

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

**Кафедра материаловедения и технологии
художественных изделий**

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

*Методические указания к самостоятельной работе
для студентов специальности 21.05.06*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021**

УДК 669.017(073)

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: Методические указания к самостоятельной работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *Л.Г. Борисова, К.Ю. Шахназаров*. СПб, 2021. 30 с.

Для улучшения усвоения материала курса и повышения эффективности преподавания, для выработки навыков самостоятельного предметного анализа о составе, строении и свойствах материалов, для студентов предусмотрены выполнения вариантов домашних заданий, позволяющие облегчить усвоение учебного материала и методические указания к их выполнению, а также библиографический список рекомендуемой литературы.

Предназначены для студентов специальности 21.05.06 «Нефтегазовые техника и технологии» по направленности (профилю): «Технология бурения нефтяных и газовых скважин».

Научный редактор проф. *Е.И. Пряхин*

Рецензент *Dr.Sc.*, доцент *С.А. Филиппов* (ООО ИТЦ «Радикон», Политехнический университет Петра Великого)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Самостоятельная работа студента является не менее важной, чем аудиторные занятия под руководством преподавателя, так как она вырабатывает навыки самостоятельного предметного анализа о составе, строении и свойствах основных металлических и неметаллических материалов, методах упрочнения металлов и сплавов, рациональных областях применения тех или иных конструкционных и инструментальных материалов, превращениях, происходящих при нагреве и охлаждении материалов, правильного выбора марки материалов, исходя из функционального назначения изделия, а так же разработка процессов упрочняющей технологии.

Для улучшения усвоения материала курса и повышения эффективности преподавания, для студентов предусмотрены выполнения *вариантов домашних заданий*, позволяющие облегчить усвоение учебного материала. Для учета индивидуальных особенностей студентов предусмотрено проведение консультаций.

Материалы для самостоятельного изучения могут использоваться в качестве краткого справочника студентами и аспирантами при выполнении НИР.

**1. Методические указания к выполнению
самостоятельной работы №1
Задание №1 «АНАЛИЗ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ
ДВОЙНЫХ СПЛАВОВ»**

Цель работы – анализ диаграммы состояния двойных сплавов; информация о структуре сплавов различного химического состава; прогноз свойств сплавов; определение оптимальной технологии и режимов их обработки.

Порядок выполнения работы

Выбрать **вариант задания** (табл. 1), соответствующий **последней цифре номера студенческого билета**, вариант 10 соответствует цифре 0.

Таблица 1

		Номер сплава – предпоследняя цифра студенческого билета									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер рисунка – последняя цифра студенческого билета	1	600	400	200	100	550	500	300	100	200	600
	2	800	600	300	500	700	300	750	650	400	550
	3	220	260	200	280	240	310	280	240	220	320
	4	1400	600	1200	900	700	600	900	1050	1000	1200
	5	100	500	200	400	300	500	200	300	200	150
	6	200	300	750	600	400	750	600	300	500	400
	7	200	400	650	750	500	200	600	300	600	100
	8	800	1400	1200	1000	900	1500	1550	1400	1000	1600
	9	600	700	1400	900	700	1000	1625	1200	1650	600
	10	100	580	400	200	500	600	200	100	300	150

1. Описать характер взаимодействия компонентов данной системы в жидком и твердом состояниях. Установить, какие фазы образуются при сплавлении компонентов, дать их характеристику.

2. Указать фазы во всех областях диаграммы.

3. Написать, какому превращению при охлаждении и нагреве соответствует каждая линия диаграммы.

4. Описать превращения, происходящие в одном из сплавов при медленном охлаждении из жидкого состояния до температуры, соответствующей оси абсцисс диаграммы. Указать окончательную структуру этого сплава.

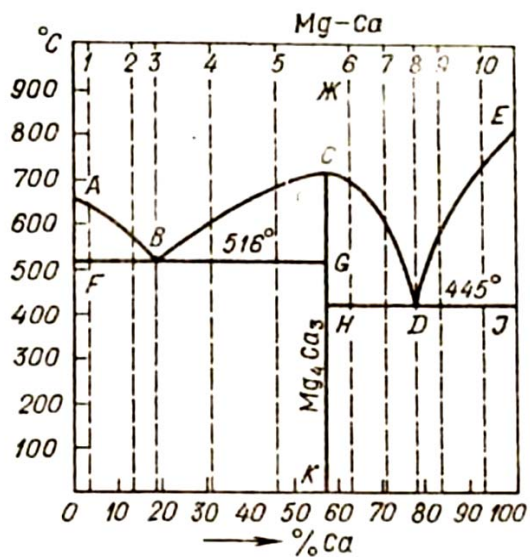


Рис. 1. Вариант 1

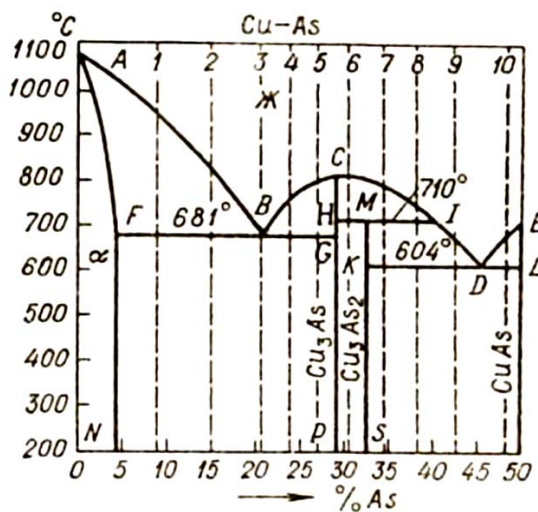


Рис. 2. Вариант 2

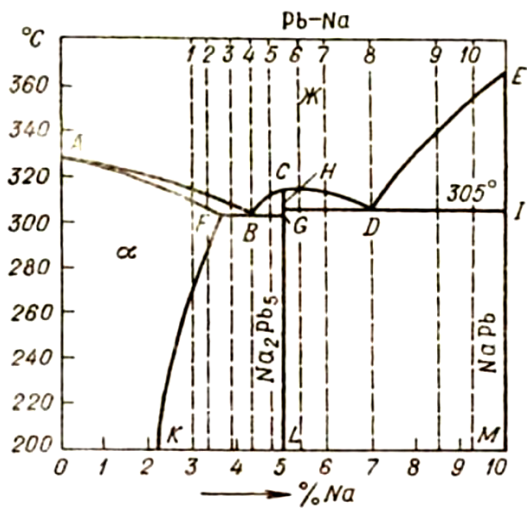


Рис. 3. Вариант 3

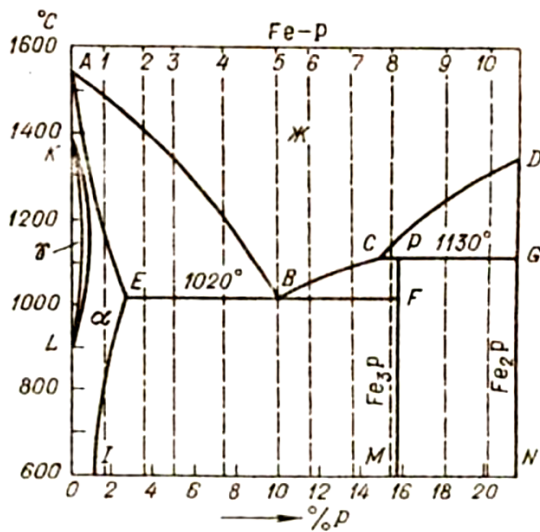


Рис. 4. Вариант 4

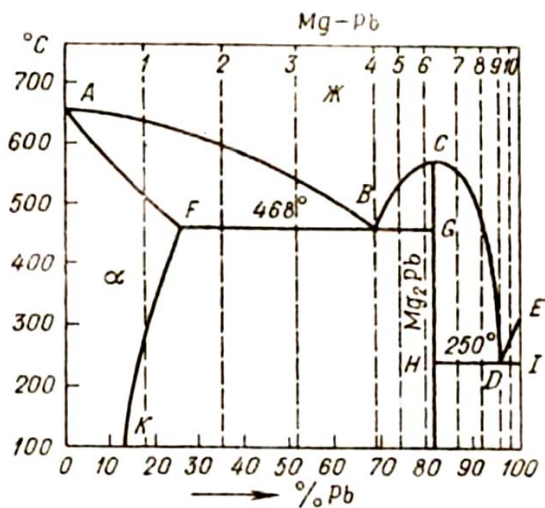


Рис. 5. Вариант 5

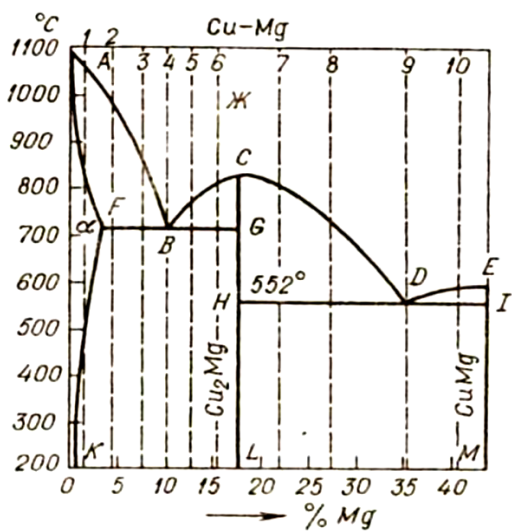


Рис. 6. Вариант 6

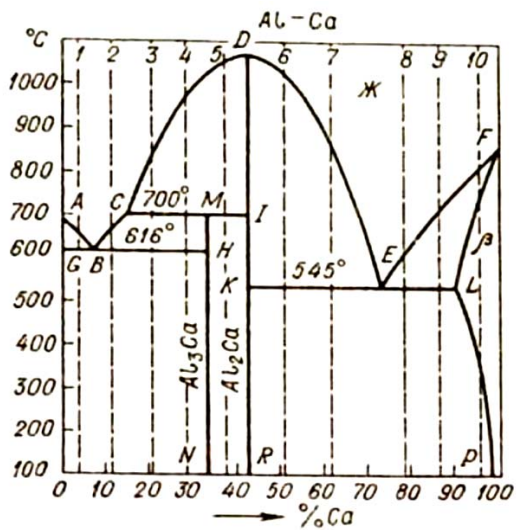


Рис. 7. Вариант 7

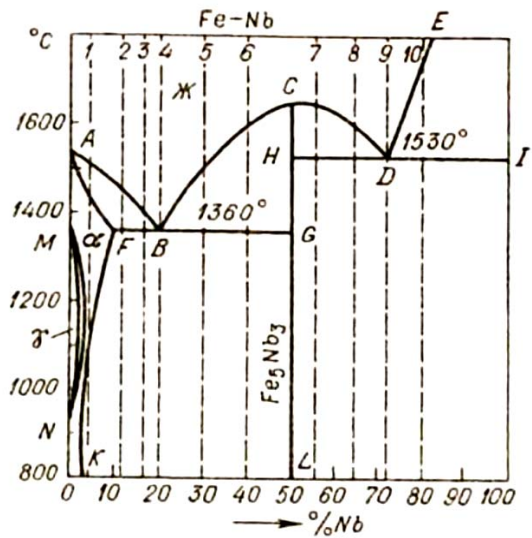


Рис. 8. Вариант 8

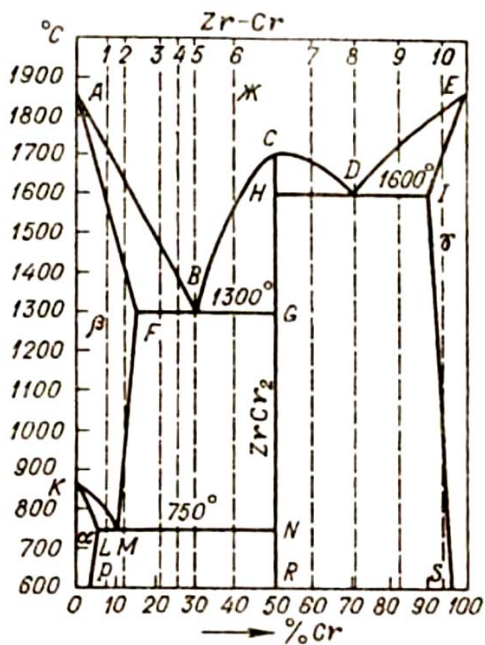


Рис. 9. Вариант 9

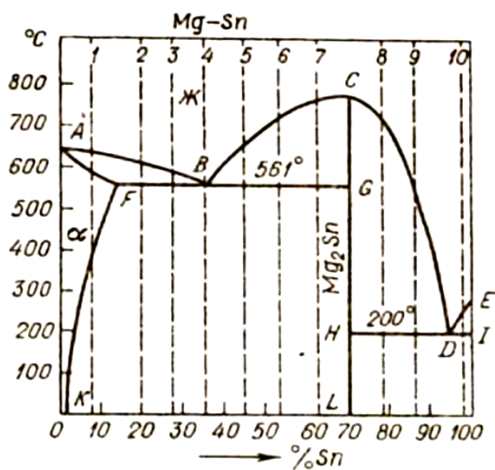


Рис. 10. Вариант 10

5. Проанализировать формирование структур сплавов других составов и указать все возможные типы окончательных структур, образующихся в данной системе. Отметить интервалы составов, в которых существует каждая из этих типовых структур.

6. Определить:

а) химические составы;

б) относительные количества фаз в сплаве заданного состава при заданной температуре.

7. Руководствуются законами Н.С. Курнакова, установить примерный характер изменения механических свойств сплавов данной системы в зависимости от их химического состава. Дать заключение об особенностях технологических свойств сплавов различного состава.

Содержание отчета

1. Цель работы.

2. Нарисовать выбранную в соответствии с вариантом диаграмму и указать на ней фазы в двухфазных областях.

3. Анализ диаграммы по пунктам 1-7.

ПРИМЕР анализа диаграммы Cu–Ag:

1. Компонентами данной системы являются химические элементы Cu и Ag. Из рисунка диаграммы (рис. 11) следует, что в жидком состоянии (выше линии ликвидус ABC) они неограниченно растворяются друг в друге, образуя фазу Ж (жидкий раствор). В твердом состоянии (ниже линии солидус ADEC) компоненты ограниченно растворяются друг в друге, образуя твердые растворы α и β – твердый раствор на основе Cu, т. е. раствор Ag в Cu, а β – твердый раствор Cu в Ag. Причем взаимная растворимость компонентов повышается с увеличением температуры: Ag в Cu – по линии FD, Cu в Ag – по линии GE.

Таким образом, в данной системе существуют следующие фазы:

Ж – жидкий раствор Cu и Ag;

α – твердый раствор Ag в Cu;

β – твердый раствор Cu в Ag.

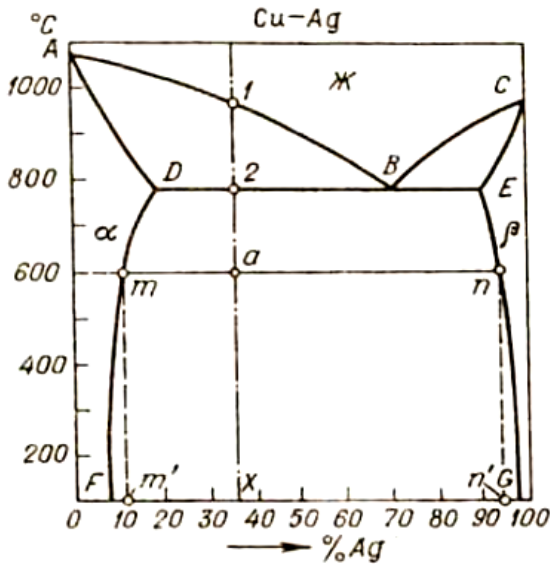


Рис 11. Диаграмма состояния Cu-Ag

2. Однофазные области существования этих фаз обозначены на рисунке диаграммы. Все остальные области диаграммы – двухфазные. В данном случае - это:

- область ABD – фазы Ж + α ;
- область BCE – фазы Ж + β ;
- область FDEG – фазы α + β .

3. Теперь, когда фазы указаны во всех областях диаграммы, нетрудно описать превращения, происходящие на каждой линии диаграммы при охлаждении и нагреве сплавов:

- линия AB – начало кристаллизации фазы α из жидкости при охлаждении или конец ее растворения в жидкости при нагреве;
- линия AD – конец кристаллизации фазы α при охлаждении или начало ее растворения в жидкости при нагреве;
- линия BC – начало кристаллизации фазы β из жидкости при охлаждении или конец ее растворения в жидкости при нагреве;
- линия CE – конец кристаллизации фазы β при охлаждении или начало ее растворения в жидкости при нагреве;

–линия DBE – эвтектическое превращение; при охлаждении происходит затвердевание жидкости эвтектического состава (J_B) в смесь двух твердых фаз определенного состава (α_D и β_E) – эвтектику:



При нагреве происходит обратное превращение – смесь кристаллов двух фаз (эвтектика) одновременно расплавляется, переходит в жидкую фазу;

–линия DF – линия предельной растворимости Ag в Cu. Видно, что максимально возможное содержание Ag в Cu (в α -твердом растворе) понижается с уменьшением температуры, поэтому при охлаждении ниже линии DF из α -фазы выделяется избыток Ag в виде вторичных кристаллов $\beta(\beta_{II})$.

При нагреве на этой линии заканчивается растворение кристаллов β_{II} в α -растворе;

–линия EG – аналогична DF (линия предельной растворимости Cu в Ag) – начало выделения α_{II} из β при охлаждении или конец растворения α_{II} в β при нагреве.

4. Рассмотрим превращения, происходящие в сплаве состава X при его медленном охлаждении из жидкого состояния до комнатной температуры. Прежде всего, необходимо обозначить на рисунке «критические точки» выбранного сплава – температуры, при которых происходят фазовые превращения – это точки пересечения вертикали, соответствующей химическому составу данного сплава, с линиями диаграммы. В рассматриваемом случае – это точки «1» и «2».

В точке 1 начинается кристаллизация – из жидкости выпадают первые кристаллы α . При дальнейшем охлаждении (до точки 2) количество кристаллов α возрастает, количество жидкой фазы уменьшается. Вблизи точки 2 оставшаяся жидкость приобретает эвтектический состав (J_B) и согласно реакции (1) превращается в эвтектику. Поэтому окончательная структура сплава X состоит из эвтектики ($\alpha + \beta$) и избыточных кристаллов α , образовавшихся в интервале температур между точками 1, 2.

Таким образом, структура данного сплава содержит две основные структурные составляющие и может быть записана как $\alpha + \varepsilon(\alpha + \beta)$.

5. Легко сообразить, что структуру, подобную сплаву X, имеют все сплавы, расположенные в интервале составов между точками D...В. Это – доэвтектические сплавы. Если аналогичным образом провести полный анализ диаграммы, то можно установить, что в системе Cu – Ag возможны 7 типов окончательных структур сплавов (табл. 2). Строка 1 указывает интервал по составу, определяемый проекциями соответствующих точек диаграммы на ось абсцисс; строка 2 - структуру сплавов.

Таблица 2

1	O...F	F...D	D...B	B	B...E	E...G	G...100
2	α	$\alpha + \beta_{II}$	$\alpha + \varepsilon(\alpha + \beta)$	$\varepsilon(\alpha + \beta)$	$\beta + \varepsilon(\alpha + \beta)$	$\beta + \alpha_{II}$	β

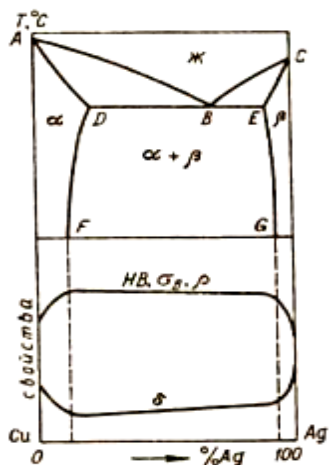


Рис. 12. Пример закономерностей растворимости Ag в Cu

Еще раз отметим, что вследствие переменной растворимости компонентов в твердом состоянии (линии DF и EG) в структуре доэвтектических и заэвтектических сплавов имеются вторичные кристаллы β_{II} и α_{II} соответственно (в приведенном перечне структур указаны лишь основные структурные составляющие этих сплавов). Если растворимость компонентов в твердом состоянии не изменяется с температурой (например Ag в Cu, рис. 12) или вообще отсутствует

(например, Cu в Cu_3Ag), то нет и вторичных кристаллов в структуре до- и заэвтектических сплавов.

6. Химический состав фазы – это процентное содержание в ней компонентов. Естественно, что в однофазной области состав фазы совпадает с составом самого сплава.

Для определения состава фаз в двухфазной области необходимо через точку, задающую состояние сплава (она лежит на пересечении координат: температура – состав сплава), провести горизон-

таль до пересечения с границами данной двухфазной области (коноду). Проекция точек пересечения на ось абсцисс диаграммы показывают составы соответствующих фаз.

Определим составы фаз в сплаве X при температуре 600 °С, т.е. в состоянии, заданном точкой *a*. Через точку *a* проводим коноду *mn*. Проекция точки *m* (*m'*) показывает состав фазы α – 12 % Ag, 88 % Cu, проекция точки *n* (*n'*) – состав фазы β – 94 % Ag, 6 % Cu.

Для определения относительных количеств каждой из фаз в двухфазной области используются отрезки коноды («правило отрезков»): относительное количество фазы α :

$$Q_{\alpha} = \frac{an}{mn} \times 100\% = \frac{59}{82} \times 100\% \approx 72\%$$

относительное количество фазы β :

$$Q_{\beta} = \frac{ma}{mn} \times 100\% = \frac{23}{82} \times 100\% \approx 28\%$$

7. В соответствии с закономерностями, связывающими свойства сплавов с видом их диаграмм состояния (закономерности Н.С. Курнакова), при образовании твердых растворов зависимость свойств от химического состава сплавов в данной системе имеет криволинейный характер. В сплавах, состоящих из смеси двух различных фаз, свойства в зависимости от состава меняются по линейному закону. Образование химического соединения приводит обычно к появлению экстремума на зависимостях состав - свойства. Хотя эти зависимости носят приближенный характер, они позволяют качественно прогнозировать свойства сплавов

Сплавы в интервале составов между точками F...G являются смесями кристаллов α и β вне этого интервала – твердыми растворами (α или β), поэтому можно считать, что свойства сплавов такой системы примерно описываются закономерностями, показанными на рис. 12.

Известно, что сплавы, содержащие в структуре эвтектику, обладают хорошими литейными свойствами. Поэтому сплавы из интервала D...E могут относиться по технологическим свойствам к группе литейных. Причем наилучшие литейные свойства имеют сплавы по составу близкие к эвтектическому (точка В). Твердые растворы (в отличие от химических соединений), как правило, имеют высокую пластичность. Поэтому для обработки давлением лучше

всего подходят сплавы с однофазной структурой твердого раствора α (O...F) или β (G...100). То есть по технологическим свойствам – это деформируемые или обрабатываемые давлением сплавы. К ним могут быть причислены также сплавы, содержащие небольшое количество вторичных выделений, т.е. со структурой $\alpha+\beta_{II}$ (F...D) и $\beta+\alpha_{II}$ (E...G). Эти сплавы, кроме того, могут упрочняться в результате термической обработки, состоящей из закалки и старения. Возможность такой термической обработки основана на увеличении растворимости компонентов в твердом состоянии при повышении температуры. Таким образом, знание диаграмм состояния дает возможность предусмотреть также технологию изготовления и термической обработки изделий из сплавов различного состава.

Задание №2 «анализ диаграммы состояния «Железо-цементит»

Цель работы – проверка знания студентами диаграммы состояния «Железо-цементит» и умения пользоваться ею при определении равновесной структуры железоуглеродистых сплавов и назначении режимов термической обработки.

Работа имеет 10 вариантов, номера которых соответствуют **последней цифре студенческого билета**, вариант 10 соответствует цифре 0.

Для ответа на приведенные ниже вопросы заданий необходимо нарисовать диаграмму «Железо-цементит» и указать фазы во всех областях диаграммы. В ряде случаев можно ограничиться соответствующей частью диаграммы, например при выборе режимов термической обработки сталей достаточно рассмотреть «стальной угол» диаграммы. При ответе на вопросы нужно использовать рисунок диаграммы, анализируя состояние сплавов в различных ее областях.

Вариант 1

Определить по диаграмме железо-цементит, какие превращения совершаются в заэвтектоидной стали марки У10 и доэвтектического чугуна при медленном охлаждении от расплавленного со-

стояния до комнатной температуры. Сопоставить эти превращения и указать окончательную структуру сплавов. Каково принципиальное отличие структуры чугуна от структуры стали, и как это отличие сказывается на механических и технологических свойствах этих сплавов?

Вариант 2

Определить по диаграмме железо - цементит температуры отжига сталей марок 40, У8 и У12. Какова температура нагрева этих сталей под закалку? Дать обоснование выбранным температурам нагрева сталей, описав структурные превращения в этих сталях при соответствующих режимах (и видах) термической обработки.

Вариант 3

Определить по диаграмме железо-цементит превращения, совершающиеся в стали марки У8 при медленном охлаждении от расплавленного состояния до комнатной температуры. Начертить диаграмму изотермического превращения аустенита для названной стали и показать на ней, как будут изменяться структура и свойства этой стали по мере ускорения охлаждения из аустенитной области. Какую структуру и свойства приобретет эта сталь, если скорость охлаждения из аустенитной области превышает критическую скорость закалики?

Вариант 4

Определить по диаграмме железо-цементит, какие превращения совершаются в стали марки 40 при медленном охлаждении от расплавленного состояния до комнатной температуры и окончательную структуру этой стали. Какую структуру будут иметь изделия из этой стали после закалики с температур 740 и 840 °С? Какой из указанных вариантов закалики следует выбрать для обеспечения более высоких эксплуатационных характеристик изделий из этой стали и почему?

Вариант 5

Определить по диаграмме железо-цементит, до какой области температур была нагрета сталь марки 45, если после закалики со скоростью выше критической ее структура состояла из феррита и мартенсита. Описать превращения, которые совершились в стали при охлаждении, и указать является ли выбранная температура на-

грева стали удачной с точки зрения получения высоких механических свойств. Какова должна быть температура нагрева этой стали, чтобы при охлаждении со скоростью выше критической ее структура не содержала феррита?

Вариант 6

Сталь марки 50 после одного вида термической обработки получила структуру феррит+пластинчатый перлит, после второго - мартенсит+феррит и после третьего - мартенсит. Указать, какие виды термической обработки применены в каждом случае. Определить по диаграмме железо-цементит, до какой области температур была нагрета сталь при каждом виде термической обработки и указать, какие превращения она претерпела в процессе охлаждения в каждом из трех случаев.

Вариант 7

Определить по диаграмме железо-цементит, какие превращения совершаются в доэвтектическом белом чугуна какого-либо состава при охлаждении от расплавленного состояния до комнатной температуры. Какова окончательная структура сплава? Назначить режим термической обработки для превращения этого чугуна в ковкий чугун и указать, как изменяются при этом свойства чугуна. Какова причина этих изменений?

Вариант 8

Определить по диаграмме железо-цементит, какие превращения совершаются в стали марки У12 при медленном охлаждении от расплавленного состояния до комнатной температуры, привести окончательную структуру стали. Какую структуру будут иметь изделия из этой стали после закалки с температур 770 и 960 °С? Какой из указанных вариантов закалки следует выбрать для обеспечения более высоких эксплуатационных характеристик инструмента из этой стали и почему?

Вариант 9

При закалке инструмента из углеродистых сталей температура в печи оказалась завышенной на 150 °С по сравнению с оптимальной.

Нарисовать в масштабе «стальной угол» диаграммы железо-цементит и показать на нем оптимальный интервал закалочных темпера-

тур. Используя рисунок, объяснить, как указанное нарушение режима закалки повлияет на структуру и свойства сталей марок У7 и У10.

Вариант 10

Сталь марки У12 после одного вида термической обработки получила структуру пластинчатый перлит+вторичный цементит, после второго - мартенсит+остаточный аустенит, после третьего - мартенсит+остаточный аустенит+вторичный цементит. Указать, какие виды термической обработки применены в каждом случае. Определить по диаграмме железо-цементит, до какой области температур была нагрета сталь при каждом виде термической обработки и, указать, какие превращения она претерпела в процессе охлаждения в каждом из трех случаев.

Задание №3 «Выбор материалов изделий различного назначения»

Цель работы – выработка навыков по выбору материалов для изготовления изделий различного назначения (деталей машин и приборов, инструмента, конструкций) и рациональных технологий объемной и поверхностной упрочняющей обработки (термической, химико-термической и др.) этих изделий.

Для выполнения заданий этих работ необходимо освоить все темы дисциплины и уметь пользоваться учебной и (в отдельных случаях) специальной справочной литературой. Желательно также выполнить лабораторные работы.

Ответы на каждый вопрос задания должны быть обоснованными, четко указано, почему произведен выбор данной группы материалов, конкретной марки сплава, того или иного режима упрочняющей обработки и т.д.

Ниже описана **примерная схема (последовательность) выбора материалов** для изделий различного назначения.

1. Назначение изделия

Начинать нужно именно с назначения изделия (указывается в задании), поскольку оно сразу определяет тип материала. Все изучаемые в данном курсе материалы можно разделить по назначению на два основных типа – *конструкционные*, применяемые для широ-

кого круга деталей машин, приборов, различного оборудования, и *инструментальные*. Инструментальными являются стали, классифицируемые по назначению инструмента, и твердые сплавы. Все остальные материалы можно считать конструкционными – это чугуны, стали (они также подразделяются на группы по назначению деталей) и сплавы цветных металлов.

Если в задании конкретизируется вид изделия, то это прямое указание на определенную группу сталей. Например, очевидно, что для фрез, метчиков, сверл нужно использовать *стали для режущего инструмента*, а для пружин – *рессорно-пружинные стали*.

Если требуется выбор материала для изделий «специфического назначения» (например, постоянных магнитов, сердечников трансформаторов, электронагревательных элементов и т.п.), то это, скорее всего, будут *стали и сплавы с особыми свойствами*.

Следующим важным этапом выбора материала является анализ условий работы изделия.

2. Условия работы изделия

а) Величина нагрузки и характер нагружения определяют *требования по механическим свойствам*; обычно они указаны в задании – чаще твердость и прочность (σ_B или $\sigma_{0,2}$).

Если твердость указана в единицах HRC_{Σ} , то это высокая твердость и речь идет о сталях в термически упрочненном состоянии (закалка + отпуск). Величина твердости зависит от содержания углерода в стали и вида (температуры) отпуска. Максимальной твердости 60...65 HRC_{Σ} соответствует низкий (≈ 200 °С) отпуск стали, содержащей $\geq 0,8\%$ С. Это *инструментальные стали (для режущего, измерительного, холодноштампового инструмента)* или цементованные низкоотпущенные детали (*из цементуемых низкоуглеродистых сталей*), поверхностный слой которых содержит такое же количество углерода.

Величина прочности (σ_B) в заданиях указывается обычно для ответственных (нагруженных) деталей, изготавливаемых из **качественных** углеродистых и легированных сталей, обязательно упрочняемых путем закалки и отпуска. Напомним, что окончательная структура и свойства (в частности σ_B) стали зависят от температуры отпуска. Стали, применяемые для разных групп однотипных изде-

лий, проходят присущий им вид отпуска (цементуемые – низкий, улучшаемые – высокий, рессорно-пружинные – средний виды отпуска), формирующий необходимый комплекс механических свойств. Все сведения по химическому составу, режимам термической обработки и механическим свойствам (включая σ_B) основных групп конструкционных сталей обычно приводятся в учебной литературе в виде сводных таблиц, поэтому, *если группа сталей по назначению определена, величина σ_B поможет выбрать конкретную марку (и режим термической обработки) стали.*

Характер нагружения также является подсказкой в выборе марки стали и режима термической обработки. Динамические (ударные) нагрузки способствуют охрупчиванию материала. Поэтому соответствующие детали должны обладать повышенной ударной вязкостью и пластичностью. Известно, что эти характеристики улучшаются с уменьшением содержания углерода в стали и повышением температуры отпуска. Отсюда для таких деталей (валы, рычаги, ответственный крепеж и т.п.) должны применяться стали с содержанием углерода не выше 0,3...0,5 % после высокого отпуска.

Заметим также, что все промышленные цветные сплавы (за исключением титановых и бериллиевой бронзы) имеют прочность $\sigma_B \leq 500$ МПа, что существенно ниже прочности конструкционных сталей в термически упрочненном состоянии ($\sigma_B \approx 1000...1700$ МПа).

б) Особые условия работы

В основном это *температура эксплуатации изделия и химическая активность окружающей среды* – они определяют *требования по особым физико-механическим свойствам.*

Если в задании идет речь об эксплуатации нагруженных деталей машин при $t > 600$ °С (например, лопатки турбин), то это *жаропрочные легированные стали и сплавы.*

Если требуется выбор материала для инструмента, нагревающегося при работе до $t \leq 600$ °С, то это могут быть *штамповые стали для горячего деформирования* металла (молотовые штампы, пресс-формы для литья под давлением) либо *теплостойкие быстрорежущие стали и твердые сплавы* на карбидной основе (рабочая $t = 800...900$ °С), используемые для *режущего инструмента.*

Для изделий, работающих в химически агрессивных средах, очевидно, нужны *коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали*. Цветные сплавы также обладают высокой коррозионной стойкостью, но, как отмечалось выше, почти все значительно уступают сталям по прочности.

3. Размер (сечение) изделия

Если в задании указан диаметр изделия, то речь идет о *прокаливаемости стали* – способности закаливаться (приобретать мартенситную структуру) на определенную глубину. Для большинства ответственных изделий требуется сквозная прокаливаемость. В углеродистых сталях она не превышает 10-12 мм. В легированных сталях прокаливаемость тем больше, чем выше суммарное количество легирующих элементов в марке. Поэтому *конкретизировать выбор марки стали данной группы логично по величине прокаливаемости* (определяется критическим диаметром $D_{кр}$), сведения о которой имеются в учебной литературе.

4. Технология изготовления изделия

Если в задании указана технология изготовления изделия – *литье, обработка давлением*, то это служит дополнительным ориентиром выбора материала.

Основным требованием к материалу, используемому для *формования изделий методами обработки давлением* (особенно холодной штамповки), является его высокая пластичность. Величина пластичности сталей падает с увеличением содержания углерода, поэтому в данном случае *оптимален выбор конструкционных сталей обыкновенного качества и качественных с минимальным содержанием углерода*.

Литейные свойства (главным образом жидкотекучесть, заполняемость формы) тем лучше, чем уже температурный интервал кристаллизации металла. Поэтому *наилучшими литейными свойствами среди железоуглеродистых сталей обладают чугуны*.

Многие *цветные сплавы* по технологическим свойствам *делятся на деформируемые и литейные*, что значительно упрощает выбор нужной марки сплава.

5. Экономичность

Главной целью выбора материалов является обеспечение необходимого комплекса эксплуатационных свойств (что обсуждалось выше), определяющих работоспособность изделий. Однако оптимизация выбора предполагает и учет экономического фактора. Особенно это важно в условиях массового производства изделий.

Экономическая целесообразность выбора зависит не только от стоимости и доступности самого материала, но также экономичности технологий изготовления и упрочнения изделий и ряда других факторов.

Очевидно, что в рамках самостоятельной работы задача оптимизации выбора материала по экономическим показателям не может быть решена. Поэтому *здесь следует принимать во внимание лишь ориентировочную стоимость материалов, учитывая, что наиболее дешевыми металлическими материалами являются чугуны и стали обыкновенного качества; далее по возрастанию стоимости идут качественные и высококачественные углеродистые стали → мало- и среднелегированные стали → высоколегированные стали и сплавы, сплавы цветных металлов.*

2. Методические указания к выполнению самостоятельной работы №2

Задание №1 «ХАРАКТЕРИСТИКА СПЛАВОВ»

Цель работы - выбор сплава для изготовления соответствующих изделий, удовлетворяющий требованию. Привести марку сплава, химический состав, характерные свойства. Назначить режим термической обработки, обеспечивающий получение необходимых свойств.

Работа имеет 10 вариантов. Номер варианта выбирается **по последней цифре студенческого билета**, вариант 10 соответствует цифре 0.

Вариант 1

Выбрать сплав для изготовления оснований крупногабаритных оптических приборов (спектрометров, интерферометров). Ука-

зять основное технологическое свойство, обеспечивающее способ изготовления данного изделия. Привести марку, химический состав, структуру и механические характеристики сплава. Отметить особое свойство этого материала, способствующее повышению точности измерений указанных приборов.

Вариант 2

Многие детали заводного механизма ручных часов (заводное и барабанное колеса, кулачковая муфта, рычаг и др.) по техническим условиям должны иметь твердость HRC_Э 53...54. Их изготавливают из углеродистой стали высокого качества, содержащей $\approx 1\%$ С. Привести марку стали, обосновать ее выбор. Назначить режим термической обработки, обеспечивающий заданную твердость; указать окончательную структуру стали.

Вариант 3

Некоторые элементы точных приборов (например, спирали манометров, регуляторы хода часов) должны обладать постоянством упругих характеристик (модуля упругости E) при колебаниях температуры. Выбрать сплав, удовлетворяющий этому требованию. Привести марку сплава, химический состав, характерные свойства. Назначить режим термической обработки, обеспечивающий получение необходимых свойств.

Вариант 4

В подвижных системах приборов широко используются червячные передачи. Материал червяков должен обладать достаточной высокой твердостью (HRC_Э 45...48) и износостойкостью, но не быть слишком хрупким для исключения поломки витков. Выбрать сплав для изготовления червяка, привести марку и химический состав. Указать режим термической обработки, окончательную структуру и механические свойства сплава.

Вариант 5

В кулачковых механизмах приборов используют материалы с высокой износостойкостью. Выбрать сплав для изготовления кулачка с повышенными требованиями к точности размеров и поверхностной твердо-

сти (HV 1000...1100). Указать марку, химический состав сплава, назначение легирующих элементов. Описать последовательность технологических операций изготовления такого изделия и изменения, происходящие при этом в структуре сплава. Привести окончательную структуру и твердость поверхностного слоя и сердцевины кулачка.

Вариант 6

Выбрать сплав для мембран, сильфонов, обладающих немагнитностью и способных работать в агрессивных средах при температурах $-200...+400^{\circ}\text{C}$. Привести марку сплава, химический состав, назначение легирующих элементов. Указать способ изготовления таких изделий и его влияние на свойства сплава. Какое механическое свойство обеспечивает возможность данного способа изготовления? Какую операцию следует включить в технологический процесс для облегчения формования этих изделий из выбранного материала?

Вариант 7

Основание часового механизма (платину) изготавливают холодной штамповкой с последующей расточкой углублений и выступов для монтажа различных деталей. Выбрать сплав с высокой пластичностью ($\delta \geq 40\%$), обладающий хорошей обрабатываемостью резанием, высокими антикоррозионными и декоративными свойствами. Привести марку, химический состав, отметить его влияние на структуру, механические и технологические свойства сплава. Объяснить, как влияет механическая обработка на свойства металла. Обосновать в связи с этим режим термической обработки, необходимой после формования платины.

Вариант 8

Для обеспечения относительного поступательного перемещения деталей или узлов приборов применяются устройства, в которых контакты рабочих поверхностей подвижного узла (каретки) и неподвижной направляющей осуществляются через стальные шарики (ролики). Выбрать сплав для изготовления такой направляющей с

высокой твердостью $HRC_3 \geq 55$ и износостойкостью. Привести марку и химический состав сплава. Обосновать режим термической обработки. Указать окончательную структуру и механические свойства сплава.

Вариант 9

Вал поворотного устройства телескопа должен обладать высоким комплексом механических свойств ($\sigma_b = 800 \dots 1000$ МПа, $\delta = 9 \dots 18$ %) и коррозионной стойкостью. Выбрать марку сплава для изготовления вала. Указать химический состав и назначение легирующих элементов. Привести режим термической обработки, окончательную структуру и механические свойства сплава.

Вариант 10

Обосновать выбор сплава для токопроводящих пружин с прочностью $\sigma_b = 1000 \dots 1200$ МПа. Привести марку, химический состав, физические и механические свойства сплава. Назначить режим термической обработки, обеспечивающий заданный уровень прочности. Объяснить влияние структурных изменений, происходящих на отдельных этапах термообработки, на механические свойства сплава.

Задание №2 «ВЫБОР ПЛАСТМАСС»

Цель работы - обосновать выбор пластмассы для изготовления соответствующего изделия, привести марку, химическую формулу, строение и физико-механические свойства материала.

Вариант 1

Выбрать пластмассу для изготовления прессованного корпуса малогабаритного прибора, работающего в тропических условиях. Описать ее состав, строение и физико-механические свойства.

Вариант 2

Выбрать пластмассу для несмазываемого подшипника скольжения цилиндрической опоры стального вала, работающего в

диапазоне $-60\dots+60$ °С. Привести марку, химическую формулу, строение и физико-механические свойства материала.

Вариант 3

Выбрать пластмассу для изготовления наконечников толкателей кулачковых механизмов. Указать основное свойство выбранного материала, обеспечивающее работоспособность пары кулачок-толкатель. Описать состав, строение и физико-механические свойства пластмассы и способ изготовления из нее деталей.

Вариант 4

В отсчетных винтовых механизмах приборов для обеспечения плавности хода в паре со стальным винтом используют гайки из пластмасс. Обосновать выбор пластмассы для изготовления такой гайки методом литья под давлением. Привести марку материала, его строение и физико-механические свойства.

Вариант 5

Выбрать пластмассу для изготовления прозрачных шкал приборов. Описать ее состав, строение, физико-механические свойства и способ получения деталей.

Вариант 6

Перечислить основные типы пластмасс, применяемых для изготовления фольгированных диэлектриков. Какой материал следует предпочесть для печатных плат, работающих при повышенной влажности и испытывающих значительные механические нагрузки? Описать состав, строение и физико-механические свойства выбранного материала.

Вариант 7

Выбрать пластмассу для изготовления зубчатых колес бесшумных зубчатых передач приборов. Привести марку, состав, строение и физико-механические свойства выбранного материала.

Вариант 8

Выбрать полимерный материал для герметизации корпуса прибора, работающего при низких (до $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$) температурах. Указать состав, строение и физико-механические свойства материала.

Вариант 9

Выбрать пластмассу для изготовления малонагруженных деталей управления приборов (кнопок, ручек, маховичков и т.п.). Описать ее состав, строение, физико-механические свойства и способ получения деталей.

Вариант 10

Перечислить полимерные материалы, пригодные для изготовления прозрачных колпачков сигнальных фонарей приборов. Выбрать материал данного назначения для работы в температурном диапазоне $-60\dots+90\text{ }^{\circ}\text{C}$; описать состав, строение и физико-механические свойства.

Библиографический список

Основная литература

1. *Лахтин Ю.М.* Материаловедение /Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. М.: Машиностроение. 1990. 527 с.

2. *Солнцев Ю.П.* Материаловедение: Учебник для ВУЗов /Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин. 4-е изд., перераб. И доп. СПб.: Химиздат. 2007. 783 с. <http://www.twirpx.com/file/199191/>.

3. Материаловедение /под общ.ред. Б.Н. Арзамасова.М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 575 с.

Дополнительная литература

4. *Гуляев А.П.* Металловедение: Учебник для ВУЗов /А.П. Гуляев.М.: Металлургия. 2015. 542 с.

5. *Солнцев Ю.П.* Материалы для низких и криогенных температур: энциклопедический справочник / Ю.П. Солнцев, Б.С. Ермаков, О.И. Слепцов. СПб.: Химиздат. 2008. 768 с.

6. *Шадричев Е.В.* Материаловедение (технология конструкционных материалов): учебно-методический комплекс/ Е.В. Шадричев, А.В. Сивенков, Т.П. Горшкова. СПб.: Изд-во СЗТУ. 2008. 309 с.

Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

7. Библиотека стандартов ГОСТ Р [сайт] URL <http://www.gost.ru>. (дата обращения: 29.12.2010).

8. Библиотека изобретений, патентов, товарных знаков РФ [сайт] URL: www.fips.ru. (дата обращения: 29.12.2010).

9. Марочник сталей и сплавов <http://www.splay-kharkov.com/main.php>.

10. Марочник сталей и сплавов http://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov.

11. Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана [сайт]. URL: <http://www.bmstu.ru/>. (дата обращения: 29.12.2010).

12. Металлургический классификатор [сайт]: URL: <http://www.metalweb.ru>. (дата обращения: 29.12.2010).

13. НИТУ "МИСиС" [сайт]: URL: [htt Корчемкин А.Е., Бойцов Ю.П. Материаловедение. Методические указания к лаборатор-](http://www.misis.ru/)

ным работам. СПГГИ. 2007 p://misis.ru/. (дата обращения: 29.12.2010).

14. Полнотекстовые базы данных, библиотека СПГГИ URL:<http://kodeks.spmi.edu.ru:3000>. (дата обращения: 29.12.2010).

15. ФАК.RU (Факультет РУ) [сайт]: базы данных ВУЗов России по специальности 150404 «Металлургические машины и оборудование». – URL: <http://www.fak.ru/baza/students.php.spec=150404>. (дата обращения: 29.12.2010).

16. Черная металлургия [сайт]. URL: <http://emchezgia.ru>. (дата обращения: 29.12.2010).

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента

17. Гольдштейн М.И. Специальные стали / М.И. Гольдштейн, С.В. Грачев, Ю.Г. Векслер. М.: МИСИС. 1999. 408 с. <http://booktech.ru/books/materialovedenie/2821-specialnye-stali-1999-mi-goldshteyn.html>.

18. ГОСТ 5639-82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна (с Изменением N 1).

19. ГОСТ 1778-70. Металлографические методы определения неметаллических включений (с Изменениями N 1, 2).

20. ГОСТ 3443-87 Отливки из чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры.

21. *Звягин В.Б.* Технология материалов и покрытий [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Б. Звягин, А.В. Сивенков. СПб.: Горн. ун-т, 2013. 71с.

http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%2D044050<.>

22. *Сивенков А.В.* Коррозия и коррозионно-стойкие покрытия: учебно-методический комплекс /А.В. Сивенков. СПб.: СЗТУ. 2009. 142 с. http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%D0%9C%2D458913<.>

СОДЕРЖАНИЕ

Методические указания по изучению дисциплины	3
1. Методические указания к выполнению самостоятельной работы	
№1	4
Задание №1 «Анализ диаграммы состояния двойных сплавов».....	4
Задание №2 «анализ диаграммы состояния «Железо-Цементит»	15
Задание №3 «Выбор материалов изделий различного назначения»	18
2. Методические указания к выполнению самостоятельной работы	
№2	22
Задание №1 «Характеристика сплавов».....	22
Задание №2 «Выбор пластмасс»	25
Библиографический список.....	28

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

***Методические указания к самостоятельной работе
для студентов специальности 21.05.06***

Сост.: *Л.Г. Борисова, К.Ю. Шахназаров*

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

Ответственный за выпуск *Л.Г. Борисова*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 07.12.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,7. Усл.кр.-отт. 1,7. Уч.-изд.л. 1,5. Тираж 50 экз. Заказ 1108.

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