

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Диффузия в металлах и сплавах

: 22.03.01

: 2, : 4

		4
1	()	6
2		216
3	, .	71
4	, .	36
5	, .	18
6	, .	0
7	, .	12
8	, .	2
9	, .	15
10	, .	145
11	(, ,)	
12		

(): 22.03.01

1331 12.11.2015 ., : 14.12.2015 .

: 1, ,

(): 22.03.01

, 6/1 20.06.2017

- , 5 21.06.2017

:

,

:

,

:

. . .

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.3 готовность применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общинженерные знания в профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:	
11.	-
2.	
5.	
Компетенция ФГОС: ПК.4 способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; в части следующих результатов обучения:	
2.	

2.

2.1

(, , ,)	
-----------	--

.3. 11	-
1.знать о роли диффузионных процессов в физико-химических процессах и фазовых превращениях в твердых телах	; ;
.3. 2	
2.уметь решать простейшие типы уравнений диффузии	; ;
.3. 5	
3.уметь анализировать вопросы взаимосвязи кристаллической и электронной структуры твердых тел с закономерностями диффузионных процессов	; ;
.4. 2	
4.знать о методах изучения диффузии	; ;

3.

3.1

: 4			
1.	0	2	1
2.	0	2	1

3.		0	4	1
:				
4.	19 20	0	2	2,3
5.		0	2	2
:				
6.		0	2	2
7.		0	2	2
8.		0	2	2
:				
9.		0	2	1
10.	,	0	2	3,4
: ,				
11.	-	0	4	1,4
12.		0	2	1,3
:				
13.		0	4	3
:				
14.		0	4	1,2,3,4

3.2

	,	.		
: 4				
:				

1.	2	4	1, 3	
:				
2.	4	4	2	
3.	0	4	2	
:				
4.	6	6	1, 4	

4.

: 4				
1		2, 4	100	15
<p> : , []: « - »/ : , 2015.— 25 с.— : http://www.iprbookshop.ru/57620.html.— «IPRbooks» : : / - ; [.] . - , 2016. - 19, [1] .: : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042 []: » 150400.62 « 150100.62 « » - /— , 2012.— 46 с.— : http://www.iprbookshop.ru/17716.html.— «IPRbooks» </p>				
2		1, 4	10	0

:
 []:
 « - »/
 : , 2015.— 25 с.—
 : <http://www.iprbookshop.ru/57620.html>.— «IPRbooks»
 / ; []:- , 2016.
 - 19, [1] .. : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042
 []:
 » 150100.62 «
 » 150400.62 «
 /—
 2012.— 46 с.— : <http://www.iprbookshop.ru/17716.html>.— «IPRbooks»

3		1, 2, 3, 4	35	0
---	--	------------	----	---

:
 []:
 « - »/
 : , 2015.— 25 с.—
 : <http://www.iprbookshop.ru/57620.html>.— «IPRbooks»
 / ; []:- , 2016.
 - 19, [1] .. : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042
 []:
 » 150100.62 «
 » 150400.62 «
 /—
 2012.— 46 с.— : <http://www.iprbookshop.ru/17716.html>.— «IPRbooks»

5.

, (. 5.1).

5.1

	-
	e-mail

5.2

1	
Краткое описание применения:	

6.

(), - 15- ECTS.
 . 6.1.

6.1

--	--	--

: 4		
<i>Практические занятия:</i>	5	20
<i>РГЗ:</i>	10	40
<i>Экзамен:</i>	0	40

6.2

6.2

.3	11.	-	
	2.	+	+
	5.		+
.4	2.	+	+

1

7.

1. Гуртов В. А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко ; науч. ред. Л. А. Алешина. - Москва, 2012. - 558, [1] с. : ил., табл.
2. Ландау Л. Д. Механика и молекулярная физика : [учебное пособие] / Л. Д. Ландау, А. И. Ахиезер, Е. М. Лифшиц. - Долгопрудный, 2014. - 397 с. : ил.
3. Федотов А.К. Физическое материаловедение. Часть 2. Фазовые превращения в металлах и сплавах [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.К. Федотов. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2012. — 446 с. — 978-985-06-2063-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21754.html>

1. Уилфред Курц Фундаментальные основы затвердевания [Электронный ресурс]/ Уилфред Курц, Дэвид Фишер— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2013.— 300 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28922.html>.— ЭБС «IPRbooks»

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8.

8.1

1. Тарасова Н.В. Термодинамические основы нанотехнологий. Энтропия, свободная энергия Гиббса [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий»/ Тарасова Н.В.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015.— 25 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57620.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Двойные диаграммы состояния [Электронный ресурс]: методические указания к практическим и домашним заданиям для студентов по направлениям подготовок 150100.62 «Материаловедение и технологии материалов» и 150400.62 «Металлургия» очной и очно-заочной форм обучения/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012.— 46 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17716.html>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина]. - Новосибирск, 2016. - 19, [1] с. : табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042

4. Гвоздев А.Г. Диаграмма «железо-углерод» [Электронный ресурс]: методические указания к домашним заданиям, контрольным работам, упражнениям по изучению фазовых превращений и по образованию структуры железоуглеродистых сплавов/ Гвоздев А.Г., Щеренкова И.С.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 44 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55077.html>.— ЭБС «IPRbooks»

8.2

1 Microsoft Office

2 Microsoft Windows

9.

-

1	(- , ,)	

1	(Internet)	Internet .

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра материаловедения в машиностроении

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН МТФ
к.т.н., доцент В.В. Янпольский
“ ____ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Диффузия в металлах и сплавах

Образовательная программа: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль:
Материаловедение и технологии машиностроительных материалов

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Диффузия в металлах и сплавах приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.3 готовность применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общепрофессиональные знания в профессиональной деятельности	з1.1. знать о роли диффузионных процессов в физико-химических процессах и фазовых превращениях в твердых телах	Вакансионный и междоузельный механизмы диффузии. Равновесная концентрация вакансий. Диаграммы состояния для однокомпонентных систем Диаграммы состояния однокомпонентных, двухкомпонентных и трёхкомпонентных систем Диффузионные превращения в сплавах. Превращения при отжиге. Получение глобулярных структур Идеальные растворы и реальные растворы. Химические соединения. Диаграммы состояния двойных систем. Диаграммы состояния тройных и многокомпонентных систем. Правило фаз Гиббса. Первое и второе начало термодинамики. Основные термодинамические функции. Понятие равновесия. Роль диффузии в различных процессах. Химико-термическая обработка Цементация стали	РГЗ задание 1-4	Экзамен. Вопросы 1-3, 8
ОПК.3	у2. уметь решать простейшие типы уравнений диффузии	Второй закон Фика. Уравнения диффузии для анизотропной среды Использование методов конечных разностей и конечных элементов для решения уравнений диффузии Обзор методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений Определение коэффициента диффузии и энергии активации диффузии из экспериментальных данных Развитие представлений о диффузии в 19 и 20 веках. Первый закон Фика. Теория случайных блужданий Решение уравнений диффузии Решение уравнения диффузии для полубесконечного образца Роль диффузии в различных процессах.	РГЗ задание 1-4	Экзамен. Вопросы 4, 5, 10

ОПК.3	у5. уметь анализировать вопросы взаимосвязи кристаллической и электронной структуры твердых тел с закономерностями диффузионных процессов	Диаграммы состояния однокомпонентных, двухкомпонентных и трёхкомпонентных систем Диффузионные превращения в сплавах. Превращения при отжиге. Получение глобулярных структур Пути ускоренной диффузии в кристаллах. Влияние дислокаций, границ зёрен и свободных поверхностей на диффузию Развитие представлений о диффузии в 19 и 20 веках. Первый закон Фика. Теория случайных блужданий Роль диффузии в различных процессах. Тепловая диффузия. Электропроводность	РГЗ задание 1-4	Экзамен. Вопросы 6, 7
ПК.4 способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	з1. знать о методах изучения диффузии	Пути ускоренной диффузии в кристаллах. Влияние дислокаций, границ зёрен и свободных поверхностей на диффузию Роль диффузии в различных процессах. Химико-термическая обработка Цементация стали	РГЗ задание 1-4	Экзамен Вопрос 9

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.3, ПК.4.

В течение семестра предусмотрено проведение одной контрольной работе, включающей в себя вопросы и задачи.

Экзамен проводится в письменном виде по билетам. Билет представляет собой набор вопросов и задач по темам, изученным в течение семестра. Для написания билета студенту отводится 1,5 часа. Для решения задач студенту разрешено пользоваться калькуляторами и таблицами функции ошибок, выданных заранее преподавателем. Требования к выполнению экзамена, состав и правила оценки сформулированы в паспорте экзамена.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (РГЗ). Требования к выполнению РГЗ, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.3, ПК.4, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Диффузия в металлах и сплавах», 4 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первая группа вопросов соответствует теоретическому материалу, изученному в течение семестра, вторая группа вопросов представляет собой задачи, схожие с задачами, решаемыми на практических занятиях. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Пример билета для экзамена

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет МТФ

Билет № _____

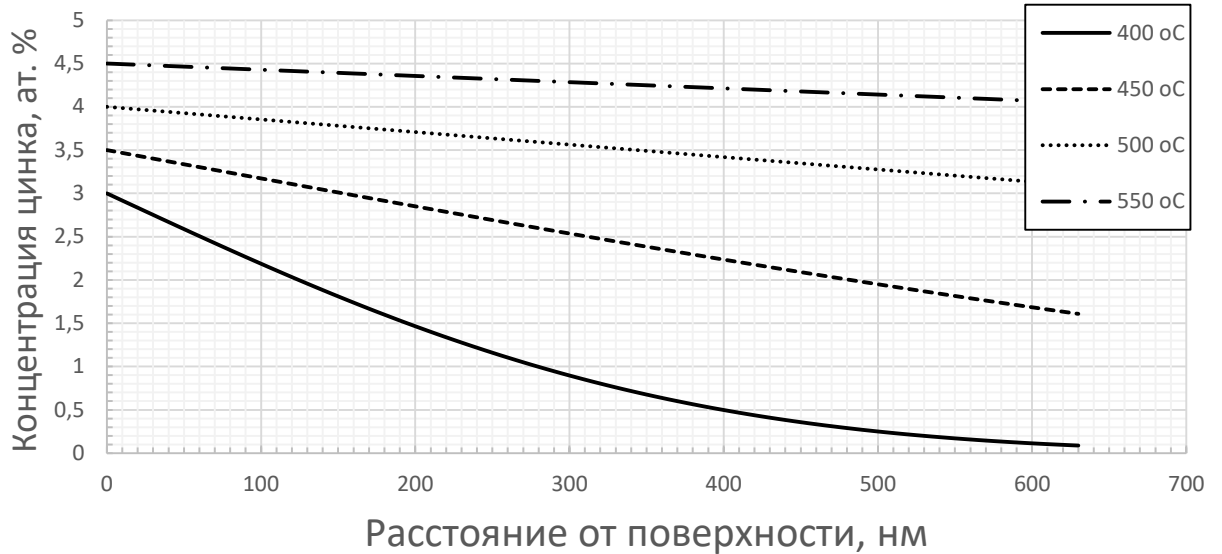
к экзамену по дисциплине «Диффузия в металлах и сплавах»

1. Для каких материалов предпочтителен вакансионный механизм диффузии? Опишите основной принцип. (2)
2. В чем заключается суть первого уравнения Даркена? (2)
3. Для чего проводят гомогенизационный отжиг? (2)
4. Как температура отжига влияет на размер зерна? (2)
5. В чём заключается физический смысл энтропии? (2)
6. Фазовое превращение из низкотемпературной α в высокотемпературную β фазу при стандартном давлении происходит при температуре T_1 . При значительном повышении давления было обнаружено, что температура фазового перехода снизилась до температуры T_2 . Какой вывод можно сделать о соотношении плотностей α и β фаз? (2)
7. При смешивании вольфрама и меди в жидком виде не наблюдается взаимной диффузии. Какой вывод можно сделать о знаке энтальпии смешивания? (2)
8. Средний размер зерна для серебра был измерен в зависимости от времени выдержки при 780°C . Результаты представлены в таблице. Определите исходный размер зерна. (6)

Время, мин	Размер зерна, мм
20	$3,4 \times 10^{-2}$
120	$9,6 \times 10^{-2}$

9. На основании представленного графика определите коэффициент диффузии цинка в алюминии при температуре 400°C . Считать, что распределение концентрации цинка в алюминии хорошо подчиняется уравнению диффузии в полубесконечном теле. (10)

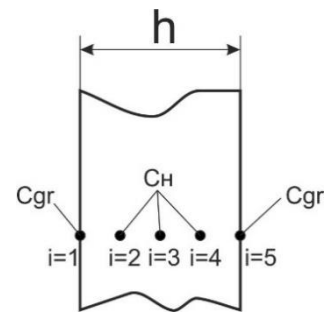
Распределение цинка в поверхностном слое алюминия после 10 часов диффузии при различных температурах процесса



10. Используя метод конечных разностей решить следующую задачу.

Начальная концентрация некоторого вещества в тонкой пластине постоянна и равна 3% (C_n). Граничная концентрация вещества поддерживается постоянной, равной 1% (C_{gr}). Толщина пластины – h , коэффициент диффузии D . Число узлов по толщине пластины взять равным 5. Коэффициент $\tau = \frac{D\Delta t}{\Delta x^2}$ принять равным 0.25.

Построить на одном графике концентрацию вещества Y в пластине в моменты времени $m = 0$, $m = 1$ и $m = 2$ ($m = 0$ – начальный момент времени (0 секунд), $m = 1$ соответствует Δt секунд, $m = 2$ соответствует $2\Delta t$ секунд) (10)



Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *0-19 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные,

оценка составляет 20 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 21-30 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 31-40 баллов.

3. Шкала оценки

Оценка за экзамен ставится в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Оценка деятельности студента при сдаче экзамена

Экзамен	Минимальный балл	Максимальный балл
Ответ на теоретические вопросы	1	10
Решение задач	10	30
Итого за экзамен		40

Связь оценки за экзамен с общей оценкой по дисциплине приведена в таблице 2

Таблица 2 – Связь оценки за экзамен с общей оценкой по дисциплине

Диапазон баллов рейтинга	Традиционная (4-уровневая) шкала оценки
0-19	Неудовлетворительно
20-30	Удовлетворительно
31-35	Хорошо
36-40	Отлично

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Диффузия в металлах и сплавах»

Основы термодинамики сплавов:

1. В чем суть первого закона термодинамики?
2. Дайте определение энтальпии?
3. Что такое термодинамика?
4. Какие типы термодинамических систем различают?
5. Каким образом давление влияет на фазовые превращения (на примере чистого железа)?

Законы диффузии:

1. Что описывает первый закон Фика?
2. В чем отличие стационарной диффузии от нестационарной? Приведите примеры.
3. Что описывает второй закон Фика? Каково его математическое представление?
4. Почему первый закон Фика не может быть применен для определения концентрационных профилей в случае нестационарной диффузии?
5. Что обозначает коэффициент диффузии? В каких единицах он измеряется?

Решение уравнений диффузии:

1. В чем заключается суть аналитического метода решения диффузионных задач?
2. В чем отличие аналитического метода решения диффузионных задач от численного?
3. Какой вид будет иметь выражение для определения концентрации при условии, что $C_s = const$?
4. Опишите в чем заключается основная идея метода конечных разностей для решения диффузионных задач?
5. Каким образом из уравнения Аррениуса выразить энергию активации?

Механизмы диффузии:

1. Перечислите основные механизмы диффузии.
2. Как определить равновесную концентрацию вакансий?
3. Что происходит с энергией миграции при переходе междоузельного атома из одного положения в другое?
4. Как образуются и исчезают вакансии?
5. Для какого механизма (междоузельного или вакансионного) диффузия протекает быстрее и почему?

Взаимная диффузия и эффект Киркендалла:

1. Для чего применяется метод Больцмана-Матано?
2. Каков основной смысл эффекта Киркендалла?
3. О чем гласит первое уравнение Даркена?
4. В чем суть второго уравнения Даркена?
5. Каково практическое применение уравнений Даркена?

Процессы, основанные на диффузии:

1. Что происходит со структурой деформированного металла при возврате?
2. От чего зависит температура рекристаллизации?
3. Как изменяются характеристики прочности и пластичности при увеличении температуры отжига?
4. Какие процессы отвечают за процессы сфероидизации углеродистых сталей?
5. Какие виды химико-термической обработки различают?

Фазовые превращения:

1. Как классифицируются фазовые превращения в металлах?
2. Назовите основные стадии фазового превращения?
3. Что показывает уравнение Аврами?
4. Как протекает гомогенное зарождение?
5. Как протекает гетерогенное зарождение?

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра материаловедения в машиностроении

Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Диффузия в металлах и сплавах», 4 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты решают 4 основных задания с использованием различных методов. 1 задача по цементации решается с использованием метода для расчета полубесконечного тела. Во второй задаче студент использует метод конечных разностей. В третьей задаче необходимо привести сравнение двух методов и выбрать наиболее точное из них. Четвертая задача также решается с использованием метода конечных разностей для определения обезуглероженного слоя. Кроме того, имеется дополнительная 5 задача, за которую начисляются дополнительные баллы.

Студент решает отмеченные задачи строго самостоятельно. В РГЗ должны быть отражены следующие умения студента:

1. Решение уравнений диффузии
2. Описание и обсуждение полученных результатов
3. Оформление графиков и диаграмм с использованием компьютера

Объем пояснительной записки - 10-15 стр. компьютерного набора. Формат бумаги А4 – 210 x 297 мм. На титульном листе должны быть указаны дисциплина, вариант РГЗ, фамилия, имя и группа студента. Титульный лист оформляется по образцу, приведенному на рисунке 1. Основные составляющие РГЗ: содержание, введение, основная часть, заключение, список использованной литературы. Брошюровка работы должна быть книжной; поля: сверху – 2,0 см, слева – 1,5 см, внизу – 2,0 см, справа – 3,0 см. Шрифт набора текста должен быть 12-14 пунктов. Межстрочный интервал полуторный. Текст должен иллюстрироваться.

Министерство образования и науки Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Расчетно-графическое задание
по курсу «Диффузия в металлах и сплавах»

Вариант _____

Факультет механико-технологический

Группа _____

Студент _____

Преподаватель _____

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ, отсутствует описание хода решения задач, выбор решения не обоснован, расчеты неверны и соответствующие графики выполнены неверно, отсутствуют единицы измерения, оценка составляет 0-9 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ выполнены формально: описание хода решения задач выполнено частично, в расчетах допущены существенные ошибки, а соответствующие графики выполнены неточно, оценка составляет 0-8 баллов., оценка составляет 10-19 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, в описании хода решения задач присутствуют неточности, в расчетах допущены незначительные ошибки, в соответствующих графиках присутствуют незначительные ошибки, оценка составляет 20-27 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, ход решения задач описан верно, в расчетах не допущены ошибки, а соответствующие графики выполнены верно, оценка составляет 28-32 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерное задание РГЗ

1.Используя решение 2го закона Фика для полубесконечного образца **постройте на одном графике кривые** распределения концентрации углерода по толщине стального образца стали с содержанием углерода $N*0,025$ после цементации при следующих значениях температуры и времени цементации:

- а. 900 °С, 1 час
- б. 900 оС, 3 часа
- в. 900 °С, 10 часов
- в. 950 °С, 1 час
- г. 950 °С, 3 часа
- д. 950 °С, 10 часов
- е. 1000 °С, 1 час
- ж. 1000 °С, 3 часа
- з. 1000 °С, 10 часов

Коэффициент диффузии при разных температурах найдите из соотношения Аррениуса учитывая, что $D_0 = 2,3 \times 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, $Q_a = 148 \text{ кДж/моль}$. Для упрощения расчётов примите, что на границах образца концентрация углерода соответствует максимальной растворимости углерода в аустените при данной температуре. N - Ваш номер в журнале группы.

2.Используя метод конечных разностей решите задачу по цементации пластины из стали с концентрацией углерода $N*0,025$ толщиной 5 мм и постройте на одном графике кривые распределения углерода по толщине пластины при следующих значениях температуры и времени цементации:

- а. 900 °С, 1 час
- б. 900 °С, 3 часа
- в. 900 °С, 10 часов

- в. 950 °С, 1 час
- г. 950 °С, 3 часа
- д. 950 °С, 10 часов
- е. 1000 °С, 1 час
- ж. 1000 °С, 3 часа
- з. 1000 °С, 10 часов

Коэффициент диффузии при разных температурах найдите из соотношения Аррениуса учитывая, что $D_0 = 2,3 \times 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, $Q_a = 148 \text{ кДж/моль}$. Возьмите не менее 20 точек на толщину пластины. Для упрощения расчётов примите, что на границах образца концентрация углерода соответствует максимальной растворимости углерода в аустените при данной температуре.

Постройте все графики на одном рисунке.

3. В каких случаях из представленных в задаче 2 для решения задачи по цементации пластины можно было использовать приближение для полубесконечного образца? Для одного из выбранных случаев отобразите на одном графике решение задачи, полученное методом конечных разностей и точное решение задачи.

4. Определите глубину обезуглероженного слоя после отжига стального образца толщиной 1 мм из стали У8 при температуре 900 °С в течение 1 часа. Используйте для решения задачи метод конечных разностей. За обезуглероженный слой условно примите слой, в котором концентрация углерода снизилась более чем на 0,1%.

5. (Задача на дополнительные баллы). Пусть углерод распределён по сечению пластины толщиной 10 мм в соответствии с законом $C(x) = \sin(10000000x/(2\pi)) + 1$. Граничные условия на левой $C_{г1} = 1$ и правой границах $C_{г2} = 1,0169$. Рассчитайте концентрацию углерода по сечению образца через 10 часов с учетом того, что процесс идет при температуре 900 °С.