

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра материаловедения и технологии
художественных изделий

ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

*Методические указания к самостоятельной работе
для студентов бакалавриата направления 29.03.04*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 669.018.2 + 669.017.53 (073)

ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ:
методические указания к самостоятельной работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *А.В. Сивенков*. СПб, 2021. 14 с.

Дисциплина посвящена изучению общих сведений о физических и механических свойствах материалов, выбору материалов с заданными физико-механическими характеристиками, определению механических и физических свойств материалов конструкционного и функционального назначения.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 29.03.04 «Технология художественной обработки материалов» всех форм обучения. Предложены варианты самостоятельных заданий и библиографический список рекомендуемой литературы.

Научный редактор проф. *Е.И. Пряхин*

Рецензент к.т.н. *С.А. Филиппов* (Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2021

1. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ

Учебным планом дисциплины предусмотрено выполнение студентами очной форм обучения домашнего задания при самостоятельной работе. Содержание заданий самостоятельной работы призвано привить студентам навыки решения прикладных задач с использованием данных измерений механических характеристик и физических свойств, умение правильно выбирать материалы с особыми физическими свойствами для изготовления конкретных деталей изделий.

Домашнее задание самостоятельной работы следует выполнять по мере прохождения курса: раздела "Механические свойства" и раздела "Физические свойства".

Все задания составлены в 10 вариантах. Вариант выбирается по последней цифре шифра студента.

Домашнее задание № 1, 2, 3, 4 по разделу «Механические свойства материалов». Все данные для ответов на вопросы этой части самостоятельной работы имеются в учебнике [2]. Обозначение величин также приводится в соответствии с этим учебником.

При расчете коэффициентов мягкости, трехосности (в задании № 1) принять, что коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$.

Домашнее задание № 5, 6, 7, 8 по разделу «Физические свойства материалов». Все данные для составления ответов на задания 5, 6 имеются в учебнике [3]. Обозначения величин даны в соответствии с этим учебником.

Задания 7, 8. При составлении ответа на 1-й вопрос необходимо привести таблицу со значениями магнитной проницаемости и с помощью Excel построить на одном графике основную кривую намагничивания и зависимость магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля [3, с. 68-69].

Данные для ответа на второй вопрос имеются в учебных пособиях [4, 5]. Желательно из нескольких возможных выбрать наиболее подходящий сплав, подробно обосновав свой выбор.

Задания выполняются в виде рукописи машинописным спо-

собом. Вопросы задания записываются в отчет, полные развернутые ответы даются после записи каждого вопроса.

Рисунки и графики должны сопровождаться необходимыми обозначениями, надписями и пояснениями. Все условные обозначения должны быть расшифрованы при первом упоминании.

В конце выполненных работ должен быть список использованной литературы и других источников, должна быть указана дата сдачи работы на проверку.

1.1. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ ПО РАЗДЕЛУ «МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ»

Задание 1

Состоит из двух задач.

По приведенным в табл. 1 вариантам компонентов тензора напряжений S_1, S_2, S_3 :

- а) определите тип напряженного состояния;
- б) изобразите схему приложения нагрузки;
- в) запишите тензор напряжений в матричной форме;
- г) рассчитайте коэффициенты мягкости и трехосности. Приведите определения этих коэффициентов и дайте оценку полученным значениям.

При расчете коэффициентов мягкости, трехосности принять, что коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$.

Таблица 1

№ варианта	Задание 1 задача 1			Задание 1 задача 2		
	S_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3
1	S	0	0	0	$-0,5S$	$-S$
2	S	S	0	0	$-S$	$-S$
3	S	S	$0,5S$	$-0,5S$	$-S$	$-1,5S$
4	S	$0,5S$	0	S	$0,4S$	$-0,4S$
5	S	$0,5S$	$0,5S$	0	$-0,5S$	$-S$
6	S	0	$-S$	$-0,4S$	$-0,4S$	$-S$
7	S	$0,7S$	$0,5S$	0	$-0,2S$	$-S$

Окончание таблицы 1

№ варианта	Задание 1 задача 1			Задание 1 задача 2		
	S_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3
8	S	$0,25S$	0	S	$0,8S$	$0,6S$
9	0	0	S	$-S$	$-2,5 S$	$-2,5S$
10	S	0	$-0,5S$	S	S	$0,4S$

Задание 2

Состоит из двух задач.

По указанным в табл. 2 вариантам компонентом тензора напряжений S_X , S_Y , S_Z , модуля сдвига G и коэффициента Пуассона ν рассчитайте:

- компоненты тензора деформаций для изотропного тела;
- величину максимальных касательных напряжений.

Таблица 2

№ варианта	Задание 2 задача 1					Задание 2 задача 2				
	S_x МПа	S_y МПа	S_z МПа	G МПа	ν	S_x МПа	S_y МПа	S_z МПа	G МПа	ν
1	100	50	50	72,5	0,31	20	-10	-20	3,78	0,32
2	70	35	0	46,6	0,34	-20	-40	-80	37,3	0,34
3	30	30	0	5,5	0,36	70	35	-35	53,8	0,30
4	-30	-60	-90	155,0	0,29	100	100	60	37,6	0,33
5	50	50	50	28,2	0,42	0	-20	-100	70,4	0,35
6	100	0	-50	141,0	0,28	60	60	15	40,0	0,38
7	100	0	0	68,7	0,31	-20	-50	-50	26,1	0,34
8	0	0	-60	20,7	0,33	50	40	30	20,7	0,33
9	100	70	50	134,6	0,30	40	40	-40	17,6	0,28
10	60	0	-60	29,0	0,38	-50	-50	-125	155,0	0,29

Задание 3

По приведенным в табл. 3 значениям сопротивления началу пластической деформации t_m , сопротивления срезам t_{cp} и сопротивле-

ния отрыву S_{om} :

а) определите вид разрушения по построенной диаграмме механического состояния Фридмана для значения коэффициентов мягкости α_1 и α_2 , приведенных в табл. 3;

б) изобразите схематически диаграммы деформации;

в) дайте сравнительную характеристику вязкого и хрупкого разрушений;

г) охарактеризуйте методы оценки хладноломкости и способы борьбы с ней.

Таблица 3

№ варианта	t_m , МПа	t_{cp} , МПа	S_{om} , МПа	α_1	α_2
1	500	600	800	2,0	0,5
2	400	500	450	5,3	1,3
3	750	810	800	3,0	0,3
4	600	700	700	4,5	0,7
5	450	550	600	2,2	0,6
6	800	850	500	5,5	0,4
7	700	770	500	2,5	0,5
8	780	850	650	3,5	1,3
9	110	1300	100	8,0	1,0
10	650	750	450	7,3	1,3

Задание 4

Состоит из трех задач.

В табл. 4 приведены буквенные обозначения характеристик механических свойств металлов, принятые в [2]:

а) назовите наименование величины, ее единицу измерения и опишите, что она характеризует;

б) укажите ее зарубежное название и обозначение;

в) опишите методику (или методики) ее определения, схему нагружения, образцы для испытаний и используемые при этом расчетные формулы. Укажите ГОСТ и другие международные стандарты, описывающие методику ее определения.

Таблица 4

№ варианта	Задание 4 задача 1	Задание 4 задача 2	Задание 4 задача 3
	Характеристика механических свойств		
1	$\sigma_{\text{пл}}$	<i>HB</i>	$\sigma_{0,3}$
2	$\sigma_{\text{упр}}$	$\sigma_{0,2}^{\text{нзг}}$	<i>HRA</i>
3	σ_T	<i>G</i>	<i>HRB</i>
4	σ_T^B	$\sigma_{0,005}$	<i>HRC (HRC₃)</i>
5	σ_T^H	<i>HV</i>	$\sigma_{0,001}$
6	σ_B	$\tau_{\text{пл}}$	H_μ
7	$\sigma_B^{\text{нзг}}$	ψ	$H_D (H_A)$
8	$\tau_{0,3}$	<i>KCU</i>	<i>HSD</i>
9	E	$\sigma_{0,2}$	<i>KCV</i>
10	δ	$\sigma_{0,1}$	<i>KCT</i>

1.2. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ ПО РАЗДЕЛУ «ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ»

Задание 5

Состоит из трех задач.

Заданные в задачах 1, 2, 3 металлы выберите из табл. 5.

Задача 1. Вычислите, во сколько раз увеличится удельное электрическое сопротивление до плавления и при плавлении металла ... (см. табл. 5). Дайте объяснение этим изменениям.

Задача 2. Определите изменение энтальпии (в расчете на 1 кг массы) при нагревании металла ... (см. табл. 5) от 300 К до температуры плавления. Дайте объяснение этому изменению.

Задача 3. Вычислите изменение объема 1 кг металла ... (см. табл. 5):

- при приложении всестороннего давления 108 Па;
- при повышении температуры с 273 К до 373 К.

Дайте объяснение этим изменениям.

Таблица 5

№ варианта	Задание 5 Задача1		Задание 5 Задача2		Задание 5 Задача3	
	1	Pt	Ag	In	Sr	Co
2	Pb	Fe	Ti	Ba	Ni	Ta
3	Cd	Zn	V	La	Mg	W
4	Fe	Sn	Mn	Hf	Al	Cd
5	Al	W	Zn	Re	Cu	Pt
6	Cu	Ni	Co	Os	Zn	Ru
7	Mg	Pb	Zr	Li	Li	Rh
8	Mn	Cd	Nb	Cu	Ca	Bi
9	Ni	Al	Pb	Na	Ag	Fe
10	Pt	Bi	Sn	W	Zr	Mn

Задание 6

В табл. 6 приведены значения магнитной индукции на основной кривой намагничивания ферромагнитного сплава:

а) постройте с помощью Excel по этим данным зависимость магнитной проницаемости от напряженности поля;

б) определите величину максимальной магнитной проницаемости;

в) рассчитайте (приблизительно) величину коэрцитивной силы и определите, к какой группе магнитных материалов относится сплав.

Задание 7

Подберите материал для изготовления изделия, указанного в табл. 7. Приведите режим термической обработки и уровень после него эксплуатационных свойств сплава.

Задание 8

Состоит из двух задач.

В табл. 8 приводятся буквенные обозначения физических величин, принятые в [3], и их единицы измерения:

а) дайте наименование величины и опишите, что она характе-

ризует;

б) приведите метод (или методы) ее определения и используемые при этом расчетные формулы;

в) укажите, в каких пределах она может изменяться для чистых металлов;

г) опишите влияние на нее температуры, пластической деформации и состава твердого раствора;

д) укажите ее зарубежное название, обозначение и стандарт (стандарты), описывающий методику ее определения.

Таблица 6

№ варианта	Задание 6													
	Значение индукции B , Тл, при напряженности поля H , А/м													
	5	10	15	20	25	30	40	50	75	100	125	150	200	250
1	1,50	1,66	1,72	1,77	1,81	1,85	1,9	1,93	1,98	1,99	2,0	2,0	2,0	2,0
2	0,03	0,13	0,3	0,5	0,7	0,83	1,0	1,12	1,3	1,4	1,43	1,45	1,46	1,46
3	0,005	0,01	0,03	0,06	0,09	0,14	0,3	0,5	0,78	0,91	0,97	0,99	1,0	1,0
4	0,005	0,01	0,015	0,02	0,03	0,045	0,08	0,12	0,26	0,41	0,53	0,62	0,71	0,72
5	0,015	0,05	0,11	0,17	0,25	0,33	0,44	0,49	0,58	0,61	0,65	0,66	0,66	0,66
6	0,10	0,75	0,87	0,92	0,96	1,0	1,05	1,09	1,17	1,21	1,25	1,27	1,29	1,3
7	0,02	0,04	0,06	0,10	0,14	0,24	0,5	0,67	0,96	1,12	1,26	1,35	1,5	1,57
8	0,70	1,32	1,46	1,51	1,56	1,6	1,68	1,75	1,86	1,94	1,96	1,98	2,0	2,0
9	0,005	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09	0,16	0,25	0,49	0,86	1,3	1,52	1,79	1,9
10	0,65	0,71	0,73	0,74	0,75	0,755	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76

Таблица 7

№ варианта	Задание 7	
	Изделие	
1	Проволока для спая со стеклом, ТКЛР которого в интервале температур 20...400 °С составляет $5 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$.	
2	Полосные наконечники магнитопровода с максимальным полем в рабочем зазоре 2,20 Тл.	
3	Коммутационный элемент с внешней памятью, управляющий герконом.	
4	Высокочастотные резисторы с предельной температурой нагрева 400 °С и температурным коэффициентом сопротивления не выше $3 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$.	
5	Статор бытового электродвигателя средней скорости.	
6	Мерная линейка геодезического прибора для работы в климатическом интервале температур.	
7	Постоянный магнит в приборе, где основным требованием является получение минимальных габаритов.	
8	Сердечник силового трансформатора на подстанции с выходным напряжением 6,6 кВ.	
9	Нагревательные элементы термической печи сопротивления с максимальной рабочей температурой 1200 °С без защитной атмосферы.	
10	Сердечник головки магнитной записи.	

Таблица 8

№ варианта	Задание 8	
	Задача 1	Задача 2
1	$H_S, \text{ А/м}$	$\rho, \text{ Ом}\cdot\text{м}$
2	$H_C, \text{ А/м}$	$\lambda, \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
3	μ_{max}	$c_p, \text{ Дж}/(\text{г}\cdot\text{К})$
4	μ_a	$V, \text{ м}^3/\text{кг}$
5	$Q, \text{ Дж}/\text{м}^3$	$\alpha, \text{ К}^{-1}$
6	$B_S, \text{ Тл}$	$d, \text{ кг}/\text{м}^3$
7	$B_r, \text{ Тл}$	$\alpha_{20-70}, \text{ град}^{-1}$
8	$\chi, \text{ см}^2/\text{Н}$	$C_T, \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$

Окончание таблицы 8

№ варианта	Задание 8 Задача 1	Задание 8 Задача 2
9	e_{abc} , мкВ/К	λ_s
10	C_p , Дж/(моль·К)	γ , Ом ⁻¹ ·м ⁻¹

2. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература:

1. *Солнцев Ю.П.* Материаловедение: Учебник для ВУЗов / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин. - СПб.:Химиздат, 2007, 783 с.
2. *Золоторевский В.С.* Механические свойства металлов: Учебник для вузов. - М.: Металлургия, 1983, 352с.
3. *Лившиц Б.Г.* Физические свойства металлов и сплавов: Учебник для вузов / Б.Г. Лившиц, В.С. Кравошин, Я.Л. Липецкий. -М.: Металлургия, 1980, 320с.
4. *Теплухих Г.Н.* Стали и сплавы с особыми физическими свойствами: Учеб. пособие / Г.Н. Теплухих, С.А. Хазанов. - Л.: СЗПИ, 1980, 80с.
5. *Хазанов С.А.* Материалы с особыми магнитными свойствами: Учеб. пособие. -СПб.: СЗПИ, 1992, 74с.

Дополнительная литература:

6. Металловедение и термическая обработка стали: Справ. изд. в 3-х т.т. / под ред. М.Л. Бернштейна, А.Г. Рахштадта. - 4-е изд., перераб. и доп. Т. I, кн. 2. М.: Металлургия, 1991, 402с.
7. *Сивенков А.В.* Механические и физические свойства материалов. Механические свойства: методические указания к выполнению лабораторных работ. – СПб.: НМСУ «Горный», 2013, 33 с.
8. *Сивенков А.В.* Механические и физические свойства материалов. Физические свойства: Методические указания к выполнению лабораторных работ. – СПб.: НМСУ «Горный», 2013, 47 с.
9. *Балтевич В.Л.* Техническая керамика: Учеб. пособие для вузов. - М.: Стройиздат, 1984, 256с.
10. *Кулезнев В.Н.* Химия и физика полимеров: Учебник для вузов / В.Н. Кулезнев, В.А. Шершнев. - М.: Высш. школа, 1988, 312с.
11. Физическое материаловедение: в 3-х т.т. / под ред. Р.У. Кана, П.Т. Хвалена. - 3-е изд. Т.3: Физико-механические свойства металлов и сплавов: пер. с англ. М.: Металлургия, 1987, 663с.
12. Справочная информация для студентов [Электронный ресурс] / Web-мастер Сивенков А.В. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://metall-2006.narod.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Домашнее задание и методические указания к его выполнению	3
1.1. Домашнее задание по разделу «механические свойства материалов»	4
1.2. Домашнее задание по разделу «физические свойства материалов»	7
2. Рекомендуемый библиографический список	13

ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

*Методические указания к самостоятельной работе
для студентов бакалавриата направления 29.03.04*

Сост.: *А.В. Сивенков*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
материаловедения и технологии художественных изделий

Ответственный за выпуск *А.В. Сивенков*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 20.05.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 0,8. Усл.кр.-отт. 0,8. Уч.-изд.л. 0,7. Тираж 75 экз. Заказ 422.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2