаллизации цементита и аустенита с образованием ледебурита. При этом одновременно существуют три фазы - жидкость, цементит и аустенит (в данном случае фаза аустенита входит в состав сплава ледебурита **Л (А+Ц)** в итоге **L+Ц+A**, следовательно, число степеней свободы  $C=2-3+1$ , и система нонвариантная, три фазы могут находиться в равновесии только при строго постоянной температуре. На кривые охлаждения это отражено отрезком **3-3'**.

Между точками **3** и **4** сплав имеет двухфазное состояние (аустенит и цементит). При температуре, соответствующей точке **4**, в сплаве происходит эвтектоидное превращение, аналогичное эвтектическому. Отличие только в том, что в нем участвуют только твердые фазы - аустенит, цементит и феррит (феррит является одной из фаз, входящих в сплав Перлита **П(Ц+Ф)**). На кривые охлаждения делаем соответствующие записи.

#### *Содержание отчета*

1. Диаграмма состояния железо-цементит с обозначением критических точек и областей диаграммы.
2. Кривая охлаждения (или нагрева) сплава с заданной концентрацией углерода.
3. Описание превращений сплава.
4. Определение феррита, аустенита, цементита, перлита, ледебурита.

#### *Контрольные вопросы*

1. Что такое фаза?
2. Что называется структурной составляющей?
3. Дайте определения понятиям: феррит, аустенит, цементит, перлит, ледебурит.
4. Что такое критическая точка?
5. Как обозначаются критические точки?
6. Что такое эвтектическое превращение?
7. Чем эвтектоидное превращение отличается от эвтектического?
8. Напишите и расшифруйте правило фаз.
9. Как строятся кривые охлаждения?

#### *Список литературы*

1. Адашкин А.М. Материаловедение машиностроительного производства. В 2 ч. Часть 1: Учебник для СПО, учебник для СПО, 2020
2. Адашкин А.М. Материаловедение машиностроительного производства. В 2 ч. Часть 2: Учебник для СПО, учебник для СПО, 2020
3. Плошкин В.В. Материаловедение: учебник для СПО, учебник для СПО, 2020
4. Биронт, В. С. Теория термической обработки металлов [Текст] : учебник / В. С. Биронт. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 540 с.
5. Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов: учеб.для техникумов и колледжей. – СПб: Политехника, 2009.