

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 31.01.2021 00:21:44  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии  
УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова  
« 31.01.2021 г. »  


### Основы материаловедения

Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе  
по курсу «Основы материаловедения» для студентов направления подготов-  
ки 18.03.01 - Химическая технология

Курск 2018

УДК 620.171.3; 67.03  
Составитель: С.Д. Пожидаева

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *Н.А. Борщ*

**Основы материаловедения:** методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе по курсу «Основы материаловедения» для студентов направления подготовки 18.03.01 - Химическая технология/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Д. Пожидаева. Курск, 2018. 31 с. табл.18. рис.12

Содержат методические указания к выполнению практической и самостоятельной работы.

Приведены содержание и объём практических работ, а также методика их проведения, основные методы решения задач, что помогает понять теоретические положения курса. В методические указания включены вопросы для повторения пройденного материала.

Методические указания соответствуют требованиям программы для студентов направления 18.03.01 - Химическая технология

Методические указания соответствуют требованиям программы.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *1.02.18* Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. *1,8* Уч.-изл. *8,6* Тираж 50 экз. Заказ. *624* Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр
Введение	4
1 Практическая работа №1. Количественная оценка степени разрушения элементов оборудования из металлов и сплавов при контакте с кислыми средами	4
2 Практическое занятие № 2. Анализ диаграммы состояния железо – углерод.	10
Практическое занятие № 3. Изучение микроструктуры сталей	14
Практическое занятие №4. Определение макроструктуры сплавов	19
Практическое занятие №5. Определение пористости композиционных материалов	23
Практическая работа № 6. Изучение диаграмм состояния сплавов	27
Библиографический список	31

## Введение

Методические указания предназначены для формирования у студента представления о конструкционных материалах, а именно: общей классификации материалов (металлических и неметаллических) и области их применения; основных свойствах металлов и сплавов, получения сведений о характеристике полимеров, пластмасс и их компонентов, способах переработки и областях; древесных конструкционных материалах; неорганических конструкционных материалах.

Выполнение работ и обработка результатов помогут закрепить теоретические знания по дисциплине, в частности, запомнить основные термины и понятия материаловедения, оценки материалов, изделий и технологических процессов; приобрести навыки проведения анализа сырья, материалов и готовой продукции, проводить конструкторско-технологический выбор материала.

Используемые в методических указаниях подходы действенны для формирования действительного моста между фундаментальными и технологическими дисциплинами в плане преемственности, подходов и использования достижений отдельных дисциплин при решении практических задач.

В методических указаниях приводятся практические работы для закрепления теоретических знаний по дисциплине

### Практическая работа №1.

Количественная оценка степени разрушения элементов оборудования из металлов и сплавов при контакте с кислыми средами

Процессы спонтанного разрушения элементов оборудования можно оценивать по кинетическим кривым убыли массы металла, рассчитывая средние скорости разрушения металлов данных условиях. Скорость разрушения (в мм/год) можно рассчитать по формуле

$$П = \frac{k}{\rho} \cdot 10^{-3},$$

где  $k$  – потеря массы ( $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ );  $\rho$  - плотность металла,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

### Задачи для решения под контролем преподавателя

1. По полученным кривым разрушения металла (сплава) (рисунок 1), получить сведения о средних скоростях разрушения ме-

галла (сплава)  $W, \frac{\Gamma_{\text{металла(сп лав а)}}}{\text{кг}_{\text{металла(сп лав а)}} \cdot \tau}$

Максимальное время проведения процесса приведено в таблице 1.

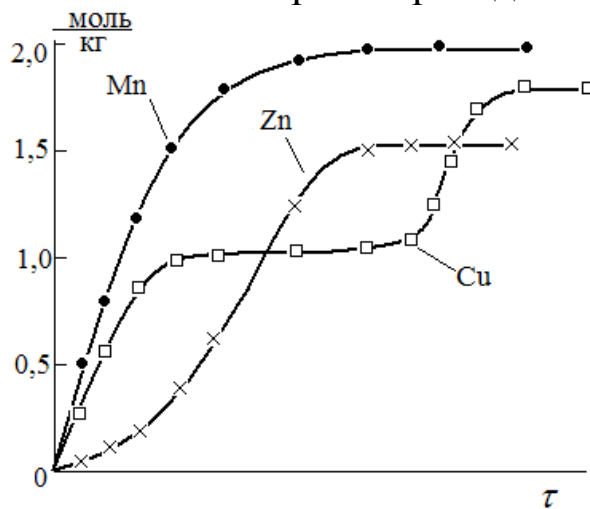


Рисунок 1 - Экспериментальные кривые разрушения металла

Таблица 1 - Максимальное время проведения процесса

Металл	марганец	цинк	медь
Максимальное время, мин	60	120	240

2. По полученным кривым разрушения сплава (рисунок 2), получить сведения об остаточной массе, если первоначальная масса составляла 250 г.

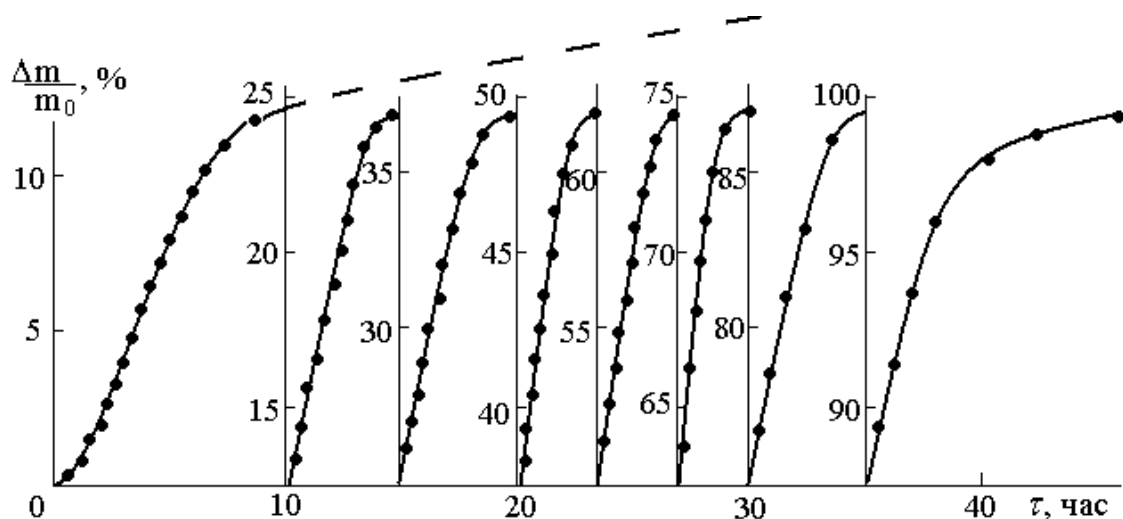


Рисунок 2 - Реализация процесса разрушения детали с многократным промежуточным удалением твердой фазы из реакционной смеси

3. По полученным кривым разрушения раздробленной меди (рисунок 3) оценить влияние природы окислителя на скорость разрушения  $W, \frac{\text{МОЛЬ}_{\text{металла}}}{\text{кг}_{\text{металла}} \cdot \tau}$ .

Построить круговую диаграмму оценки влияния природы присутствующего в системе окислителя

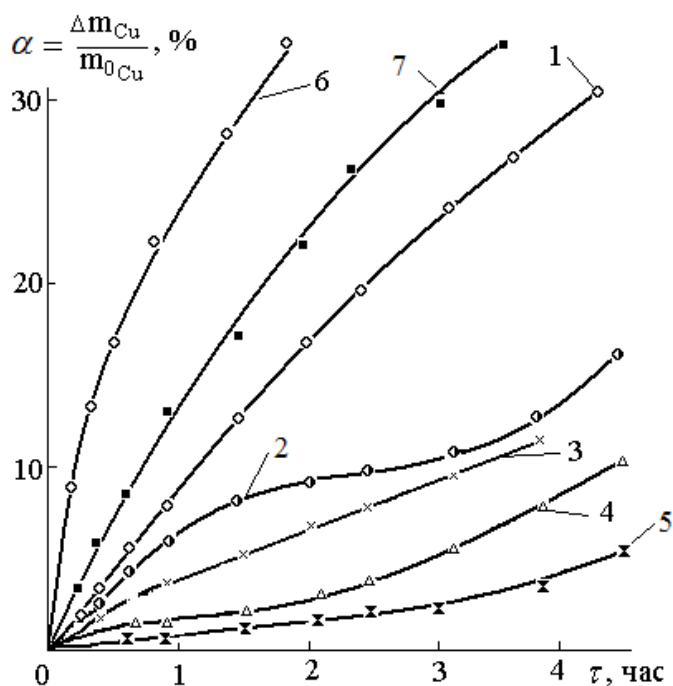


Рисунок 3- Кинетические кривых разрушения раздробленной меди в зависимости от природы присутствующего в системе окислителя:

1- FeCl<sub>3</sub>; 2 – MnO<sub>2</sub>; 3- Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; 4 - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (γ-оксид); 5 – Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; 6- жидкая фаза (фильтрат) поз.2; 7 - жидкая фаза (фильтрат Fe(OCOCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)

4. По кинетическим кривым разрушения металла(сплава) (рисунок 4) и данным о природе металла (сплава) (таблица 2) рассчитать средние скорости их разрушения  $W$ ,

$$W = \frac{\Gamma_{\text{металла(сплав)}}}{\text{кг}_{\text{металла(сплав)}} \cdot \tau}$$

Общее время проведения процесса 300 мин

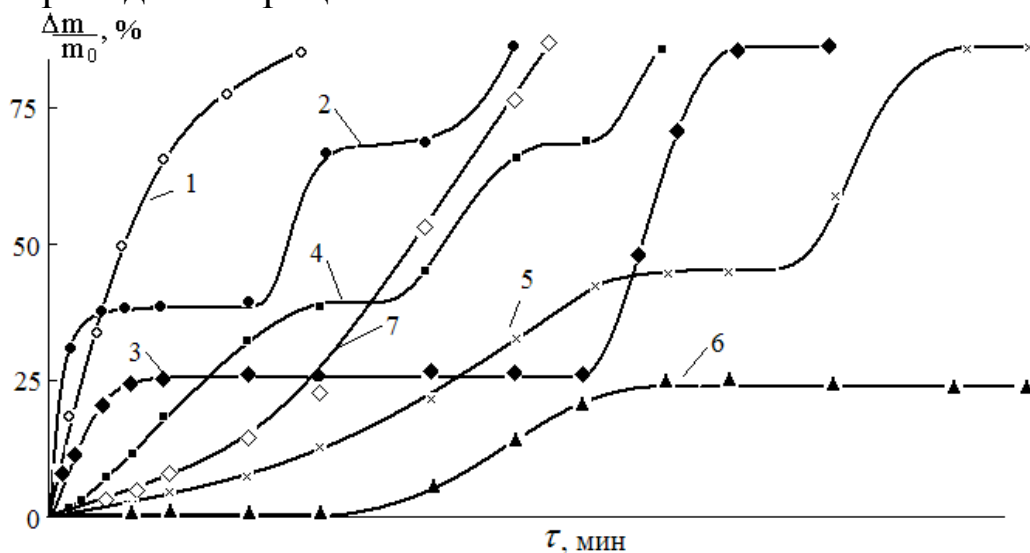


Рисунок 4 - Варианты полученных кинетических кривых расходования металла (сплава)

Таблица 2 - Природа металла на кинетических кривых расходования

№	1	2	3	4	5	6	7
Металл	марганец	цинк	бронза	латунь	олово	алюминий	оцинкованное железо

## Задачи для индивидуальной и самостоятельной работы

1. По полученным экспериментальным данным разрушения стали 20 в растворах масляной кислоты при температуре кипения (рисунок 5), рассчитать потерю массы в год ( $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ ) и степень разрушения образца стали 20 (данные образца представлены в таблице 3) для всех указанных точек. По полученным данным построить зависимость  $\alpha = f(\tau)$ .

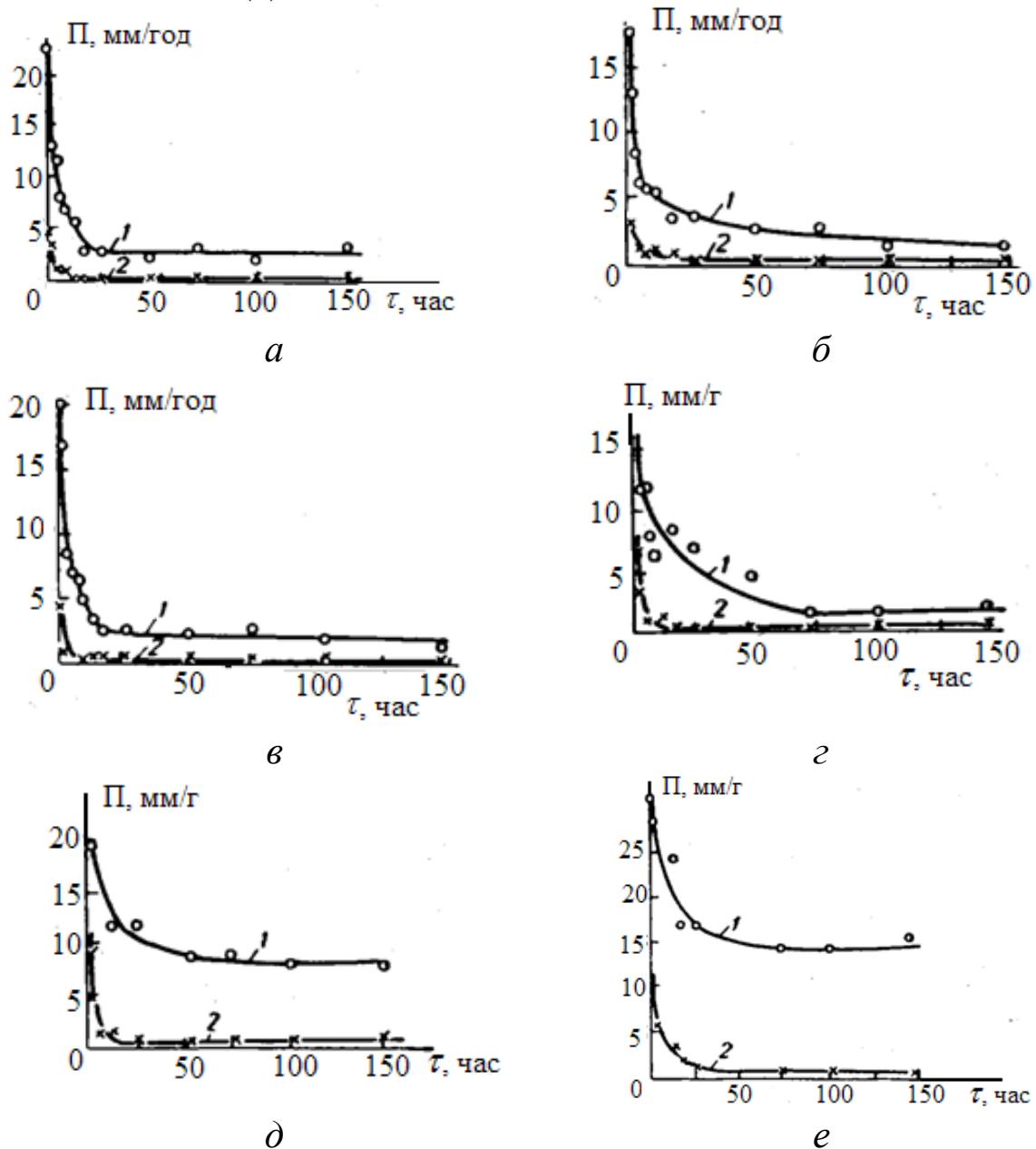


Рисунок 5 - Экспериментальные данные разрушения стали 20 в растворах масляной кислоты при температуре кипения (1 – в водных растворах; 2 – в масляных растворах); содержание кислоты (% по массе):

$a$  - 1;  $b$  - 3;  $в$  - 5;  $г$  - 10;  $д$  - 15;  $e$  - 25

Таблица 3–Данные разрушаемого образца (при расчете умножить на порядковый номер по списку)

№ варианта	Форма образца	параметры					масса, г
		стороны, мм			высота, мм	радиус, мм	
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>			
1	квадрат	120	-	-	-	-	
2	прямоугольник	70	150	-	-	-	
3	трапеция	50	30	-	40	-	
4	прямоугольный треугольник	10	40	-	-	-	
5	треугольник	41	55	50	-	-	
6	равносторонний треугольник	16	-	-	-	-	
7	параллелограмм	32	-	-	40	-	
8	круг	-	-	-	-	38	
9	правильный шестиугольник	16					

2. По полученным кривым разрушения металла (рисунок 2), получить сведения об остаточной массе металла, если природа металла и его первоначальная масса представлена в таблице 4. Определить среднюю скорость расходования  $W$ ,  $\frac{\text{моль}_{\text{металла}}}{\text{кг}_{\text{металла}} \cdot \text{ч}}$  на каждом этапе.

Таблица 4 –Сведения о природе металла и его первоначальной массе к заданию 2

№	Природа металла	Масса, г	№	Природа металла	Масса, г
1	цинк	116	7	медь	222
2	алюминий	58	8	медь	78
3	медь	320	9	цинк	56
4	олово	145	10	алюминий	18
5	свинец	224	11	алюминий	12
6	марганец	67	12	олово	84

3. По кинетическим кривым разрушения металлов (рисунок 6) определить для 4-х произвольных интервалов времени:

1) скорость расходования  $W$ ,  $\frac{\text{моль}_{\text{металла}}}{\text{кг}_{\text{металла}} \cdot \text{ч}}$

2) скорость расходования  $W$ ,  $\frac{\Gamma_{\text{металла(сп лава)}}}{\text{кг}_{\text{металла(сп лава)}} \cdot \text{мин}}$

3) среднюю скорость расходования как среднее арифметическое из полученных значений

4) сравнить полученные значения со значением скорости разрушения, полученным на момент прекращения процесса. Сделать соответствующие выводы.



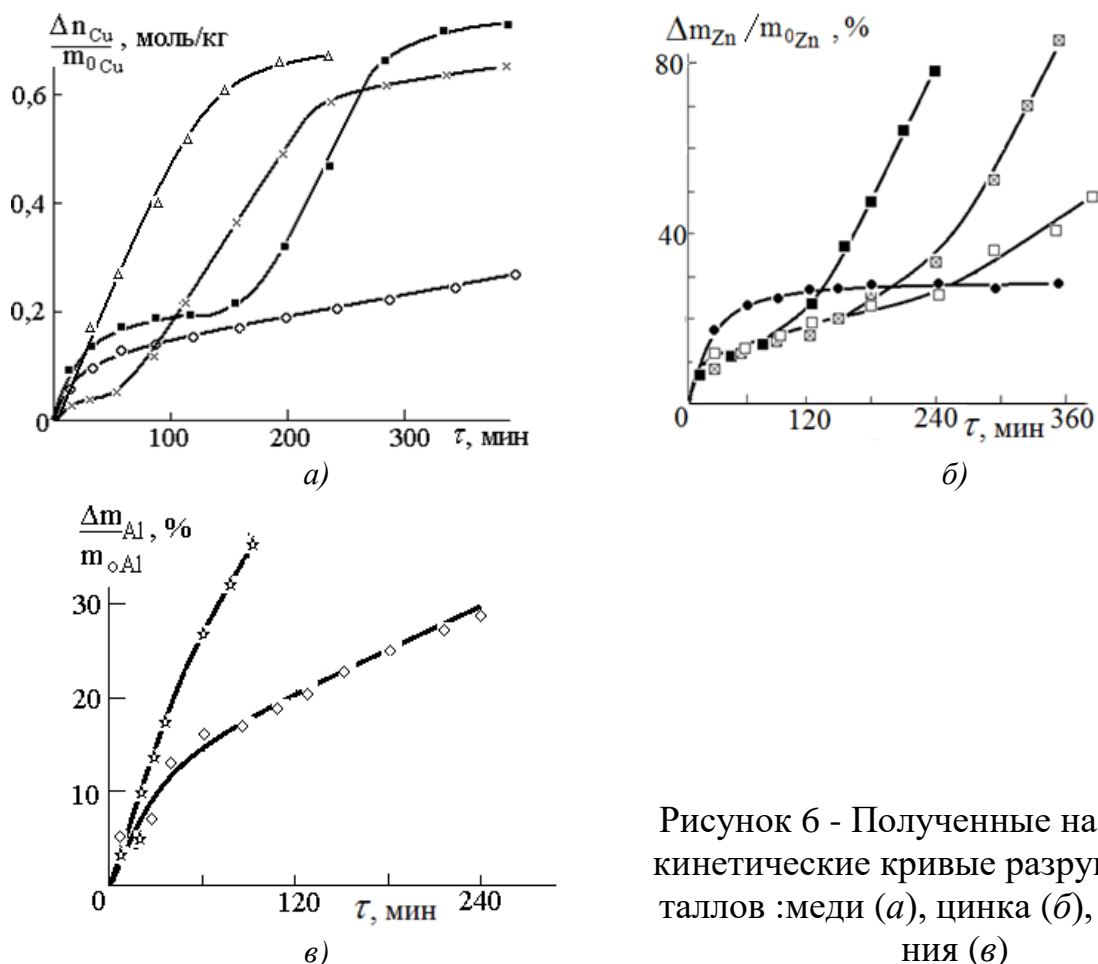


Рисунок 6 - Полученные на практике кинетические кривые разрушения металлов :меди (а), цинка (б), и алюминия (в)

4. По данным, представленным в таблице 5, определить степень разрушения цинковой детали в данных условиях. Масса детали 58 г.

Таблица 5 – Влияние природы кислого реагента на характеристики разрушения цинка в водной фазе в бисерной мельнице ( $\tau=2,5$  часа)

Кислый реагент	$W_{ср}$ , $\frac{\text{моль}}{\text{кгZn} \cdot \text{час}}$	Кислый реагент	$W_{ср}$ , $\frac{\text{моль}}{\text{кгZn} \cdot \text{час}}$	Кислый реагент	$W_{ср}$ , $\frac{\text{моль}}{\text{кгZn} \cdot \text{час}}$
Муравьиная	3,41	Фумаровая	0,60	н-Амиловый	0,67
Фтороводородная	3,07	Янтарная	0,56	Гидросульфат калия	1,13
Аминоксусная	2,14	Салициловая	0,32		
Уксусная	1,21	Пропионовая	0,67	Гидросульфат натрия	0,93
Янтарная	1,17	Пропиловый	2,30	Гидрокарбонат натрия	0,56
Малеиновая	1,03	Метиловый	1,59		
Адипиновая	1,02	Этиловый	1,04	Гидросульфит натрия	0,42
Молочная	1,00	Фенол	0,88		
Трихлоруксусная	0,89	н-Бутиловый	0,79		
Ортофосфорная	0,70	и-Пропиловый	0,74		

### Вопросы к практической работе №1

1. Классификация металлов.

2. Объясните, какие свойства относятся к физическим?
3. Объясните, какие свойства относятся к механическим?
4. Какими показателями характеризуются: а)прочность; б)пластичность.
5. Какие свойства металлов относятся к технологическим? Приведите примеры.
6. Какие свойства металлов относятся к эксплуатационным? Приведите примеры.
7. Что такое твердость? Какие системы измерения твердости Вы знаете?
8. Методика расчета скорости разрушения металла в процессе механического разрушения.
9. Связь скорости разрушения металла со степенью разрушения металла.
10. Понятие о скорости разрушения металла и о средней скорости разрушения металла.
11. Методика получения кинетических кривых расщедования металла на практике.

## **Практическое занятие № 2**

Анализ диаграммы состояния железо – углерод.

Цель занятия: научиться анализировать диаграмму состояния Fe-Fe<sub>3</sub>C и пользоваться ей для решения практических задач.

Задание:

1. Изучить диаграмму состояния «Fe-Fe<sub>3</sub>C» (рисунок 7).
2. Перечертить диаграмму в рабочую тетрадь и привести расщедировки основных ее точек.
3. Перечислить основные фазы сплава и привести их краткую характеристику.
4. Привести в виде схемы структурную классификацию железоуглеродистых сплавов.
5. Сделать основные выводы по работе и подготовить устные ответы на контрольные вопросы.

Диаграмма состояния «железо-цементит» характеризует фазовый состав железоуглеродистых сплавов (сталей и чугунов) в равновесном состоянии, т.е. при медленном охлаждении, когда в сплавах успевают произойти диффузионные процессы, сопровождающиеся фазовыми превращениями.

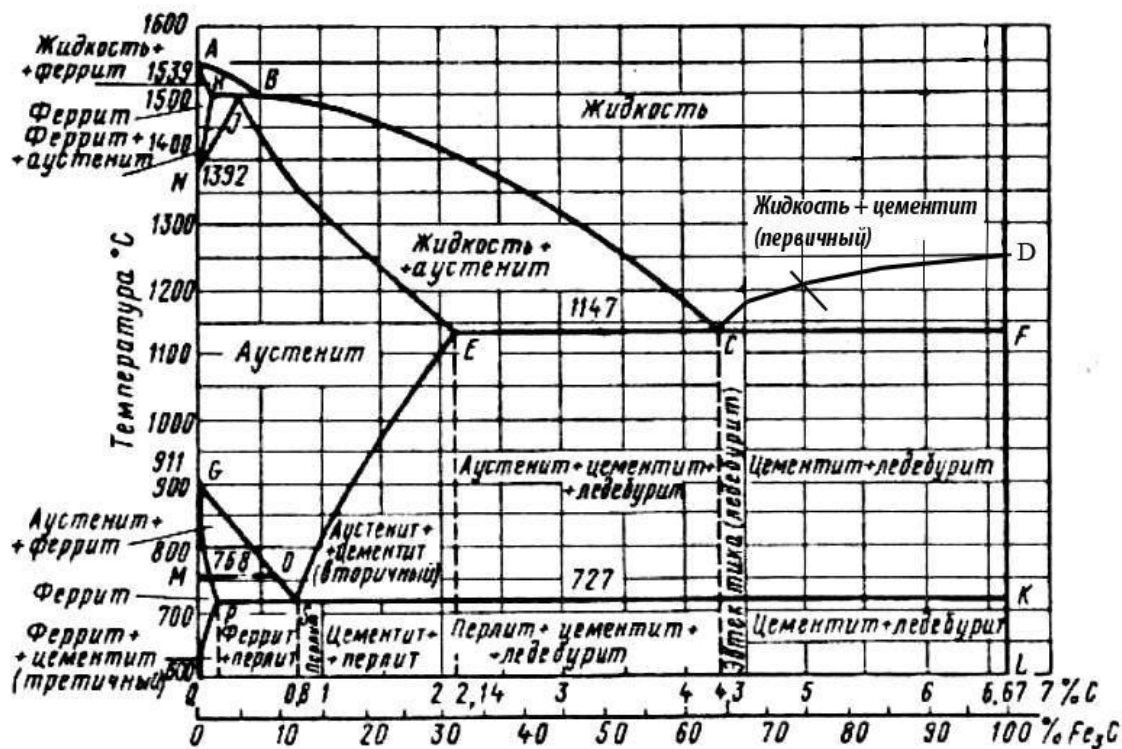


Рисунок 7 – Фазовая диаграмма состояния «Fe-Fe<sub>3</sub>C»

Описание диаграммы представлено в виде таблицы 6.

Таблица 6 - Узловые точки диаграммы «железо-цементит»

Обозначение	Координаты точки			Примечания
	C, %	Fe <sub>3</sub> C, %	t, °C	
A	0	0	1539	Точка плавления чистого железа
H	0,1	1,5	1499	Предельная концентрация углерода в высокотемпературном феррите
J	0,16	2,4	1499	Концентрация углерода в аустените при перитектическом превращении
B	0,51	7,6	1499	Концентрация углерода в жидком сплаве при перитектическом превращении
N	0	0	1392	Точка высокотемпературного $\gamma \leftrightarrow \alpha$ превращения железа
D	6,67	100	1260 1550	Точка плавления чистого цементита (данные разнятся)
E	2,14	32,1	1147	Предельная концентрация углерода в аустените
C	4,3	64,5	1147	Эвтектическая точка сплава
F	6,67	100	1147	Правый конец эвтектической линии ECF
G	0	0	911	Точка низкотемпературного $\gamma \leftrightarrow \alpha$ превращения железа
P	0,02	0,3	727	Предельная концентрация углерода в низкотемпературном феррите
S	0,8	12,0	727	Эвтектоидная точка сплава
K	6,67	100	727	Правый конец эвтектоидной линии PSK
Q	0,006	0,09	500	Минимальная растворимость углерода в низкотемпературном феррите
L	6,67	100	500	Нижний конец вертикали цементита DFKL

Оси диаграммы состояния: ось абсцисс имеет двойную маркировку: в массовых долях углерода (0-6,67%); в массовых долях цементита (0-100%), ось ординат промаркирована в градусах Цельсия

(600-1539°C), начало оси ординат диаграммы состояния со значением температуры 600 градусов связано с тем, что до 600°C в Fe-C сплавах не наблюдаются фазовые превращения.

Линии диаграммы состояния: ликвидус ABCD; солидус ANJECF; перекристаллизация (полиморфные превращения) HN, JN, GS, GP; изотермические превращения: HJB (перитектическое), ECF (эвтектическое), PSK (эвтектоидное).

Фазы и структурные составляющие Fe-C сплавов представлены в таблице 7, а структурная классификация железоуглеродистых сплавов в таблице 8

Таблица 7- Фазы и структурные составляющие Fe-C сплавов

Термин	Определение, характеристика
<b>Феррит</b>	<b>Феррит</b> ( $Fe_{\alpha}(C)$ , Ф) – твердый раствор углерода в $\alpha$ -железе. Ф. существует в сплавах при температуре ниже 727°C. При 727°C Ф. содержит 0,02% углерода, при 20°C – 0,006% углерода.
<b>Аустенит</b>	<b>Аустенит</b> ( $Fe_{\gamma}(C)$ , А) – твердый раствор углерода в $\gamma$ -железе. А. существует в сплавах при температуре выше 727°C. При 727°C А. содержит 0,8%С, при 1147°C – 2,14%С.
<b>Цементит</b>	<b>Цементит</b> ( $Fe_3C$ , Ц) – карбид железа, химическое соединение. При всех температурах существования Ц. содержит 6,67%С. В зависимости от условий образования различают три вида Ц.: первичный Ц <sub>I</sub> , образующийся из жидкой фазы в виде игольчатых кристаллов, вторичный Ц <sub>II</sub> , третичный Ц <sub>III</sub> , образующийся из твердой фазы в виде сетки.
<b>Ледебурит</b>	<b>Ледебурит</b> (Л=А+Ц) – механическая смесь аустенита и цементита (эвтектика). Л. содержит 4,3% С. При температуре ниже 727°C аустенит ледебурита распадается на перлит и цементит.
<b>Перлит</b>	<b>Перлит</b> (П=Ф+Ц) – механическая смесь феррита и цементита (эвтектоид). П. содержит 0,8%С. П. имеет постоянный фазовый состав: П=0,88Ф+0,12Ц.

Таблица 8- Структурная классификация железоуглеродистых сплавов

С, %	Название сплава	Структура при комнатной температуре	Применение сплавов
0,006 – 0,02	Техническое железо	Ф+Ц <sub>III</sub>	Сердечники трансформаторов
0,02 – 0,8	Дозэвтектоидная сталь	Ф+П	Полуфабрикаты для деталей машин и конструкций
0,8 – 2,14	Заэвтектоидная сталь	П+Ц <sub>II</sub>	Режущий, деформирующий и мерительный инструмент
2,14 – 4,3	Дозэвтектический (конструкционный) чугун	1. Ферритная – Ф+Г 2. Ферритно-перлитная Ф+П+Г 3. Перлитная – П+Г	Фасонные отливки
4,3 – 6,67	Заэвтектический чугун	(П+Ц)+Ц <sub>I</sub>	Исследовательские сплавы

**Примечания:**  
1. Сокращения: Ф=Fe<sub>α</sub>(С) – феррит; П=(Ф+П) – перлит; Ц<sub>I</sub>, Ц<sub>II</sub>, Ц<sub>III</sub> – цементит (первичный, вторичный, третичный).  
2. Структура конструкционных чугунов характеризуется структурой матрицы и формой графитных включений (пластинчатый, хлопьевидный и шаровидный графит).

Метастабильная диаграмма состояния железо-углерод относится к случаю полной растворимости компонентов в жидком со-

стоянии выше линии ликвидуса ABCD и ограниченной растворимости углерода в железе в твердом состоянии.

Железо модификаций  $\alpha$  и  $\gamma$  имеет соответственно кристаллические решетки объемноцентрированного куба (ОЦК) и гранецентрированного куба (ГЦК). В связи с наличием у железа полиморфных превращений на диаграмме состояния железо-углерод образуются три области твердых растворов углерода в железе:

- область NJESGN твердого раствора  $\gamma$  (аустенита А), т.е. раствора углерода в  $Fe_\alpha$  (ГЦК);

- две области QPGQ и ANNA твердого раствора  $\alpha$  (феррита Ф), т.е. раствора углерода в  $Fe_\alpha$  (ОЦК).

В правой части метастабильной диаграммы состояния железо-углерод имеется узкая область DFKLD твердого раствора небольшого количества железа в химическом соединении  $Fe_3C$ , т.е. цементита Ц.

Следовательно, в сплавах метастабильной диаграммы состояния железо-углерод 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.

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

### Вопросы к практической работе №2

1. Что такое феррит?
2. Что такое аустенит?
3. Что такое цементит ?
4. Что такое ледебурит ?
5. Что такое перлит ?
6. Что такое техническое железо?
7. Что такое доэвтектоидная сталь ?
8. Что такое заэвтектоидная сталь ?
9. Что такое доэвтектический чугун ?
10. Что такое заэвтектический чугун ?
11. Назовите фазовый состав доэвтектоидной стали.
12. Назовите фазовый состав заэвтектоидной стали.

13. Назовите фазовый состав доэвтектического чугуна.
14. Назовите фазовый состав заэвтектического чугуна.

### **Практическое занятие № 3**

#### **Изучение микроструктуры сталей**

Микроанализ - изучение строения поверхностей шлифованных, полированных и протравленных образцов - микрошлифов с помощью металлографических оптических микроскопов при увеличениях обычно от 100 до 1000, а в случае использования электронного микроскопа до 100 тыс. Микроанализ проводится на специально подготовленных образцах, называемых микрошлифами, и состоит из следующих этапов: приготовление шлифов, их травление и исследование с помощью металлографического микроскопа.

Наблюдаемое при этом строение поверхности шлифа называется микроструктурой. Микроструктура разных по химическому составу материалов и после их различной обработки отличается по размеру, геометрической форме, цвету, взаимному расположению отдельных структурных составляющих.

С помощью микроанализа можно решать важные для производства и научного исследования вопросы о том, как был изготовлен изучаемый сплав (деталь), какой предварительной обработке он подвергался, находится ли сплав в равновесном состоянии, во многих случаях определить вид термической обработки сплава и, следовательно, какими свойствами он может обладать.

Микроанализ основан на использовании законов отражения и поглощения световых лучей от поверхности непрозрачных металлических материалов. Полированная металлическая поверхность отражает направленные на нее перпендикулярно световые лучи и видна в окуляр микроскопа как светлая. При наличии в материале неметаллических составляющих структуры они видны как темные, так как поглощают световые лучи.

Приготовление микрошлифов состоит из следующих операций: вырезки образцов, подготовки их поверхности, шлифования и полирования. Микрошлифы вырезают обычно небольших размеров (круглые – диаметром 10 – 20 мм, прямоугольные – 10x10, 10x20 мм), высота шлифов может быть 15 – 20 мм. Вырезается образец из той части изделия или заготовки, которая представляет интерес для исследования.

Шлифование проводят последовательно шлифовальной бума-

гой различного сорта. Начинают шлифование бумагой с крупным зерном абразива и заканчивают бумагой с наиболее мелким зерном. Направление движение образца по шлифовальной бумаге при смене ее сорта следует изменять на  $90^{\circ}$ . Это необходимо для удаления рисок, полученных при шлифовании на предыдущей бумаге.

Механическое полирование производится на вращающемся круге с натянутым или наклеенным полировальным материалом (фетр, бархат, тонкое сукно), на который непрерывно или периодически наносят абразивное вещество с частицами очень малых размеров (окись алюминия, окись железа, окись хрома). После полирования образец промывают водой, полированную поверхность протирают ватой, смоченной спиртом, а затем просушивают фильтровальной бумагой или легким протиранием сухой ватой.

Травление шлифов. Нетравленный полированный шлиф металла под микроскопом имеет блестящую светлую поверхность. Только неметаллические включения (оксиды, силикаты и др.), поры и графитные включения наблюдаются на нем в виде темных участков. После определения неметаллических и графитных включений шлиф подвергают травлению определенным химическим реактивом для выявления микроструктуры сплава.

После травления чистого металла и однофазного сплава можно определить форму и размер зерна вследствие неодинакового травления пограничных участков и остальной части.

Для травления шлифов применяют много различных реактивов. Широко используются для черных металлов: 2 - 4% раствор азотной кислоты в спирте, который применяется для выявления структуры сталей и чугунов после различных видов термической или химико-термической обработки; 3 - 4% раствор пикриновой кислоты в этиловом спирте, окрашивающий цементит в темный свет.

Для алюминиевых сплавов широко используется 0,5% - раствор фтористой кислоты в воде; для медных сплавов - 8% - аммиачный раствор  $\text{CuCl}_2$  и 3% - раствор  $\text{FeCl}_3$  в 10% - ном растворе  $\text{HCl}$ . Реактив наливают в стеклянную чашку и погружают в него микрошлиф на 6 - 20 секунд. Затем промывают его водой, просушивают фильтровальной бумагой и просматривают под микроскопом. Если структура выявлена неотчетливо, шлиф травят дополнительно, если структура слишком затемнена, его снова слегка полируют и травят.

После травления однофазного сплава или чистого металла можно определить форму и размеры зерен вследствие неодинако-

вой травимости пограничных участков и остальной части зерна. Сплавы, имеющие две или более фазы, выявляются под микроскопом из-за различной травимости структурных составляющих. Структурными составляющими железоуглеродистых сплавах являются феррит, аустенит, цементит, перлит, ледебурит и графит.

Включения графита, нарушая сплошность металлической матрицы и являясь концентраторами напряжений, отрицательно сказываются на механических свойствах чугуна. Для анализа применяется микроскоп. Микрошлиф помещается на предметный столик исследуемой поверхностью вниз. Грубую наводку объектива на поверхность образца, производят путем вертикального перемещения предметного столика с помощью макрометрического винта. Закрепив с помощью винта положение предметного столика, точную наводку на фокус осуществляют посредством вращения микрометрического винта. Увеличение микроскопа подбирают путем комбинации объективов и окуляров, при этом увеличение микроскопа определяется умножением увеличения объектива на увеличение окуляра.

У сталей в равновесном состоянии имеются следующие фазы (таблица 9).

Таблица 9 – Фазы стали

фаза	обозначение	состав
жидкий раствор	(Ж)	на основе железа.
феррит	(Ф)	твердый раствор углерода и легирующих элементов в железе $Fe_{\alpha}$ с кристаллической решеткой объемно-центрированного куба (ОЦК). Феррит имеет твердость НВ 80-90, пластичен (относительное удлинение 50 %).
аустенит	(А)	твердый раствор углерода и легирующих элементов в железе $Fe_{\gamma}$ с кристаллической решеткой гранцентрированного куба (ГЦК).
цементит	(Ц)	раствор небольшого количества железа в карбиде железа $Fe_3C$ .
Перлит	(П)	в виде темных (коричневых) участков, состоящий из ферритной основы и кристаллов цементита пластинчатой формы (пластинчатый перлит).
Ледебурит	(Л)	в виде пестрых бело-темных участков, состоящий из белого цементита -основы и темного перлита в виде округлых или удлиненных частиц (ниже $727^{\circ}C$ ).



Перечень основных видов сталей по государственным стандартам приведен в таблице 10.

Таблица 10 - Перечень основных разновидностей сталей по государственным стандартам

№№ ГОСТа	Наименование стандарта
380-88	Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
535-88	Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия.
1050-88	Прокат сортовой, калиброванный со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия.
1414-75E	Прокат из конструкционной стали высокой обрабатываемости резанием. Технические условия
1435-90	Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали
4543-71	Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.
5632-72	Прутки и полосы из инструментальной легированной стали. Технические условия Прокат из рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали. Технические условия. Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия.

Многочисленные стали разных марок, отличающиеся химическим составом, по микроструктуре в равновесном состоянии разделяются на шесть основных структурных классов (таблица 11).

Таблица 11 - Структурные классы сталей в равновесном состоянии

Структурный класс стали	Химический состав		Микроструктура	Типовое применение в машиностроении
	Углерод C	Типичные легирующие элементы		
Доэвтектоидные стали	$C_p < C < C_s$	Cr, Mn, Ni и др.	Феррит + перлит	Конструкционные стали
Эвтектоидные стали	$C = C_s$	Cr, W, V и др.	Перлит	Инструментальные стали
Заэвтектоидные стали	$C_s < C < C_E$	Cr	Перлит и карбиды вторичные	Инструментальные стали
Стали карбидного (ледебуритного) класса	$C_E < C < 2,14\%$	Хром, вольфрам (до 6...12 %)	Перлит, карбиды первичные и вторичные	Инструментальные стали
Стали аустенитного класса	Десятые доли и менее	Никель, марганец (до 13...20 %)	Аустенит легированный	Коррозионно-стойкие стали. Жаропрочные стали
Стали ферритного класса		Кремний, хром	Феррит легированный	Электротехнические стали. Кислотостойкие стали

Перечень микрошлифов сталей с типичными примерами описания микроструктуры приведен в таблице 12, а сама микроструктура на рисунке 8.

Таблица 12 - Перечень микрошлифов сталей (типовые примеры)

№ Микрош.	Материал	Химический состав, %		Структурный класс	Описание микроструктуры
		углерод С	другие компоненты		
<b>УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ</b>					
1.	Углеродистая качественная конструкционная сталь 20, ГОСТ 1050-88	0,20	-	Дозвтектоидная сталь	Светлые зерна феррита и темные участки перлита
2	Инструментальная нелегированная сталь У8, ГОСТ 1435-90	0,80	-	Эвтектоидная сталь	Перлит пластинчатый
3.	Инструментальная нелегированная сталь У8, ГОСТ 1435-90, после отжига	0,80	-	Эвтектоидная сталь	Перлит зернистый
4.	Инструментальная нелегированная сталь У10, ГОСТ 1435-90	1,00	-	Зазвтектоидная сталь	Темные участки перлита и светлая тонкая сетка вторичного цементита
<b>конструкционные стали со структурными неоднородностями</b>					
5.	Сталь конструкционная после перегрева	0,40	-	Дозвтектоидная сталь	Крупные темные участки перлита и светлая широкая сетка феррита
6	Сталь конструкционная с полосчатостью феррито-перлитной структуры	0,25	-	Дозвтектоидная сталь	Перлит и феррит расположены в виде чередующихся полос.
7	Сталь инструментальная с обезуглероживанием поверхностного слоя	0,80	-	Эвтектоидная сталь	Перлит в сердцевине, феррит и перлит в поверхностном слое
<b>ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ</b>					
8	Легированная конструкционная сталь 40Х, ГОСТ 4543-71	0,40	0,8...1,1 Cr	Дозвтектоидная сталь	Темные участки перлита и светлый феррит
9	Инструментальная легированная сталь Х12, ГОСТ 5950-73	2,0	11,5...13,0 Cr	Сталь карбидного класса	Перлит мелкозернистый, крупные белые первичные карбиды и более мелкие вторичные карбиды
10.	Коррозионностойкая сталь 12Х17, ГОСТ 5632-72	менее 0,12	16...18 Cr	Сталь ферритного класса	Светлые зерна легированного феррита
11.	Коррозионностойкая сталь 12Х18Н10Т, ГОСТ 5632-72	менее 0,12	17...19 Cr; 9...11 Ni; не более 0,5 Ti	Сталь аустенитного класса	Светлые зерна легированного аустенита

## Контрольные вопросы

1. Понятие микроанализа и микроструктуры материалов.

2. Что представляют собой феррит, цементит, перлит, ледебурит?
3. Какие структурные классы имеют стали?
4. Применение и механические свойства сталей.

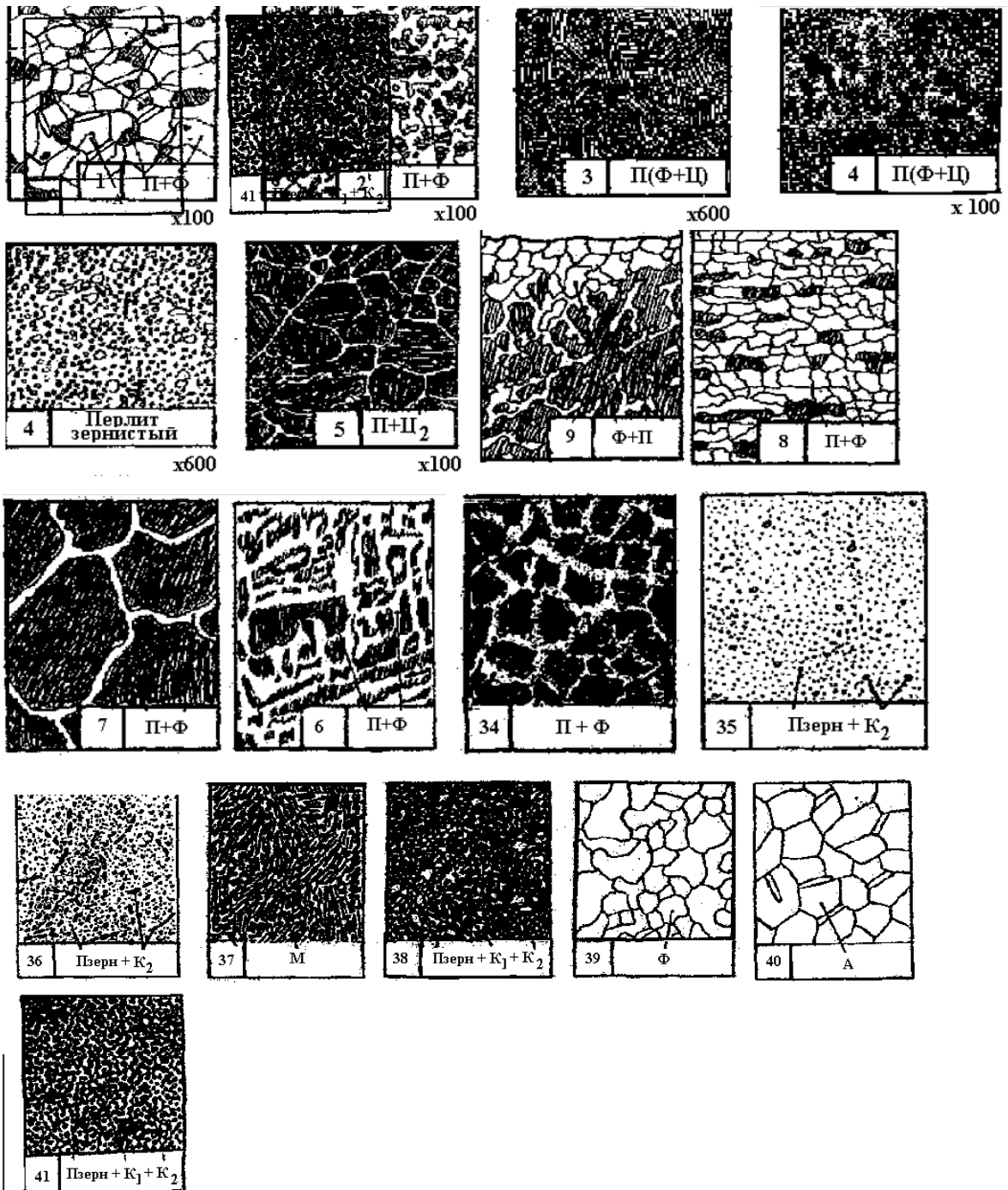


Рисунок 8 – Пример микроструктуры сталей

### Практическое занятие №4

#### Определение макроструктуры сплавов

Цель работы: изучить методику проведения макроанализа; изучить основные виды дефектов выявляемых при помощи макро-

анализа; изучить методику проведения микроструктурного анализа; приобрести навыки анализа макроструктуры и микроструктуры черных и цветных сплавов. В настоящей работе студент знакомится с методикой проведения макроструктурного анализа, а так же приобретает практические навыки изучения изломов, макрошлифов и выявления ликвации в образцах сталей.

При выполнении работы необходимо:

- 1) ознакомиться с методикой приготовления и травления макрошлифов;
- 2) изучить коллекцию изломов, макрошлифов и сварных швов;
- 3) изучить основные пороки, наблюдаемые в металле;
- 4) написать отчет о работе в соответствии с вышеуказанными пунктами задания.

В настоящей работе студент знакомится с процессом приготовления микрошлифов, изучает устройство металлографического микроскопа. При выполнении работы необходимо:

- 1) изучить и зарисовать микроструктуру образцов;
- 2) написать отчет по работе в соответствии с вышеуказанными пунктами задания.

Макроструктурный анализ - один из основных методов исследования, который проводится с целью изучения макроструктуры и выявления макродефектов металлов и сплавов. Этот анализ осуществляется внешним осмотром поверхностей изделий, изломов и макрошлифов невооруженным глазом или при небольшом увеличении (до 30 раз) с помощью лупы.

Макроструктурный анализ применяется для выявления поверхностных (трещин, наружных пор) и внутренних дефектов (усадочных рыхлостей и раковин, газовых пузырей, шлаковых включений), а также дендритного строения литого металла, расположения волокон в паковках, химической и структурной неоднородности, качества сварки и для исследования макроструктуры термически обработанных изделий.

Исследование поверхностей металла. При осмотре поверхностей слитка, заготовки или изделия обнаруживаются: трещины, сколы, отслаивание, разъедание и другие дефекты (таблица 13).

Изломом называется поверхность, по которой произошло разрушение образца или детали.

Таблица 13 – Виды дефектов при исследовании поверхностей металлов

Вид дефекта	Описание
<b>Трещины</b>	
Продольные поверхностные трещины слитка	образуются вследствие возникновения напряжений в поверхностном слое кристаллизующегося металла на начальной стадии затвердевания жидкого сплава
Поперечные трещины	появляются вследствие зависания слитка в изложнице при приварке в отдельных местах
Трещины в фасонных стальных отливках	образуются в результате разрыва металла под влиянием напряжений термического характера
Трещины на стальных поковках и заготовках	следствие загрязнения слитка неметаллическими включениями (высокое содержание серы), а также наличия литейных дефектов на его поверхности.
Шлифовочные трещины	в виде сетки на поверхности закаленных изделий появляются вследствие возникновения больших растягивающих напряжений при неправильных режимах шлифования.
Пузыри (вздутия) поверхности цементованных деталей	связаны с поверхностным наводороживанием в процессе газовой цементации и наличием металлургических дефектов стали.
<b>Изломы</b>	
Вязкий излом (волокнистый)	имеет пепельно-серый цвет; на поверхности разрушения отсутствуют кристаллические фасетки; разрушению предшествует значительная пластическая деформация, в связи с этим по излому можно судить о форме и размере зерна.
Хрупкий излом	характеризуется наличием на поверхности блестящих плоских фасеток, образовавшихся в условиях разрушения путем отрыва; делят на транскристаллические (разрушение по объему зерен) и интеркристаллические (межзерновое разрушение); различают крупнокристаллические и мелкокристаллические изломы с соответственно крупными и мелкими фасетками на поверхности излома.
Усталостный излом	состоит из очага разрушения, зоны постепенного усталостного распространения трещины и зоны долома (кристаллического и волокнистого строения); вид излома характеризуется наличием концентрических (дуговых) линий.
Шиферный излом	получил название по аналогии с изломом листа шифера или сланца горных пород, легко раскалывающихся по плоскости в одном направлении
Нафталинистый излом	характеризуется крупнозернистостью и наличием своеобразного блеска, напоминающего блеск чешуек нафталина, указывает на повышенную хрупкость стали; обнаруживается чаще всего у быстрорежущей стали

Макрошлифом называется специальный образец (темплет), вырезанный в определенном месте детали (заготовки) и имеющий плоскую шлифованную (полированную) поверхность, которая в зависимости от цели исследования протравливается специальным реактивом.

Вследствие неодинаковой травимости различных структурных составляющих на макрошлифах выявляются и изучаются форма и размеры кристаллов волокнистость структуры после обработки металлов давлением (рисунок 9), глубина отбела в чугунах, глубина закаленного слоя в сталях, дефекты сварных соединений, дефекты химико-термической обработки, усадочные раковины и пористость, шлаковые включения и т. д.

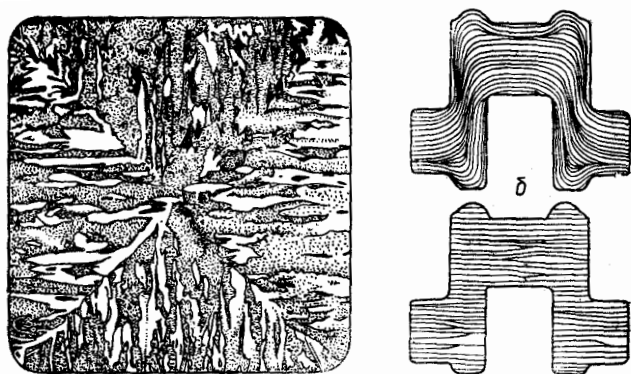
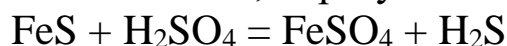
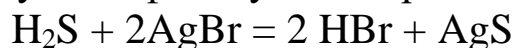


Рисунок 9 - Макро-структура: а – литой стали (поперечное сечение стали); б – кованой детали; в – детали, вырезанной из проката

Специальными методами травления можно выявить химическую неоднородность сплава - ликвацию. В стали наиболее склонны к ликвации углерод, фосфор, сера. Для выявления ликвации серы, являющейся, как и фосфор, вредной примесью, пользуются методом Баумана. При этом лист фотобумаги смачивается 5%-ным раствором серной кислоты и плотно прижимается к поверхности темплета. В результате реакции серы, находящейся в стали в виде сернистого железа, образуется сероводород:



взаимодействуя с бромистым серебром фотоэмульсии, сероводород образует на фотобумаге сернистое серебро темного цвета:



После промывки, фиксации в 10%-ном растворе гипосульфита, повторной промывки и сушки по опечатку можно судить о распределении серы по сечению изделия (рисунок 10)

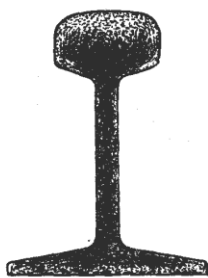


Рисунок 10 -Ликвация серы в стали

Для выполнения задания студенту предоставляется коллекция изломов, макрошлифов и сварных швов. При осмотре образцов следует обратить внимание на характерные особенности поверхностей разрушения образцов и расположение волокон на макрошлифах. Выявление ликвации осуществляется на темплетях с плоской шлифованной поверхностью, вырезанных из деталей (заготовок).

#### Контрольные вопросы

1. Как и с какой целью проводится анализ макроструктуры металла?
3. Назовите основные виды изломов металла.
3. Приготовление макрошлифов?
4. Сущность микроанализа. Основные стадии приготовления микрошлифов.
5. Что представляет собой феррит, аустенит, цементит, перлит, ледебурит, графит?
6. Изобразите графически структурные составляющие железоуглеродистых сплавов.
7. Какова форма графита в сером, ковком и высокопрочном чугунах и как зависят механические свойства чугунов?

#### Практическое занятие №5.

##### Определение пористости композиционных материалов

Цель работы: изучить методы определения площади поверхности пор в пористом материале.

##### Задачи для решения под контролем преподавателя

1. Какое количество (л) аммиака при 289 К и давлении 1 атм может адсорбироваться на поверхности 45 г активного угля, если вся поверхность полностью покрыта аммиаком? Поверхность 1 г активированного угля  $1000 \text{ м}^2$ . Диаметр молекулы  $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ . Молекулы касаются друг друга в плоскости так, что центры четырех соседних сфер расположены в углах квадрата.

2. Вычислите площадь поверхности катализатора, 1 г которого при образовании монослоя адсорбирует  $103 \text{ см}^3$  азота (при 1 атм и 273 К). Адсорбция измеряется при 78 К, эффективная площадь занятая молекулами азота на поверхности,  $16,2 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$ .

3. Объем газообразного азота  $V_m$  при  $1,04 \cdot 10^5 \text{ Па}$  (750 мм.рт.ст.) и 273 К, необходимый для покрытия образца силикагеля мономолекулярным слоем, 129 мл/г. Вычислите площадь поверхности 1 г силикагеля, если молекула азота занимает площадь  $16,2 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$ .

4. Активная площадь поверхности древесного угля достигает  $1000 \text{ м}^2$  на 1 г угля. Рассчитать, сколько фосгена (мг) поглотится  $10 \text{ м}^2$  угля, если 1 г угля адсорбирует  $440 \text{ см}^3$  газа.

### Задачи для индивидуальной и самостоятельной работы

1. Активная площадь поверхности 1 г силикагеля составляет  $465 \text{ м}^2$ . Рассчитать, сколько молекул брома поглощается  $1 \text{ см}^2$  поверхности адсорбента при адсорбции на 10 г силикагеля 5 мг брома.

2. При температуре 298 К на пористом материале была снята изотерма адсорбции бензола. Плотность бензола при  $20^\circ\text{C}$  равна  $0,878 \text{ г/л}$ , площадь, занимаемая одной молекулой бензола в монослое  $30,3 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$ . Рассчитайте удельную поверхность материала по данным таблицы 14.

Таблица 14 - Данные об адсорбции бензола на активированном угле.

$P/P_s$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$\frac{P}{V(P_s - P)}$	0,19	0,23	0,35	0,42	0,5	0,6

3. Определить требуемые значения для соответствующего пористого материала по данным, представленным в таблице 15.

3. Рассчитайте удельную поверхность пористого материала по данным таблицы 16.

### Контрольные вопросы:

1. Микроскопический аспект и его применение для изучения свойств поверхности.
2. Поверхности кристаллов, нанокластеров и сорбентов.
3. Процесс организации тонкопористых и крупнопористых сорбентов на примере силикагелей.
4. Типы сорбентов. Их особенности.
5. Особенности примесных атомов на поверхности. Их роль в характеристике поверхности.



Таблица 15 - Зависимость количества адсорбированного вещества от давления при разных условиях

№	Вещество	материал	T, К	P, Па	Г	Примечание
1	Диоксид углерода	уголь	273	$1,35 \cdot 10^4$	0,150	Значение адсорбции в моль/г
				$2,63 \cdot 10^4$	0,275	
				$3,38 \cdot 10^4$	0,380	
				$5,30 \cdot 10^4$	0,470	
				$7,94 \cdot 10^4$	0,620	
2	Диоксид углерода	слюда	155	$4,8 \cdot 10^{-1}$	$1,22 \cdot 10^{-10}$	Определить адсорбцию газа при 7 Па. Значение адсорбции в моль/мл
				$11,9 \cdot 10^{-1}$	$1,95 \cdot 10^{-10}$	
				$20,6 \cdot 10^{-1}$	$2,55 \cdot 10^{-10}$	
				$41,0 \cdot 10^{-1}$	$3,24 \cdot 10^{-10}$	
				$98,0 \cdot 10^{-1}$	$3,62 \cdot 10^{-10}$	
3	Оксид углерода	слюда	90	75	$10,82 \cdot 10^{-3}$	Определите площадь, приходящуюся на одну молекулу CO, если площадь поверхности слюды равна $6,24 \cdot 10^3$ см <sup>2</sup> .
				139	$13,39 \cdot 10^{-3}$	
				600	$17,17 \cdot 10^{-3}$	
				724	$17,60 \cdot 10^{-3}$	
				1050	$18,89 \cdot 10^{-3}$	
4	Бензол	сажа	293	$1,03 \cdot 10^3$	$1,57 \cdot 10^{-2}$	Рассчитайте площадь занимаемую одной молекулой, если удельная поверхность сажи $73,7 \cdot 10^3$ м <sup>2</sup> /кг, значение адсорбции в кг/кг
				$1,29 \cdot 10^3$	$1,94 \cdot 10^{-2}$	
				$1,74 \cdot 10^3$	$2,55 \cdot 10^{-2}$	
				$2,50 \cdot 10^3$	$3,51 \cdot 10^{-2}$	
				$6,67 \cdot 10^3$	$7,58 \cdot 10^{-2}$	
5	Пары воды	силикагель	293	$3,04 \cdot 10^3$	$4,44 \cdot 10^{-2}$	Определить предельную емкость силикагеля, значение адсорбции в кг/кг
				$4,68 \cdot 10^3$	$6,28 \cdot 10^{-2}$	
				$7,72 \cdot 10^3$	$9,22 \cdot 10^{-2}$	
				$11,69 \cdot 10^3$	$11,67 \cdot 10^{-2}$	
				$14,03 \cdot 10^3$	$13,22 \cdot 10^{-2}$	
				$17,77 \cdot 10^3$	$14,89 \cdot 10^{-2}$	
6	Азот	уголь	194,4	$1,86 \cdot 10^3$	$5,06 \cdot 10^{-3}$	Рассчитайте удельную поверхность угля при плотности азота $1,25$ кг/м <sup>3</sup> и площади молекулы $0,16$ нм <sup>2</sup> , значение адсорбции в м <sup>3</sup> /кг
				$6,12 \cdot 10^3$	$14,27 \cdot 10^{-3}$	
				$17,96 \cdot 10^3$	$23,61 \cdot 10^{-3}$	
				$33,65 \cdot 10^3$	$32,56 \cdot 10^{-3}$	
				$68,89 \cdot 10^3$	$40,83 \cdot 10^{-3}$	

Таблица 15 -Данные для построения изотермы адсорбции и выполнения необходимых расчетов. ( $\delta$  - площадь, занимаемая молекулой вещества в монослое)

№	Вещество А	P/P <sub>s</sub>	Адсорбция Г	$\delta$ , нм <sup>2</sup>	Примечание
1	Бензол	0,04	0,348	0,49	Значение адсорбции в моль/кг
		0,08	0,483		
		0,16	0,624		
		0,22	0,724		
		0,27	0,805		
		0,36	0,908		
		0,46	0,130		
2	Азот	0,0288	2,16	0,16	Значение адсорбции в моль/кг
		0,050	2,39		
		0,110	2,86		
		0,136	3,02		
		0,175	3,22		
		0,200	3,33		
3	Криптон	$3,9 \cdot 10^{-2}$	1,27	0,195	Определите удельную поверхность катализатора при 77,5 К, плотность криптона $3,74 \text{ кг/м}^3$ , значение адсорбции в $\text{м}^3/\text{кг}$
		$7,0 \cdot 10^{-2}$	1,50		
		$14,3 \cdot 10^{-2}$	1,76		
		$22,0 \cdot 10^{-2}$	1,91		
		$26,6 \cdot 10^{-2}$	1,98		
4	Бензол	0,3	1,10		Мольный объем бензола равен $88,8 \text{ см}^3/\text{моль}$ , значение адсорбции в $\text{м}^3/\text{кг}$ .
		0,4	1,38		
		0,5	1,60		
		0,6	1,90		

6. Структура и свойства поверхности, включающей слой или более атомов металлов или их оксидов.

7. Качественная оценка энергии поверхностных уровней.

8. Поверхность металла: общее и различия с поверхностью оксидов в структурном и электронном аспектах.

9. Определение толщины слоя и площади, занимаемой одной молекулой.

10. Уравнения Шишковского и Фрейнлиха. Их использование при обработке экспериментальных адсорбционных данных.

11. Теория мономолекулярного слоя Лэнгмюра.

12. Основные положения теории БЭТ .

13. Определение удельной поверхности пористых тел на практике.

14. Неорганические адсорбенты, используемые на практике.

15. Органические адсорбенты, используемые на практике.

16. Высокомолекулярные ионообменные смолы, использование в качестве сорбентов.

17. Изотерма адсорбции и ее зависимость от температуры.

18. Уравнение Гиббса. Вещества, понижающие и повышающие поверхностное натяжение.

### Практическая работа № 6

#### Изучение диаграмм состояния сплавов

Цель работы: получение навыков работы с диаграммами состояния двойных сплавов: построение кривых охлаждения, определение фазового состава сплава при определенных условиях.

Фазы, присутствующие в сплавах, устойчивы в определенном диапазоне температур и концентраций. При изменении температуры, давления, химического состава сплава его фазовый состав может измениться. Закономерность изменения числа фаз определяется правилом фаз. Области стабильного существования фаз и температуры фазовых превращений представлены на диаграмме состояния. Диаграммы состояния строят экспериментально или рассчитывают. Имея диаграмму состояния сплава и применяя правило фаз, можно построить кривые охлаждения любого сплава данной системы.

#### Задачи для решения под контролем преподавателя

1. Описать все превращения по диаграмме (рисунок 11) (название диаграммы, описание всех точек, линий, фаз и структур). Определить с помощью правила отрезков структуру сплава с 20% В при  $T = 400^\circ\text{C}$ ; химический состав сплава по структуре  $Q_\beta = 33\%$ ,  $Q_\alpha = 67\%$  при  $T = 200^\circ\text{C}$ . Определить химический состав найденных и заданных фаз. Начертить кривую охлаждения для сплава содержащего 15% В. Определить число степеней свободы для сплава с 30% В при  $T = 300^\circ\text{C}$

2. Описать все превращения по диаграмме (рисунок 12) (название диаграммы, описание всех точек, линий, фаз и структур). Определить с помощью правила отрезков: структуру сплава с 30% В при  $T = 200^\circ\text{C}$ ; химический состав сплава по структуре  $Q_\beta = 40\%$ ,  $Q_\alpha = 60\%$  при  $T = 300^\circ\text{C}$ . Определить химический состав найденных и заданных фаз. Начертить кривую охлаждения для сплава содержащего 90% В. Определить число степеней свободы для сплава с 10% В при  $T = 300^\circ\text{C}$ .

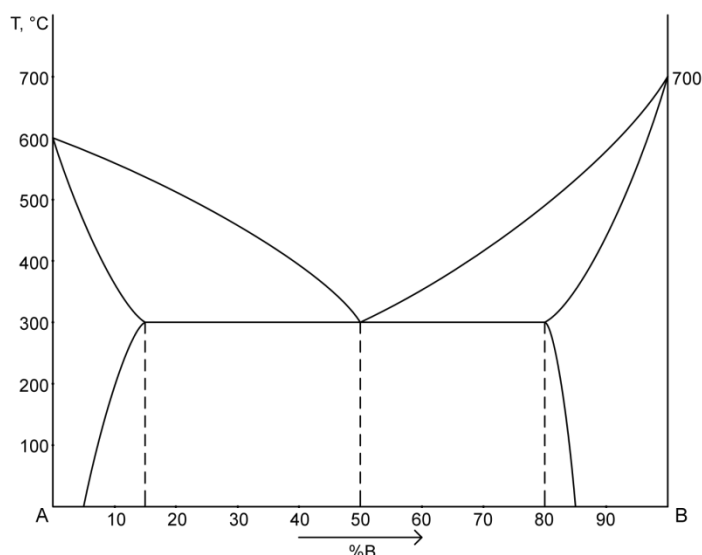


Рисунок 11 – Фазовая диаграмма

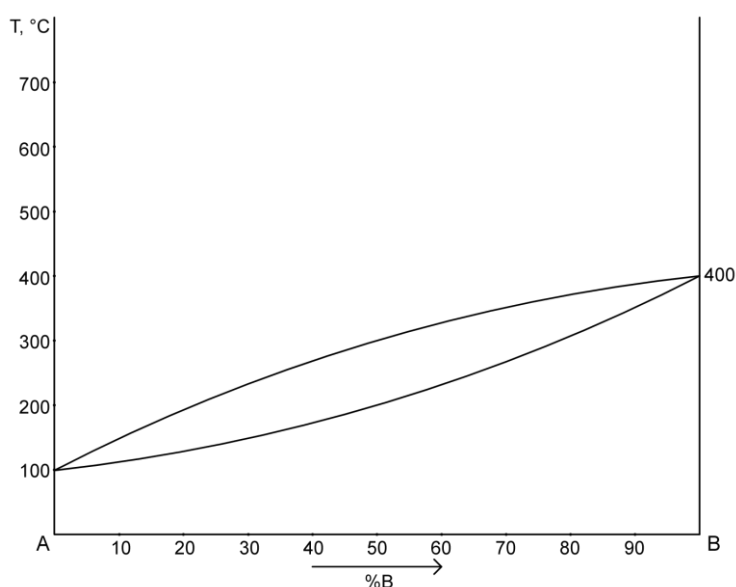


Рисунок 12 – Фазовая диаграмма

3. На основании данных о температуре начала кристаллизации системы А – В постройте диаграмму состояния (таблица 16). Определите тип полученной диаграммы. Опишите фазовые переходы на основных линиях диаграммы и укажите фазовый состав в каждой зоне диаграммы. Начертите кривые охлаждения, отвечающие содержанию 100, 80, 70 и 40% компонента А в расплавах, и опишите процессы кристаллизации указанных расплавов. Для диаграмм с образованием химического соединения определите химическую формулу соединения. Рассчитайте массу вещества А и В в жидкой и твердой фазе при охлаждении 100 кг плава, содержащего 70% вещества В, до 700 К. Вычислите теплоту плавления вещества А.

Таблица 16 - Данные о температуре начала кристаллизации системы А – В

%, В	0	10	15	30	40	60	70	85	90	100
Т, К	1000	925	875	720	780	850	800	675	750	800

### Задачи для индивидуальной и самостоятельной работы

На основании данных о температуре начала кристаллизации двухкомпонентной системы А – В (таблица 17) постройте диаграмму фазового состояния. Определите тип полученной диаграммы. Если в системе образуется химическое соединение, то определите формулу этого соединения. Опишите фазовые переходы на основных линиях диаграммы и укажите фазовый состав в каждой зоне диаграммы. Начертите все типы кривых охлаждения, возможных в данной системе. Укажите, каким составам на диаграмме эти кривые отвечают, и опишите их.

Определите, при какой температуре начнет отвердевать сплав, содержащий «а»% компонента А (таблица 18). При какой температуре он отвердеет полностью? Каков состав первых выпавших кристаллов? Рассчитайте число степеней свободы в начале и в конце кристаллизации системы.

Найдите, при какой температуре начнет плавиться сплав, содержащий «в»% компонента А (таблица 18). При какой температуре он расплавится полностью? Каков состав первых капель плава? Рассчитайте число степеней свободы в начале и в конце плавления системы.

Рассчитайте массу компонента А и В в жидком и твердом состоянии при охлаждении 10 кг плава, содержащего «с»% компонента А, до  $T_1$  (таблица 18). Определите число степеней свободы для этой системы.

Вычислите теплоты плавления компонентов А и В.

Таблица 17. - Температурные данные начала кристаллизации двухкомпонентных систем разного состава

№	состав	параметры	Зависимость температуры начала кристаллизации (Т) от содержания компонента В, вес. %										
			0	5	11	15	25	30	40	51	60	80	100
1-10	А-Mn	В, %	0	5	11	15	25	30	40	51	60	80	100
	В-Si	Т, К	1523	1473	1348	1475	1600	1553	1490	1409	1500	1623	1693
11-20	А-Mg	В, %	0	10	20	30	40	50	60	65	79	90	100
	В-Ca	Т, К	923	873	791	875	943	980	1000	950	718	983	1123
21-30	А-Mg	В, %	0	10	20	39	45	57	65	75	85	90	100
	В-Sn	Т, К	923	913	880	800	865	973	1025	1070	700	470	505

Таблица 18 - Составы и температуры систем для выполнения расчетов по диаграммам

№	T <sub>1</sub> ,K	a	в	с	№	T <sub>1</sub> ,K	a	в	с	№	T <sub>1</sub> ,K	a	в	с
1	1625	95	45	5	11	820	70	25	90	21	750	5	35	20
2	1600	85	65	10	12	820	95	15	75	22	860	10	95	75
3	1500	80	40	15	13	830	10	85	70	23	870	15	90	90
4	1450	70	30	20	14	850	35	90	60	24	875	20	80	95
5	1450	75	25	30	15	900	90	25	50	25	700	25	85	20
6	1450	90	65	65	16	750	80	55	30	26	600	30	70	20
7	1420	30	15	70	17	760	15	45	20	27	870	35	75	80
8	1400	65	20	95	18	770	25	80	10	28	870	40	15	90
9	1450	60	10	15	19	900	30	70	5	29	860	55	25	50
10	1440	20	55	65	20	800	65	10	45	30	860	90	65	40

- 1) Какие сплавы называют чёрными сплавами?
- 2) Какие виды сплавов по характеру взаимодействия компонентов могут образовывать между собой железо с углеродом?
- 3) Какой сплав называют сталью?
- 4) Какая структурная составляющая является эвтектикой?
- 5) К каким типам сплавов относятся структуры феррит, аустенит, ледебурит, перлит и цементит? Ответ оформите в виде таблицы.
6. Какие полиморфные модификации имеет железо?
7. Какой сплав называют чугуном?
8. Какая структурная составляющая является эвтектоидом?
- 9 Определите по диаграмме температуру плавления чистого железа.
- 10 Какие параметры являются координатами диаграммы сплава?
- 11 Как называется линия начала первичной кристаллизации?
- 12 Что такое солидус?
- 13 Какие стали называют доэвтектоидными?
- 14) Что такое ликвидус?
- 15 Как называется линия окончания первичной кристаллизации?
- 16 Какие стали называют заэвтектоидными?

- 17 В чём назначение диаграммы?
- 18 Какие сплавы называют чёрными? Дайте определения этих сплавов.
- 19 Какие полиморфные модификации имеет железо, какие кристаллические решётки присущи этим модификациям?
- 20 В каком виде может содержаться углерод в сплавах?

### **Библиографический список**

1. Материаловедение [Электронный ресурс] : курс лекций / Юго-Зап.гос.ун-т ; сост. Е. В. Агеева. - Курск : ЮЗГУ, 2013. - 131 с.
2. Материаловедение [Текст] : учебник / В. Н. Гадалов [и др.]. – М.: АРГАМАК-МЕДИА : ИНФРА-М, 2014. - 272 с.
3. Основы современного материаловедения [Текст] : учебное пособие / Е. В. Агеев [и др.] ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Юго-Западный государственный университет. - Курск : ЮЗГУ, 2012. - 231 с.
4. Акулова, Л. Ю. Материаловедение [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л. Ю. Акулова, А. Н. Бормотов, И. А. Прошин. - Пенза : ПензГТУ , 2013. - 234 с. - Режим доступа : <http://biblioclub.ru>.
5. Баженов С. Л. Механика и технология композиционных материалов [Текст] : учебно-справочное руководство / С. Л. Баженов. - Долгопрудный : Интеллект, 2014. - 326 с.