

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

\_\_\_\_\_  
Руководитель ОПОП ВО  
профессор Е.И. Пряхин

\_\_\_\_\_  
Проректор по образовательной  
деятельности доцент Д.Г. Петраков

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### ***Инструментальные материалы***

<b>Уровень высшего образования:</b>	Бакалавриат
<b>Направление подготовки:</b>	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
<b>Направленность (профиль):</b>	Материаловедение и технологии новых материалов
<b>Квалификация выпускника:</b>	Бакалавр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доцент Шахназаров К.Ю.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Инструментальные материалы» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «22.03.01 Материаловедение и технологии материалов», утвержденного приказом Минобрнауки России № 701 от 02 июня 2020 г.;

- на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки «22.03.01 Материаловедение и технологии материалов», направленность (профиль) «Материаловедение и технологии новых материалов».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Шахназаров К.Ю.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Материаловедения и технологии художественных изделий» от 09 февраля 2022 г., протокол № 7.**

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н, проф. Е.И. Пряхин

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование у студентов системы знаний для оптимального выбора материалов и технологических способов производства заготовок, применяемых для изготовления изделий машиностроения различного назначения, обеспечивающих требуемые эксплуатационные свойства и наибольшую экономичность изготовления, применения этих знаний на практике. Изучение дисциплины обеспечивается лекциями при этом большое значение приобретает самостоятельная работа над изучаемым материалом.

Цель преподавания дисциплины – изучение структуры и свойств инструментальных материалов, их использование в инструментах различного назначения.

Задачи изучения дисциплины – усвоение основных требований к материалам, используемым в технологии получения и эксплуатации инструментов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Инструментальные материалы» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» направленность (профиль) «Материаловедение и технологии новых материалов» и изучается в 7 семестре.

Дисциплина «Инструментальные материалы» относится к циклу профессиональных дисциплин и входит в его вариативную часть. Для успешного усвоения курса «Инструментальные материалы» ему должны предшествовать следующие дисциплины: «Физика», «Общее материаловедение и технологии материалов», «Теория строения материалов», «Коррозия и коррозионностойкие покрытия», «Методы исследования материалов и процессов», «Механические и физические свойства материалов», «Технология получения изделий в машиностроении», «Теория и технология термической и химико-термической обработки», «Машиностроительные материалы».

Дисциплина читается в первом семестре четвертого курса бакалавриата и позиционируется как обобщающий итог по всем ранее изученным дисциплинам профессионального цикла, развивающий умение применить на практике полученные за все годы обучения знания по профессиональной базовой части.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Инструментальные материалы» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	ОПК-1.	ОПК-1.2. Применяет историю и основные этапы развития науки о металлах; общие сведения о материаловедении; вклад русских и зарубежных ученых в развитие и разработку новых материалов
Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обра-	ОПК-4.	ОПК-4.2. Использует оборудование и методику пробоподготовки образцов материалов для макро- и микроскопического исследования

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
батывать и представлять экспериментальные данные		
<i>Способность использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в проектной деятельности в области материаловедения и технологии материалов</i>	<i>ПКС-1.</i>	ПКС-1.1. Умеет прогнозировать на основе информационного поиска конкурентную способность материалов и технологий. ПКС-1.4. Владеет навыками использования технических средств для измерения и контроля основных механических и физических свойств материалов и изделий из них

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Объём дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы., 144 ак. часа

Вид учебной работы	Всего часов	Ак часы по семестрам
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
Лекции	34	34
Практические занятия (ПЗ)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	17
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>76</b>	<b>76</b>
В том числе:		
Курсовой проект (работа)	-	-
Расчётно-графические работы	-	-
Реферат	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы:</i>		
Подготовка к лабораторным работам	40	40
Защита лабораторных работ	6	6
Подготовка к практическим	30	30
Вид промежуточной аттестации (диф. зачёт (ДЗ))	(ДЗ)	(ДЗ)
Общая трудоёмкость		
час	<b>144</b>	<b>144</b>
зач. ед.	<b>4</b>	<b>4</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

#### 4.2.1 Разделы дисциплин и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
Введение.	14	2	2	2	8
1.1 Особенности легирования и структура стали.	22	4	4	4	10
1.2 Свойства инструментальных материалов и методы их определения.	18	4	2	2	10
1.3 Высокоуглеродистые нелегированные и легированные стали для резания и холодного деформирования.	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>10</b>
1.4 Стали для измерительных и ударных инструментов.	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>12</b>
1.5 Стали для инструмента горячего деформирования и пресс-форм литья под давлением.	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>16</b>
1.6 Быстрорежущие стали. Методы поверхностного упрочнения.	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
1.7 Твердые и сверхтвердые материалы	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>76</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость в ак часах
1	Введение	Основные принципы выбора инструментальных материалов и технологий их термической обработки.	2
Раздел 1 Инструментальные стали			
2	1.1 Особенности легирования и структура стали.	1. Влияние легирующих элементов на формирование структуры и свойств инструментальных материалов. 2. Характеристика распределения карбидов.	4
3	1.2 Свойства инструментальных материалов и методы их определения.	1. «Холодная твердость». 2. «Горячая твердость». 3. Отпускоустойчивость. 4. Карбидная неоднородность.	4
4	1.3 Высокоуглеродистые нелегированные и легированные стали для резания и холодного деформирования.	1. Влияние легирования на структуру после отжига. 2. Карбидная сетка, карбидная неоднородность. 3. Влияние легирования и температуры закалки на прокаливаемость, теплостойкость и	4

		количество остаточного аустенита. 4. Низкий отпуск, влияние на свойства.	
5	1.4 Стали для измерительных и ударных инструментов.	1. Легирование. Структурные превращения аустенита и мартенсита в процессе эксплуатации и вылеживания. 2. Требования по постоянству удельного объема, чистоте поверхности, притираемости. 3. Особенности термической обработки.	4
6	1.5 Стали для инструмента горячего деформирования и прессформ литья под давлением.	1. Особенности работы и основные требования к инструменту для статического и динамического деформирования. 2. Взаимосвязь механических свойств при полной и неполной прокаливаемости 3. Легирование. Термическая обработка.	4
7	1.6 Быстрорежущие стали. Способы поверхностного упрочнения.	1. Основы легирования. Роль хрома и вольфрама, молибдена, ванадия и кобальта. 2. Шлифуемость, теплостойкость. Распад остаточного аустенита. 3. Взаимосвязь механических свойств и теплостойкости. 4. Порошковые быстрорежущие стали. 5. Цианирование. Азотирование. Нитроцементация. Оксидирование. Цементация. Диффузионное хромирование. Осаждение карбидов и нитридов. 6. Наплавка и напыление. Материалы для наплавки, теплостойкие стали, сплавы с интерметаллидным упрочнением.	4
8	2.1 Твердые и сверхтвердые материалы	1. Компоненты: цементирующие металлы-связки (кобальт, никель), износостойкие карбиды. Физические и механические свойства компонентов и сплавов. 2. Прессование, спекание, поверхностное упрочнение. 3. Взаимосвязь твердости, прочности и теплостойкости. 4. Маркировка, классификация по областям применения.	8
		<b>Итого</b>	<b>34</b>

#### 4.2.3. Практические занятия (семинары):

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоёмкость (час.)
1	1.1	Методология выбора инструментальных материалов с особыми физическими свойствами. Решение задач.	4
2	1.3	Выбор марки стали, применяющейся для холодной штамповки. Пути повышения стойкости инструмента для холодного деформирования.	2
3	1.4	Выбор марки стали для измерительного инструмента. Обоснование легирования и термообработки.	6

4	1.5	Выбор технологии термообработки инструмента для горячего деформирования и пресс-форм литья под давлением.	5
		<b>Итого</b>	<b>17</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы:

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоёмкость (час.)
1	1.4	Исследование отпускостойчивости углеродистых и низколегированных сталей.	6
2	1.6	Исследование отпускостойчивости средне-и высоколегированных сталей.	4
3		Исследование микроструктуры быстрорежущих сталей. Определение балла карбидной неоднородности.	7
		<b>Итого</b>	<b>17</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

«курсовые работы (проекты) не предусмотрены»

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

**Курсовая работа** позволяет обучающимся развить навыки научного поиска.

### 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 6.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

##### Раздел 1. Инструментальные стали

1. Как взаимосвязаны твердость, теплостойкость и пластичность инструментальных материалов?

2. По какой причине повышение критических точек под влиянием сильных карбидообразующих элементов положительно влияет на теплостойкость?
3. Почему  $\alpha$  – фаза бейнита содержит меньше углерода, чем мартенсит, но больше, чем  $\alpha$  – фаза перлита?
4. Какова природа стабилизации остаточного аустенита при мартенситном и бейнитном превращениях?
5. Почему замедление охлаждения, или изотермическая выдержка, в мартенситном интервале увеличивает количество остаточного аустенита?

## **Раздел 2. Твердые и сверхтвердые материалы**

1. Каковы специфические свойства сталей, твердых сплавов и сверхтвердых материалов?
2. Для чего в твердые сплавы вводят карбиды титана, тантала?
3. Почему твердые сплавы получают способом порошковой металлургии?
4. Какие процессы происходят при спекании?
5. Что означают буквы «Р», «М» и «К» в маркировке?
6. Почему в качестве связки используют очень дорогой и очень дефицитный кобальт?
7. Почему теплостойкость твердых сплавов выше, чем у быстрорежущих сталей?
8. Почему при прочих равных условиях нагрев режущей кромки инструмента из твердых сплавов ниже, чем у быстрорежущих сталей?

## **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)**

### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий для подготовки к зачету (по дисциплине):**

1. Каков механизм упрочнения стали при закалке
2. От чего зависит уровень прочности после отпуска
3. Каков механизм упрочнения при дисперсионном твердении
4. Как зависит прочность от дисперсности частиц, выделяющихся при отпуске
5. Какова природа упрочнения при холодном наклепе
6. Как зависит упрочнение от температуры и степени деформации
7. Каков механизм и технология упрочнения при обработке на сверхмелкое зерно
8. Как влияет аустенит прямого и обратного превращения на  $\sigma_{0,2}$  и КСЧ
9. Какова природа высокой прочности металлических стекол
10. Как влияет нагрев на структуру и свойства металлических стекол
11. Какова природа высокой прочности нитевидных кристаллов
12. Каков механизм упрочнения композитов дисперсными частицами
13. Какова природа высокой прочности и анизотропии свойств волокнистых композитов
14. Почему эвтектические сплавы называют естественными композитами
15. Как проводят испытания на замедленное разрушение
16. Как влияет уровень прочности на сопротивление замедленному разрушению
17. Почему при травлении и гальванопокрытиях происходит наводороживание
18. Какова суть эффекта Ребиндера
19. Почему трещины чаще всего наблюдаются на шлифованных поверхностях
20. Может ли водородное охрупчивание быть обратимым
21. Почему у рисок клейм начинается коррозионное растрескивание
22. С какой целью вместо закалки с низким отпуском проводят изотермическую закалку
23. Целесообразно ли использование дисперсно-твердеющих сталей при отсутствии требований по теплостойкости
24. Почему отпуск нужно проводить два и более раз
25. Как влияет старение на механические свойства
26. Почему титан и молибден называют элементами-упрочнителями
27. Какие недостатки у мартенситно-стареющих сталей
28. В чем заключается способ тепловой стабилизации остаточного аустенита
29. Почему стали переходного класса являются малоуглеродистыми
30. Как изменяется твердость в зоне термического влияния сварного шва
31. Почему остаточный аустенит стабилен до очень низких температур



32. Что такое фазовый наклеп
33. Почему холодная деформация может привести к разному увеличению прочности
34. Какие легирующие элементы способствуют интенсификации дисперсионного твердения
35. Может ли относительное удлинение увеличиваться при понижении температуры испытания
36. В чем заключается трип эффект
37. Каковы функции матрицы и армирующего материала
38. Какие структурные изменения происходят после старения при температурах выше 520°C

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к диф. зачету

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Нагрев высокопрочных сталей выше линии $A_{c3}$ , выдержка и охлаждение со скоростью выше критической называется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. полной закалкой.</li> <li>2. старением.</li> <li>3. отпуском.</li> <li>4. нормализацией.</li> </ol>
2.	Нагрев высокопрочных сталей выше линии $A_{c3}$ , выдержка и охлаждение на воздухе называется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. патентированием.</li> <li>2. гомогенизацией.</li> <li>3. изотермической закалкой.</li> <li>4. нормализацией.</li> </ol>
3.	Нагрев высокопрочных сталей выше линии $A_{c3}$ , выдержка и охлаждение с печью называется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. отжигом.</li> <li>2. отпуском.</li> <li>3. светлой закалкой.</li> <li>4. ступенчатой закалкой.</li> </ol>
4.	За счет наклепа высокопрочных сталей в процессе холодной пластической деформации происходит:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. разупрочнение.</li> <li>2. упрочнение.</li> <li>3. коагуляция карбидов.</li> <li>4. выделение интерметаллидных фаз.</li> </ol>
5.	Сталь марки 03Н18К9М5Т относится к классу:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. высокопрочных мартенситностареющих сталей.</li> <li>2. пружинных сталей.</li> <li>3. ПНП-сталей.</li> <li>4. сталей для холодной штамповки.</li> </ol>
6.	Прокаливаемость высокопрочных сталей определяют:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. dilatометром.</li> <li>2. аустенометром.</li> <li>3. методом торцевой закалки.</li> <li>4. рентгеноструктурным анализом.</li> </ol>
7.	Все легирующие элементы кроме ... повышают прокаливаемость высокопрочных сталей.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. кобальта.</li> <li>2. хрома.</li> <li>3. марганца.</li> <li>4. молибдена.</li> </ol>
8.	Легирование высокопрочных сталей хромом и никелем приводит к:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. повышению коррозионной стойкости.</li> <li>2. снижению карбидной неоднородности.</li> <li>3. релаксации внутренних напряжений.</li> <li>4. снижению количества остаточного аустенита.</li> </ol>
9.	Обезуглероживание поверхностного слоя при нагреве высокопрочных сталей приводит к:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. снижению антифрикционных свойств.</li> <li>2. снижению твердости.</li> <li>3. снижению коррозионной стойкости.</li> </ol>

		4. повышению красностойкости.
10.	Линейными дефектами кристаллической решетки высокопрочных сталей являются:	1. неметаллические включения. 2. скопления оксидов. 3. скопления сульфидов. 4. дислокации.!
11.	Выделение интерметаллидных фаз в процессе старения высокопрочных сталей приводит к:	1. упрочнению. 2. разупрочнению. 3. склонности к отпускной хрупкости I рода. 4. снижению стойкости против коррозии под напряжением.
12.	К аустенитному классу сталей относятся:	1. шарикоподшипниковые стали. 2. пружинные стали. 3. ПНП-стали. 4. мартенситностареющие стали.
13.	Содержание углерода в мартенситностареющих сталях не превышает ... %.	1. 0,2. 2. 0,8. 3. 2,14. 4. 0,03.
14.	При содержании серы и фосфора в высокопрочных сталях менее 0,03 % в конце марки ставится буква:	1. С. 2. Ф. 3. Р. 4. А.
15.	В сотых долях процента в высокопрочных сталях указывается содержание:	1. хрома. 2. азота. 3. марганца. 4. углерода.
16.	Выделение специальных карбидов при отпуске высокопрочных сталей называется:	1. эффектом памяти формы. 2. структурной наследственностью. 3. эффектом вторичного твердения. 4. стеклованием.
17.	Снижение водорода, азота и оксидов в высокопрочной стали достигается за счет:	1. горячей пластической деформации. 2. вакуумнодугового переплава. 3. низкотемпературной термомеханической обработки. 4. высокотемпературной термомеханической обработки.
18.	Стали с диаметром зерна 10 мкм и меньше называются:	1. ПНП-сталями. 2. сталями со сверхмелким зерном. 3. судостроительными сталями. 4. прецензионными сталями.
19.	В сотых долях процента в марке высокопрочных сталей указывается содержание:	1. хрома. 2. никеля. 3. ниобия. 4. углерода.
20.	Буква «А», стоящая в середине марки высокопрочной стали свидетельствует, что:	1. сталь легирована азотом. 2. сталь азотируемая. 3. сталь автоматная. 4. сталь аустенитного класса.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
-------	--------	-----------------

1	2	3
1.	Сталь с пределом прочности выше 1600 МПа и временным сопротивлением разрыву выше 1400 МПа называется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. высокопрочной.</li> <li>2. коррозионностойкой.</li> <li>3. сверхвысокопрочной.</li> <li>4. немагнитной.</li> </ol>
2.	Введение в высокопрочную сталь более 12 % хрома приводит к резкому (скачкообразному) росту:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ударной вязкости.</li> <li>2. прочности.</li> <li>3. коррозионной стойкости</li> <li>4. относительного удлинения.</li> </ol>
3.	Сталь марки 30ХГСНА относится к классу:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. аустенитных сталей.</li> <li>2. цементуемых сталей.</li> <li>3. шарикоподшипниковых сталей.</li> <li>4. высокопрочных сталей.!</li> </ol>
4.	Наклеп высокопрочных сталей происходит в процессе:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. холодной пластической деформации.</li> <li>2. патентирования.</li> <li>3. горячей штамповки.</li> <li>4. литья под давлением.</li> </ol>
5.	Твердость высокопрочных сталей увеличивается при:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. обезуглероживании.</li> <li>2. наклепе.</li> <li>3. патентировании.</li> <li>4. нанесении лакокрасочного покрытия.</li> </ol>
6.	Нормализация высокопрочных сталей это:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. нагрев ниже <math>A_{C1}</math> и охлаждение в воде.</li> <li>2. нагрев выше <math>A_{C3}</math> и охлаждение в масле.</li> <li>3. нагрев выше <math>A_{C3}</math> и охлаждение с печью.</li> <li>4. нагрев выше <math>A_{C3}</math> и охлаждение на воздухе.</li> </ol>
7.	Полная закалка высокопрочных сталей включает в себя:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. нагрев выше линии <math>A_{C3}</math> и охлаждение с печью.</li> <li>2. нагрев ниже линии <math>A_{C3}</math> и охлаждение на воздухе.</li> <li>3. нагрев выше линии солидуса и охлаждение в селитре.</li> <li>4. нагрев выше <math>A_{C3}</math> и охлаждение со скоростью выше критической.</li> </ol>
8.	Полный отжиг высокопрочных сталей включает в себя:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. нагрев ниже линии <math>A_{C3}</math> и охлаждение на воздухе.</li> <li>2. нагрев выше линии солидуса и охлаждение в масле.</li> <li>3. нагрев в межкритическом интервале температур и охлаждение в воде.</li> <li>4. нагрев выше <math>A_{C3}</math> и охлаждение с печью.</li> </ol>
9.	Упрочняющими фазами в мартенситно-старееющих сталях являются:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. карбиды.</li> <li>2. нитриды</li> <li>3. чистые металлы.</li> <li>4. интерметаллиды.</li> </ol>
10.	Дислокациями в высокопрочных сталях называются:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. неметаллические включения.</li> <li>2. линейные дефекты кристаллической решетки.</li> <li>3. скопления сульфидов.</li> </ol>

		4. границы зерен.
11.	В состав интерметаллидных фаз в мартенситно-стареющих сталях входит:	1. титан. 2. свинец. 3. олово. 4. сурьма.
12.	Упрочнение дисперсионно-твердеющих сталей достигается после:	1. гидроэкструзии. 2. закалки и низкого отпуска. 3. закалки и высокого отпуска. 4. пластической деформации.
13.	Повысить температуру начала мартенситного превращения (Mn) можно легированием высокопрочной стали:	1. кобальтом. 2. никелем. 3. ниобием. 4. углеродом.
14.	Твердостью высокопрочных сталей называется:	1. способность сопротивляться ударным нагрузкам. 2. способность сохранять высокие коррозионные свойства в агрессивных средах. 3. способность сопротивляться внедрению других, более твердых тел. 4. способность деформироваться в холодном состоянии.
15.	Внутренними концентраторами напряжений высокопрочных сталей являются:	1. острые углы. 2. отверстия с малым диаметром. 3. поверхностные трещины. 4. неметаллические включения.
16.	Использование при выплавке высокопрочных сталей чистых шихтовых материалов приводит к:	1. снижению пластичности. 2. водородной хрупкости. 3. снижению ударной вязкости. 4. удорожанию стали.!
17.	Выделение вторичных карбидов при отпуске высокопрочных сталей называется:	1. сфероидизацией. 2. гомогенизацией. 3. глобуляризацией. 4. вторичным твердением.
18.	Для получения сверхмелкого зерна в высокопрочных сталях необходимо провести:	1. длительную выдержку при нагреве. 2. сверхбыстрый нагрев и максимально короткую выдержку. 3. замедленное охлаждение от температуры аустенитизации. 4. ускоренное охлаждение от температуры отпуска.
19.	Название ПНП-стали расшифровывается как:	1. плотность, необходимая при деформации. 2. поверхностный нагрев перлита. 3. перлит необходимой плотности. 4. пластичность, наведенная превращением.
20.	К недостаткам сталей со сверхмелким зерном можно отнести:	1. неудовлетворительную шлифуемость. 2. низкий порог хладноломкости. 3. трудность получения сверхмелкого зерна в изделиях больших сечений. 4. повышенную склонность к отпускной

		хрупкости.
--	--	------------

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Высокопрочными называются стали, имеющие:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\sigma_B</math> выше 1600 МПа и <math>\sigma_{0,2}</math> выше 1400 МПа.</li> <li>2. <math>\sigma_T</math> выше 1800 МПа.</li> <li>3. <math>\sigma_B</math> ниже 1000 МПа.</li> <li>4. <math>\sigma_T</math> ниже 1200 МПа в сочетании с ударной вязкостью не ниже 0,1 МДж/м<sup>2</sup>.</li> </ol>
2.	Критической скоростью при закалке высокопрочных сталей называется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. минимальная скорость охлаждения, необходимая для фиксации аустенитной структуры</li> <li>2. максимальная скорость охлаждения, при которой аустенит еще распадается на структуры перлитного типа.</li> <li>3. минимальная скорость охлаждения, необходимая для получения трооститной структуры.</li> <li>4. минимальная скорость охлаждения, необходимая для получения мартенситной структуры.</li> </ol>
3.	Химический элемент, применяемый для легирования коррозионностойких высокопрочных сталей:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. хром.</li> <li>3. медь.</li> <li>2. вольфрам.</li> <li>4. марганец</li> </ol>
4.	Коррозионная стойкость высокопрочных сталей повышается при легировании:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. титаном, медью.</li> <li>3. вольфрамом, молибденом.</li> <li>2. марганцем, кремнием.</li> <li>4. хромом, никелем.</li> </ol>
5.	Какая из перечисленных сталей является высокопрочной:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 20Х.</li> <li>3. 30ХГСНА.</li> <li>2. Р6М5.</li> <li>4. 12Х18Н9.</li> </ol>
6.	Упрочнение высокопрочных сталей в процессе холодной пластической деформации достигается за счет:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. рекристаллизация.</li> <li>3. возврата.</li> <li>2. наклепа.</li> <li>4. кристаллизация.</li> </ol>
7.	Твердость высокопрочных сталей при наклепе:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. не изменяются.</li> <li>2. уменьшаются.</li> <li>3. увеличиваются.</li> <li>4. увеличивается с падением прочности.</li> </ol>
8.	Термическая обработка высокопрочных сталей, при которой сталь нагревают выше линии Ас <sub>3</sub> , выдерживают и охлаждают с печью называется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. полный отжиг.</li> <li>2. полная закалка.</li> <li>3. нормализация.</li> <li>4. неполный отжиг.</li> </ol>
9.	Термическая обработка высокопрочных сталей, при которой сталь нагревают выше линии Ас <sub>3</sub> , выдерживают и охлаждают на воздухе называется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. полный отжиг.</li> <li>2. полная закалка.</li> <li>3. нормализация.</li> <li>4. неполный отжиг.</li> </ol>

10.	Термическая обработка высокопрочных сталей, при которой сталь нагревают выше линии $A_{с3}$ , выдерживают и охлаждают со скоростью выше критической называется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. полный отжиг.</li> <li>3. полная закалка.</li> <li>2. нормализация .</li> <li>4. неполный отжиг.</li> </ol>
11.	Линейными дефектами кристаллического строения высокопрочных сталей являются:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. трещины.</li> <li>3. границы зерен.</li> <li>2. вакансии.</li> <li>4. дислокации.</li> </ol>
12.	Титан в мартенситно-старееющих сталях:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. стабилизирует аустенит.</li> <li>2. снижает <math>A_{с1}</math>.</li> <li>3. повышает Мн.</li> <li>4. входит в состав дисперсных фаз.</li> </ol>
13.	После закалки структура мартенситно-старееющих сталей состоит из:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. мартенсита</li> <li>2. аустенита.</li> <li>3. феррита.</li> <li>4. перлита.</li> </ol>
14.	Кобальт в мартенситно-старееющих сталях:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. стабилизирует аустенит.</li> <li>2. снижает Мн.</li> <li>3. повышает Мн.</li> <li>4. входит в состав дисперсных интерметаллидных фаз.</li> </ol>
15.	Способность высокопрочных материалов сопротивляться внедрению другого, более твердого тела называется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. прочностью.</li> <li>2. упругостью.</li> <li>3. вязкостью.</li> <li>4. твердостью.</li> </ol>
16.	Аббревиатура ПНП для высокопрочных сталей аустенитного класса расшифровывается как:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. пластичность, наведенная превращением.</li> <li>2. превращение, наведенное прочностью.</li> <li>3. пластичность ниже прочности.</li> <li>4. поверхностное натяжение превосходное.</li> </ol>
17.	Отпуск дисперсионно-твердеющих высокопрочных сталей обычно проводят при температуре ... °С:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 200 – 300.</li> <li>2. 600 – 650.</li> <li>3. 350 – 450.</li> <li>4. 160 – 200.</li> </ol>
18.	Существенно повысить пластичность высокопрочных сталей позволяет:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ковка в вырезных бойках.</li> <li>2. улучшение условий труда.</li> <li>3. противоблоксная обработка.</li> <li>4. применение более чистых шихтовых материалов и качественных методов выплавки.</li> </ol>
19.	Метод фазового наклепа аустенитных высокопрочных сталей основан на последовательном проведении превращений:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>A \rightarrow \Phi \rightarrow A..</math></li> <li>2. <math>A \rightarrow M \rightarrow A.! </math></li> <li>3. <math>M \rightarrow \Phi \rightarrow M.</math></li> <li>4. <math>\Phi + П \rightarrow A \rightarrow B.</math></li> </ol>
20.	Сера и фосфор в высокопрочных сталях ухудшают:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. обрабатываемость резанием.</li> <li>2. ударную вязкость.!</li> <li>3. коррозионную стойкость.</li> <li>4. шлифуемость.</li> </ol>

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (диф. зачет)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных, лабораторных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных лабораторных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных лабораторных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных лабораторных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

#### Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1.1. Основная литература

1. Высокопрочные материалы: Учебное пособие / Санкт-Петербургский горный университет «Горный». Сост.: К.Ю.Шахназаров, Д.А. Кончус. СПб, 2021, 61 с. <https://elibrary.ru/>
2. Мальцев И.М. Материаловедение. Выбор марки стали машиностроительного изделия с применением базы данных: комплекс учебно-методических материалов / Нижегород. гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2006. – 62 с. <https://elibrary.ru/>

### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Солнцев, Ю. П., Пряхин Е.И. Материаловедение: учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб.: Химиздат, 2014. – 784 с.
2. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов: справочник / М.: Машиностроение, 1989.

### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Тимирязев, В.А. Основы технологии машиностроительного производства [Электронный ресурс] : учеб. / В.А. Тимирязев, В.П. Вороненко, А.Г. Схиртладзе. — Электрон.дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 448 с. <https://e.lanbook.com/book/3722>

### **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/).
3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
4. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
7. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] [www.garant.ru/](http://www.garant.ru/).
9. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
10. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
11. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>.
12. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
13. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»». <http://rucont.ru/>
14. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий.**

Лекционная аудитория используется при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащена комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Мебель лабораторная:

Стул – 38 шт., стол – 38 шт., стол лабораторный – 1 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная меловая – 1 шт., стеллаж для моделей – 6 шт.

Компьютерная техника:

АРМ преподавателя ПК с выходом в сеть «Интернет» (монитор + системный блок); мультимедийный проектор – 1 шт.

В учебном процессе используется комплект демонстрационных стендовых материалов по проводимой дисциплине.

#### **Аудитории для проведения лабораторных и практических работ.**

Лекционная аудитория используется при проведении занятий лекционного типа, лабораторных и практических занятий, оснащена комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Мебель лабораторная:

Стул – 38 шт., стол – 38 шт., стол лабораторный – 1 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная меловая – 1 шт., стеллаж для моделей – 6 шт.

Компьютерная техника:



АРМ преподавателя ПК с выходом в сеть «Интернет» (монитор + системный блок); мультимедийный проектор – 1 шт.

В учебном процессе используется комплект демонстрационных стендовых материалов по проводимой дисциплине.

## **8.2. Помещения для самостоятельной работы :**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции», Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011, Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012)

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.2011.

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения»

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

## **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный

Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стул – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows XP Professional:

- MicrosoftOpenLicense 16020041 от 23.01.2003 ГК № 797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования»,

- MicrosoftOpenLicense 16581753 от 03.07.2003 ГК № 1200-12/09 от 10.12.09 «На поставку компьютерного оборудования»,

- MicrosoftOpenLicense 16396212 от 15.05.2003 ГК № 1246-12/08 от 18.12.08 «На поставку компьютерного оборудования и программного обеспечения»,

- MicrosoftOpenLicense 16735777 от 22.08.2003 ГК № 1196-12/08 от 02.12.2008 «На поставку программного обеспечения»,

2. Microsoft Office 2007 Standard:

- MicrosoftOpenLicense 42620959 от 20.08.2007

3. Kasperskyantivirus 6.0.4.142.