

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**
Фазовые равновесия и диффузия

Код модуля
1152168(1)

Модуль
Физика конденсированных сред

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Лобанов Михаил Львович	доктор технических наук, профессор	Профессор	термообработки и физики металлов

Согласовано:

Управление образовательных программ

Ю.В. Коновалова

Авторы:

- Лобанов Михаил Львович, Профессор, термообработки и физики металлов

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Фазовые равновесия и диффузия

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	4	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	2
		Домашняя работа	1
		Реферат	1

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Фазовые равновесия и диффузия

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-4 -Способен осуществлять сбор и обработку информации о существующих типах и марках материалов, их структуре и свойствах, анализировать и систематизировать ее для решения поставленных задач. (Материаловедение и технологии металлических материалов)	Д-1 - Демонстрировать аналитические способности З-1 - Объяснять влияние различных типов материалов, их структуры и свойств на основные показатели и параметры технологического процесса и их влияние на качество готовой продукции З-2 - Описывать методы сбора и обработки информации о существующих типах и марках материалов, их структуре и свойствах П-1 - Выполнить обработку собранной информации, сформулировать рекомендации	Домашняя работа Зачет Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лабораторные занятия Лекции Реферат

	<p>по совершенствованию характеристик материалов</p> <p>У-1 - Установить взаимосвязь различных типов материалов, их структуры и свойств с технологическими процессами и интерпретировать результаты для определения рекомендаций по совершенствованию характеристик материалов</p> <p>У-2 - Обосновать выбор методов сбора и обработки информации о существующих типах и марках материалов, их структуре и свойствах с учетом поставленных задач</p>	
--	--	--

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	6,16	40
<i>реферат</i>	6,15	20
<i>контрольная работа</i>	6,6	20
<i>контрольная работа</i>	6,9	20
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5		
Промежуточная аттестация по лекциям – зачет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		

3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.5		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	6,16	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.

Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Определение фазового состава диффузионной зоны.
 2. Параболический закон.
 3. Определение толщины диффузионного покрытия.
 4. Определение коэффициента диффузии методом вероятностной диаграммы.
 5. Определение концентрационной зависимости коэффициента диффузии с использованием метода Матано-Больцмана.
 6. Определение коэффициента диффузии с использованием разложения концентрационной функции в ряд Фурье.
 7. Определение температурной зависимости коэффициента диффузии.
- LMS-платформа – не предусмотрена

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Контрольная работа № 1

Примерный перечень тем

1. Феноменологическая теория диффузии.

Примерные задания

- 1 Для того чтобы увеличить размер диффузионной зоны (X) в 1,5 раза необходимо увеличить время отжига (t) в – 1) 3 раза; 2) 2,5 раза; 3) 2,25 раза; 4) 2 раза.
- 2 Максимальное значение функции $\operatorname{erf}(z)$: 1) 0; 2) 1; 3) 10; 4) 1/2.
- 3 Найти $\operatorname{grad}(f(x,y,z))$. $f(x,y,z) = 2xy + yz - z \cdot \cos(x)$.

Дата: _____ Фамилия И.О. _____ Группа: _____
 УрФУ. ИНМиТ. Кафедра ТОиФМ. Преподаватель: проф. М. Л. Лобанов
 2023] г. 6-й семестр. Курс: Фазовые равновесия и диффузия.
 Тема: Феноменологическая теория диффузии. Контрольная работа № 1.
 Максимальная оценка 20 баллов. **Вариант – 1**

1 (16) Для того чтобы увеличить размер диффузионной зоны (ΔX) в 1,5 раза необходимо увеличить время (τ) отжига в –
 1) 3 раза; 2) 2,5 раза; 3) 2,25 раза; 4) 2 раза.

2 (16) Указать правильные единицы измерения коэффициента диффузии:
 1) кг/(с·м²); 2) м/с²; 3) м²/с; 4) м²/с².

3 (26) Выбрать уравнение (второй закон Фика) для описания диффузии в одном направлении (1D), в случае независимости коэффициента диффузии от концентрации:

- 1) $\partial C/\partial \tau = \partial/\partial x (D \cdot \partial C/\partial x)$; 2) $\partial C/\partial \tau = \text{div} (D \cdot \nabla C)$;
 3) $\partial C/\partial \tau = D \cdot \Delta C$; 4) $\partial C/\partial \tau = D \cdot \partial^2 C/\partial x^2$.

4 (26) Какое из приведенных выражений является правильной записью 1-го закона Фика в случае диффузии в одном направлении:

- 1) $j = -D \cdot \nabla C$; 2) $\partial C/\partial \tau = D \cdot \partial^2 C/\partial x^2$;
 3) $j = -D \cdot \text{grad}(C)$; 4) $j = -D \cdot \partial C/\partial x$.

5 (26) Какое из приведенных выражений является не правильной записью оператора Лапласа (Δ):

- 1) $\partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2 + \partial^2/\partial z^2$; 2) $\partial/\partial x + \partial/\partial y + \partial/\partial z$;
 3); $\text{div}(\text{grad})$; 4) $\nabla(\nabla)$.

6 (26) Максимальное значение функции $\text{erf}(z)$: 1) 0; 2) 1; 3) ∞ ; 4) 1/2.

7 (26) Какой функцией $f(x)$ описывается распределение частиц по координате, если их единичные перемещения являются случайными?

- 1) $k_1 \cdot \exp(-x^2/k_2)$; 2) $k_1 \cdot \exp(-x/k_2)$;
 3) $k_1 \cdot x^2 + k_2$; 4) $k_1 \cdot x^2 - k_2$.

8 (26) Указать уравнение, которое используется для описания диффузионных процессов в 3D пространстве в случае концентрационной зависимости коэффициента диффузии и действия в системе дополнительной внешней силы.

- 1) $\partial C/\partial \tau = D \cdot \partial^2 C/\partial x^2 + D \cdot F/(kT) \cdot \partial C/\partial x$;
 2) $\partial C/\partial \tau = \text{div} (D \cdot \nabla C)$;
 3) $\partial C/\partial \tau = \partial/\partial x (D \cdot \partial C/\partial x) + \partial (D \cdot F \cdot C/(kT))/\partial x$;
 4) $\partial C/\partial \tau = \nabla(D \cdot \nabla C) + D \cdot F/(kT) \cdot \nabla C$.

9 (36) Найти $\Delta f(x,y)$ в точке с пространственными координатами $(0, \pi/2)$, где Δ - это оператора Лапласа (Лапласиан), $f(x,y) = 3x \cdot \cos(2y)$. Продемонстрировать решение. Без демонстрации за правильный ответ только 1 б.

10 (36) Найти $\text{grad}(f(x,y,z))$, $f(x,y,z) = 2x^2y + yz - z \cdot \cos(x)$

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.2. Контрольная работа № 2

Примерный перечень тем

1. Атомная теория диффузии.

Примерные задания

1 Диффузия осуществляется по вакансионному механизму. В какой кристаллической решетке корреляционный эффект будет выражен сильнее всего? 1) ГЦК; 2) ОЦК; 3) тетрагональной; 4) примитивной кубической.

2 Указать правильное соотношение между Q_1 и Q_2 , если Q_1 - энергия активации по вакансионному механизму диффузии, а Q_2 - энергия активации по кольцевому механизму диффузии: 1) $Q_1 > Q_2$; 2) $Q_1 \gg Q_2$; 3) $Q_1 < Q_2$; 4) $Q_1 = Q_2$.

3 Указать основной механизм диффузии для элементов внедрения: 1) прямого обмена; 2) циклического обмена; 3) по междоузльям; 4) вакансионный.

Дата: _____ Фамилия И.О. _____ Группа: _____
 УрФУ, ИНМИТ. Кафедра ТОиФМ. Преподаватель: проф. М. Л. Лобанов
 2023 г. 6-й семестр. Курс: Фазовые равновесия и диффузия.
 Темы: Атомная теория диффузии. Дополнительные главы.
 Контрольная работа (тест) № 2. Макс. оценка 20 б. **Вариант – 1**

1 С увеличением температуры коэффициент диффузии в системе должен:
 1) оставаться постоянным; 2) возрастать по линейному закону;
 3) уменьшаться по линейному закону; 4) возрастать по экспоненциальному закону.

2 Диффузия осуществляется по вакансионному механизму. В какой кристаллической решетке корреляционный эффект будет выражен сильнее всего? 1) ГЦК; 2) ОЦК; 3) тетрагональной; 4) примитивной кубической.

3 Указать правильное соотношение между Q_1 и Q_2 , если Q_1 - энергия активации по вакансионному механизму диффузии, а Q_2 - энергия активации по кольцевому механизму диффузии:
 1) $Q_1 > Q_2$; 2) $Q_1 \gg Q_2$; 3) $Q_1 < Q_2$; 4) $Q_1 \approx Q_2$.

4 Указать основной механизм диффузии для элементов внедрения:
 1) прямого обмена; 2) циклического обмена; 3) по междоузльям;
 4) вакансионный.

5 Температуры плавления у металлов с ГЦК решеткой составляют величины: Cu – 1085 °C; Ni – 1455 °C; Ag – 962 °C; Au – 1063 °C. У какого из металлов при 900 °C будет наблюдаться максимальное значение коэффициента самодиффузии?
 1) Cu; 2) Ni; 3) Ag; 4) Au.

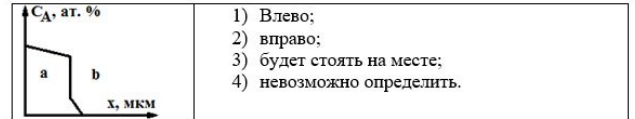
6 Какое из приведенных выражений является записью 1-го постулата Онзагера:
 1) $j = -D \nabla C$; 2) $\partial C / \partial \tau = \text{div}(-D \nabla C)$;
 3) $T \cdot (dS/dt) = \sum j_i X_i$; 4) $j_i = \sum L_{ij} X_j$.

7 С уменьшением плотности дислокаций в твердом теле диффузионные процессы будут:
 1) ускоряться; 2) замедляться; 3) их скорость не будет изменяться;
 4) невозможно определить.

8 Коэффициент диффузии равен 10^{-14} м²/с, межплоскостное расстояние 3.16×10^{-10} м. Оценить правильный порядок частоты скачков атомов [1/с].
 1) 10^6 ; 2) 10^5 ; 3) 10^4 ; 4) 10^3 .

9 Указать правильную запись соотношения Даркена для скорости «течения» кристаллической решетки: 1) $V_i = (D_1 - D_2) \partial N_i / \partial x$;
 2) $V_i = (N_1 - N_2) \partial C / \partial x$; 3) $V_i = (D_1 + D_2) \partial N_2 / \partial x$; 4) $V_i = (N_1 + N_2) \partial C / \partial x$.

10 В диффузионной зоне бипары сформировался следующий концентрационный профиль (см. рисунок). В случае если $D_a = D_b$ в какую сторону будет происходить смещение межфазной границы:



LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.3. Домашняя работа

Примерный перечень тем

1. Прогнозирование толщины диффузионного покрытия при цементации массивных изделий из стали 20 в зависимости от температуры химико-термической обработки.
2. Прогнозирование времени полного обезуглероживания электротехнической листовой стали, содержащей 0,05 мас. % углерода, в зависимости от толщины полосы.
3. Прогнозирование времени полной гомогенизации в композиционном материале, составленном из пластин сплавов 80 мас. % Fe + 20 мас. Cr и 50 мас. % Fe + 50 мас. Cr в зависимости от толщины пластин в пакете.
4. Прогнозирование времени насыщения порошка армко-железа углеродом до концентрации эвтектоидной стали в зависимости от среднего диаметра частиц порошка.

Примерные задания

Пояснительная записка к домашней работе должна содержать:

- 1) титульный лист (оформленный по правилам УрФУ);
- 2) задание для домашней работы с формулировкой общей темы;
- 3) формулировку конкретного задания;
- 4) физическую модель процесса (рисунок с необходимыми пояснениями);
- 5) математическую модель процесса (краевую задачу): основное уравнение с начальными и граничными условиями;
- 6) краткое описание алгоритма расчетов;
- 7) результаты расчетов в виде таблиц и графиков;
- 8) выводы (заключение);
- 9) библиографическое описание.

Примеры исходных данных:

1. Температуры цементации: 900, 950, 1000 °С; концентрация углерода на поверхности изделий, создаваемая цементующей средой — 1 мас. %; за толщину покрытия принимается глубина цементованного слоя, в которой концентрация углерода больше или равна 0,5 мас. %.

2. Температура обезуглероживающего отжига: 840 °С; концентрация углерода на поверхности изделий, создаваемая обезуглероживающей средой — 0,001 мас. %; обезуглероживание происходит с обеих сторон листа; толщина листов: 0,20, 0,35, 0,50 мм.

3. Температура гомогенизирующего отжига: 1000 °С; толщина пластин: 0,05, 0,1, 0,2 мм.

4. Температура цементации: 950 °С; концентрация углерода на поверхности частиц, создаваемая цементующей средой — 1 мас. %; средний диаметр частиц в порошке: 0,1, 0,2, 0,5 мм.

5. Температуры цементации: 1000 °С; концентрация углерода на поверхности стержней, создаваемая цементующей средой — 0,8 мас. %; средний диаметр стержней: 1,0, 2,0, 5,0 мм.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.4. Реферат

Примерный перечень тем

1. Общая тема рефератов - "Диффузионные процессы в термической и химико-термической обработке металлических материалов и изделий". Индивидуальные темы: 1. Цементация сталей. 2. Азотирование сталей. 3. Нитроцементация сталей. 4. Хромирование. 5. Алитирование. 6. Борирование. 7. Силицирование. 8. Гомогенизация. 9. Отпуск сталей. 10. Старение цветных сплавов.

Примерные задания

Содержание реферата должно включать:

1. Назначение изделий, подвергаемых термической или химико-термической обработкам.

2. Роль диффузионных процессов.

3. Описание диффузионных процессов.

4. Параметры термической или химико-термической обработки.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Зачет

Список примерных вопросов

1. 1. Общая термодинамическая характеристика фаз. Связь термодинамических потенциалов с экспериментально измеряемыми величинами. 2. Фазовая диаграмма чистых веществ. Критическая точка. Фазовые диаграммы металлов. Уравнение линии фазового

равновесия. 3. Полиморфизм конденсированных фаз. Условия фазового равновесия. 4. Правило фаз Гиббса. Диаграммы двойных сплавов. Фазовые диаграммы двойных сплавов в координатах температура – химический потенциал. 5. Диффузионный эксперимент. Диффузионный поток. Первый закон Фика. Коэффициент диффузии. 6. Закон сохранения вещества. Второй закон Фика. 7. Самодиффузия. Примесная диффузия. Диффузия меченых атомов. 8. Взаимная диффузия. Собственные коэффициенты диффузии и коэффициент взаимной диффузии. Парциальные коэффициенты диффузии. 9. Закон Аррениуса. 10. Диффузия как процесс случайных блужданий. Параболический закон. 11. Вывод законов Фика из теории случайных блужданий. 12. Связь коэффициентов диффузии с характеристиками скачков атомов в кристаллической решетке. 13. Механизмы диффузии в кристаллах. 14. Температурная зависимость коэффициентов диффузии. Энергия активации диффузионных процессов. 15. Энергетические барьеры и частоты скачков при наличии движущей силы. Второй закон Фика при наличии в системе внешней движущей силы. 16. Корреляционные эффекты в теории случайных блужданий. Корреляционный множитель. 17. Диффузия по неравновесным дефектам кристаллической структуры. Температурная зависимость коэффициента диффузии в реальном кристалле. 18. Пути облегченной диффузии. Задача Харта. 19. Восходящая диффузия. Химический потенциал как основная движущая сила диффузионного процесса. 20. Основные постулаты теории неравновесных процессов. Описание изотермической диффузии в бинарной системе по Онзагеру. 21. Эффект Киркендала. Теория Даркена для диффузии в бинарной системе. 22. Диффузия в многофазных системах. 23. Атомная и реактивная (реакционная) диффузии. Значения коэффициентов диффузии в различных кристаллических решетках. 24. Связь между характеристиками диффузии и диаграммами фазового равновесия. 25. Процессы диффузионного роста фаз. Уравнение баланса масс. Критерии Зайта. 26. Кинетика образования и роста фаз в покрытиях при химико-термической обработке металлов и сплавов.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной профессиональной деятельности	ПК-4	Д-1	Домашняя работа Зачет Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лабораторные занятия Лекции Реферат