

Уникальный программный ключ:
619b0f1717227ae5c5a9c00aabb4272e121f088

Рабочая программа утверждена
решением Учёного совета
ВФ НИТУ «МИСИС»
от «30» мая 2024г.
протокол № 7-24

Рабочая программа дисциплины (модуля) **Механика сплошных сред**

Закреплена за кафедрой	Электрометаллургии
Направление подготовки	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Профиль	Материаловедение и технологии новых материалов
Квалификация	бакалавр
Форма обучения	очная
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе:	Формы контроля в семестрах: зачет с оценкой 7
аудиторные занятия	54
самостоятельная работа	88

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя			
Неделя	19			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18
Практические	36	36	36	36
Контроль самостоятельной работы	2	2	2	2
В том числе в форме практ. подготовки	22	22	22	22
Итого ауд.	54	54	54	54
Контактная работа	56	56	56	56
Сам. работа	88	88	88	88
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

к.тн, Доц., Лошкарев Олег Николаевич

Рабочая программа

Механика сплошных сред

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, МиТМ-24.plx Материаловедение и технологии новых материалов, утвержденного Ученым советом ВФ НИТУ "МИСИС" 28.12.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Электromеталлургии

Протокол от 27.05.2024 г., № 9

Зав. кафедрой Еланский Д.Г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

- | | |
|-----|--|
| 1.1 | Научить основам теории пластичности и применению её приложений к решению задач, связанных с расчётом напряжённо-деформируемого состояния и температурно-скоростных условий в процессах пластической деформации металлов и сплавов. |
|-----|--|

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.06
-------------------	------------

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

2.1.1	Теплофизика. Теплотехника
-------	---------------------------

2.1.2	Физические свойства материалов
-------	--------------------------------

2.1.3	Математика
-------	------------

2.1.4	Физическая химия
-------	------------------

2.2 Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

2.2.1	Научно-исследовательская работа
-------	---------------------------------

2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР
-------	--

2.2.3	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
-------	---

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-1: Способен к выбору методов и средств испытаний и исследований изделий, изготовленных в несложных процессах термического производства

ПК-1.2: Применяет знания об основных типах современных материалов, принципах их выбора для заданных условий эксплуатации

Знать:

ПК-1.2-31 основы теории пластичности и применению её приложений к решению задач;

ПК-1.2-33 основы механики деформируемого твердого тела

ПК-1.2-32 основные типы современных материалов;

ПК-1.1: Анализирует возможности типовых методов и средств испытаний и исследований

Знать:

ПК-1.1-31 основные понятия механики деформируемого твердого тела, их прикладное значение в металлургии;

ПК-1.1-32 основные методы испытаний и исследований;

ПК-1.1-33 основы математического моделирования процессов в металлургии

ПК-1.2: Применяет знания об основных типах современных материалов, принципах их выбора для заданных условий эксплуатации

Уметь:

ПК-1.2-У1 применять основы теории пластичности к решению задач;

ПК-1.1: Анализирует возможности типовых методов и средств испытаний и исследований

Уметь:

ПК-1.1-У1 анализировать напряженное и деформированное состояние металлов при обработке давлением;

ПК-1.1-У2 составлять и решать уравнения динамики сплошных сред;

ПК-1.2: Применяет знания об основных типах современных материалов, принципах их выбора для заданных условий эксплуатации

Уметь:

ПК-1.2-У2 применять температурно-скоростные условия в процессах пластической деформации металлов и сплавов

ПК-1.1: Анализирует возможности типовых методов и средств испытаний и исследований

Уметь:

ПК-1.1-У3 использовать реологические модели сплошных сред для аппроксимации реальных свойств металлов и сплавов

ПК-1.2: Применяет знания об основных типах современных материалов, принципах их выбора для заданных условий эксплуатации						
Владеть:						
ПК-1.2-В3 навыками функционального анализа и вариационного исчисления						
ПК-1.2-В1 навыками расчета напряжённо-деформируемого состояния современных материалов;						
ПК-1.2-В2 методами решения задач механики сплошных;						
ПК-1.1: Анализирует возможности типовых методов и средств испытаний и исследований						
Владеть:						
ПК-1.1-В1 навыками о понятиях и терминах в области механики сплошных сред;						
ПК-1.1-В2 навыками теории пластичности, объяснения их и применения в профессиональной деятельности;						
ПК-1.1-В3 навыками постановки и решения задачи механики сплошных сред						
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература и эл. ресурсы	Примечание
Раздел 1. Основы механики деформируемого твердого тела						
1.1	Элементы матричного исчисления. Матрицы, действия над ними. Вращение координатного базиса. Тензоры различного ранга. Действия над тензорами. Главные значения, инварианты тензора. /Лек/	7	2	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1	
1.2	Методы анализа тензорных полей. Стационарные и нестационарные тензорные поля. Дифференциальные операторы и операции над тензорами, их применение в МСС. Интегрирование тензорных величин /Лек/	7	2	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1	
1.3	Действия над векторами и матрицами (решение задач). Отыскание главных значений и главных направлений тензоров второго ранга. Разложение тензоров. Применение дифференциальных операций над тензорами (решение задач). /Пр/	7	10	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2	
1.4	Преобразование компонент тензора различного ранга при повороте системы координат. Проработка лекционного материала. Подготовка к КР1. /Ср/	7	28	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1	
Раздел 2. Механика деформируемого твердого тела						
2.1	Деформация сплошной среды. Связь механики сплошных сред с обработкой металлов давлением. Конечные и малые деформации. Теория малых деформаций. Тензор малых деформаций, его главные значения и инварианты. Применение их в ОМД. /Лек/	7	2	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1	
2.2	Течение сплошных сред. Поле скоростей. Линии тока, траектории. Функции тока. Переменные поля в сплошной среде. Изменение механического движения во времени. Тензор скоростей деформации, его главные значения и инварианты. Накопленная степень деформации, его главные значения и инварианты. Накопленная степень деформации. Применение их в ОМД. /Лек/	7	2	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1	

2.3	Статика сплошных сред. Внешние и внутренние силы. Понятие напряжений. Тензор напряжений, главные значения и инварианты. Их физический смысл и связь с ОМД. Напряжения на характерных площадях. Октаэдрические и экстремальные касательные напряжения. /Лек/	7	2	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1	
2.4	Динамика сплошных сред. Законы сохранения массы, количества движения, момента количества движения. Закон парности касательных напряжений. Баланс мощности, работы, тепла. Уравнение теплопроводности. Их применение в ОМД. /Лек/	7	2	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1	
2.5	Реология сплошных сред. Линейное напряженное состояние. Модели сплошных сред. Объемное напряженное состояние. Теории упруго -пластического деформирования и вязкопластического течения. Области их применения в ОМД. /Лек/	7	2	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1	
2.6	Изучение конечных и малых деформаций на примере задачи об осадке прямоугольного параллелепипеда. Определение характеристик дисторсии окрестности материальной частицы по заданному закону перемещения (решение задач). Изучение связей между деформациями и изменением размеров деформируемого тела. Определение скоростных характеристик деформации (решение задач). Определение напряжений на наклонных площадках. Определение октаэдрических и максимальных касательных напряжений (решение задач). Изучение механических схем деформаций при различных процессах ОМД. Изучение функциональных зависимостей между напряжениями и деформациями (скоростями деформаций) на примере линейного, плоского и объемного напряженного состояния. Температурный критерий классификации процессов ОМД и изучение теорий для описания таких процессов. /Пр/	7	12	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2	
2.7	Проработка лекционного материала и подготовка к КР2 и КР3 /Ср/	7	32	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1	
	Раздел 3. Методы решения задач механики сплошных сред					
3.1	Математическая постановка задач МСС. Замкнутая система уравнений. Краевые условия. Механические граничные условия, их применение в процессах ОМД. Законы трения. Кинематическая и статическая постановка краевых задач. /Лек/	7	2	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2	
3.2	Методы решения задач МСС. Элементы функционального анализа и вариационного исчисления. Прямые вариационные методы. Функционалы Лагранжа и Кастилиано. Методы построения непрерывных полей скоростей. /Лек/	7	2	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2	
3.3	Рассмотрение алгоритма математической постановки и решения задачи МСС с применением вариационных принципов Лагранжа и Кастилиано на примере задачи о течении сплошной среды в прямоугольной полосе /Пр/	7	14	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2	

3.4	Проработка лекционного материала и подготовка к сдаче зачета /Ср/	7	28	ПК-1.1 ПК-1.2	Л1.1 Л1.2 Э1	
5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ						
5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)						
Вопросы к зачету ПК-1.7, ПК-2.1						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Идеализация форм существования материи. 2. Сплошная среда и связанные с ней понятия. Классификация сплошных сред. 3. Тензоры нулевого и первого рангов. Действия над ними. Примеры применения действий над тензорами в МСС. 4. Тензоры произвольного ранга. Сложение и умножение таких тензоров. 5. Тензоры второго ранга. Разложение тензора на девиаторную и сферическую части. Диагонализация тензора, его инварианты. 6. Тензоры второго ранга. Транспонирование, симметрирование и альтернирование тензоров. 7. Геометрические и физические аналоги тензоров. 8. Тензорные поля. Типы дифференциальных операторов. Примеры применения их в МСС. 9. Методы анализа тензорных полей. Типы дифференциальных операций и примеры применения их в МСС. 10. Дифференцирование тензорных величин по времени. 11. Интегральные зависимости тензорных величин. Примеры применения их в МСС. 12. Дифференцирование интегральных тензорных величин по времени. 13. Типы механического движения сплошных сред и их характеристики. 14. Теория малых деформаций. Физический смысл компонент тензора малых деформаций. Формула О.Коши в кинематике. Условие Б.Сен-Венана для малых деформаций. 15. Определение главных деформаций. Девиатор и сферическая часть тензора малых деформаций. Их физический смысл. Применение инвариантов тензора и девиатора в МСС. 16. Характеристика типов механического движения в теории малых деформаций. 17. Поле скоростей. Определение поля скоростей по заданному закону движения. 18. Траектории материальных частиц и линий тока. Дифференциальное уравнение линии тока для трехмерных и плоских течений. 19. Построение полей скоростей с помощью функций тока. Потенциальные, соленоидальные и гармонические поля скоростей. 20. Тензор скоростей деформаций. Физический смысл компонент тензора скоростей деформаций. Формула Дж.Стокса. Условие Б.Сен-Венана для компонент тензора скоростей деформаций. 21. Определение главных компонент тензора скоростей деформаций. Разложение тензора на девиатор и сферическую часть. Применение инвариантов тензора и девиатора в МСС. 22. Классификация сил, действующих на сплошные среды. Определение напряжения. 23. Связь поверхностных и внутренних напряжений. Формула О.Коши в статике. 24. Тензор напряжений. Физический смысл его компонент. 25. Определение главных компонент тензора напряжений. Разложение тензора на девиатор и сферическую часть. Применение инвариантов тензора и девиатора в МСС. 26. Октаэдрические напряжения, их связь с инвариантами тензора и девиатора напряжений. 27. Экстремальные касательные напряжения, их значение в МСС и теории ОМД. 28. Вывод уравнения неразрывности среды. Его частные варианты. Примеры применения уравнения в математической постановке задач МСС. 29. Вывод уравнения движения. Его частные варианты. Примеры применения уравнения в математической постановке задач МСС. 30. Тензоры функции напряжений Э.Бельтрами. Дж.Максвелла и функция напряжений Дж.Эри. Их значение при решении задач МСС. 31. Теорема о парности касательных напряжений. 32. Баланс мощности. Примеры применения его в реализации задач МСС. 33. Баланс работы. Примеры применения его в реализации задач МСС. 34. Вывод уравнения теплопроводности. Его частные варианты и области их применения. Математическая постановка температурных задач. 35. Связь параметров напряженного и деформированного состояний для анизотропных сред. 36. Линейная изотропная зависимость между тензорами напряжений и деформаций. 37. Теория УПД. Ее значение для решения задач ОМД и область применения. 38. Теория ВПТ. Ее значение для решения задач ОМД и область применения. 39. Механическая схема деформаций. Ее вид при растяжении, сжатии. Холодная, горячая и теплая деформации металла. 40. Диаграмма механического состояния металла при растяжении-сжатии. Приведение ее к инвариантной форме для упругопластичных и вязкопластичных сред. 41. Условие пластичности, его частные варианты и значение в теории ОМД. 42. Степень деформации сдвига и ее значение для оценки технологических параметров процессов ОМД. 43. Модели упругопластичных сред. Область их применения. 44. Модели вязкопластичных сред. Область их применения. 45. Математическая постановка краевых задач МСС. Типы механических граничных условий. Пример такой постановки. 						

46. Кинематическая постановка краевых задач МСС и ее преимущества в сравнении с другими постановками.
47. Статическая постановка краевых задач МСС и основные трудности ее реализации.
48. Суть постановки вариационных задач. Примеры решения простейших вариационных задач.
49. Элементы функционального анализа. Линейная независимость функций. Скалярное произведение и норма функций.
50. Ортогонализация и нормирование функциональных пространств.
51. Прямые вариационные методы В.Ритца и Л.В.Канторовича. Области их применения.
52. Метод И.Г.Бубнова-Б.Г.Галеркина. Его связь с вариационными задачами.
53. Вариационный принцип Ж.Лагранжа. Область его применения.
54. Вариационный принцип А.Кастилиано. Область его применения.

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

ПК-1.7, ПК-2.1

Контрольная работа №1

Вариант №1

1. Как записывается матрица вектора при его умножении на тензор слева?
2. Как находится альтернативная часть тензора?
3. По заданному вектору $\vec{a} = \llbracket \mathbf{a} \rrbracket$ и тензору $T_b = \llbracket \mathbf{b} \rrbracket$ вычислить: значение $\vec{c} = T_b \cdot \vec{a}$; скалярное произведение \vec{a} и \vec{c} ; векторное произведение \vec{c} и \vec{a} ; тензорное произведение \vec{a} и \vec{c} .
4. Записать матрицу тензора T_b из п.3 в его главной системе координат.
5. По векторному полю \vec{v} с компонентами $v_1 = x_1 x_2$; $v_2 = x_1^2 + x_2^2$ в точке с координатами $x_1 = 1$; $x_2 = 4$ найти единичный вектор \vec{n} , направленный по касательной к изолинии скалярного поля $\phi = \nabla \cdot \vec{v}$.

Контрольная работа №2

Вариант №2

1. Какому закону удовлетворяют компоненты a_{ik} строк матрицы косинусов?
2. Чем характеризуется поступательное движение малой окрестности материальной частицы?
3. Какой физический смысл боковых компонент тензора малых деформаций?
4. Для заданного в прямоугольной декартовой системе координат вектора перемещения определить характеристики дисторсии окрестности материальной частицы с центром в т.М (2,1,1):
 - а) деформацию;
 - б) вектор жесткого поворота.
5. По найденному в п.4 тензору деформации определить главные деформации и охарактеризовать изменение размеров, объема и формы первоначально элементарного куба в т.М.
6. Используя результаты п.5. определить интенсивность деформаций сдвига

Контрольная работа №3

Вариант №4

1. Какие внешние силовые факторы в общем случае действуют на сплошную среду?
2. Какая среда называется однородной?
3. Как вычисляется мощность внутренних сил, расходуемая на изменение формы деформируемого тела?
4. По заданному тензору напряжений T_{σ} определить напряжения σ_{11} , σ_{22} и σ_{12} на наклонной площадке с нормалью $\vec{n} = (2, -2)$.
5. Для тензора напряжений в п.4 найти октаэдрические напряжения и максимальные касательные напряжения.
6. Проверить выполнение уравнений равновесия для заданной системы напряжений

$$\sigma_{11} = 3x_1x_2^2 + 3x_1^2x_2;$$

$$\sigma_{22} = 5x_1^2x_2^3 + 2x_1^2x_2;$$

$$\sigma_{12} = -2x_1^3x_2^2.$$

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

По данной дисциплине экзамен не предусмотрен

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики, НИР)

Оценку "отлично" получает студент своевременно сдавший домашнее задание и правильно ответил на вопросы.
 Оценку "хорошо" получает студент своевременно сдавший домашнее задание (допускаются ошибки) и неполно ответил на вопросы.
 Оценку "удовлетворительно" получает студент, показавший посредственные знания в освоении дисциплины

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Кучеряев Б.В.	Механика сплошных сред (теоретические основы обработки давлением композитных металлов с задачами и решениями, примерами и упражнениями): учебник	Электронный каталог	Москва МИСиС, 2006
Л1.2	Шинкин В.Н.	Механика сплошных сред для металлургов: учебник	Электронный каталог	Москва МИСиС, 2014

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Механика сплошных сред	http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7628 .
Э2	Механика сплошных сред	http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4484

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	MS Office
П.2	LMS Canvas
П.3	Microsoft PowerPoint
П.4	Microsoft Excel
П.5	Microsoft Word
П.6	MS Teams

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
4	Механика сплошных сред	компьютер, проектор, экран, интерактивная доска комплект тематических презентаций, доступ к
4	Механика сплошных сред	компьютер, проектор, экран, интерактивная доска комплект тематических презентаций, доступ к
4	Механика сплошных сред	компьютер, проектор, экран, интерактивная доска комплект тематических презентаций, доступ к
6	Механика сплошных сред	Компьютеры, доступ к интернету

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Весь курс разделен на самостоятельные взаимосвязанные части, т.е. имеет модульное построение. Развитие самостоятельности студентов достигается индивидуализацией домашних заданий и вопросов для внутрисеместрового контроля знаний. Это обеспечивается методическими разработками, созданными в электронном формате, существенно повышающими эффективность самостоятельной работы студентов.

Лекции проводятся с использованием мультимедийных технологий в специально оборудованных аудиториях, при этом лекционный материал демонстрируется с использованием графического редактора Power Point.

При выполнении домашних заданий осваиваются классические методы изучения вопроса. Такая возможность обеспечивается рациональным использованием времени при проведении лекций с широким привлечением мультимедийной техники, и Интернета, а также формированием требований к подготовке студентов по предшествующим дисциплинам. Дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.