

# Методические указания к теме 1.1 «Свойства материалов»

Данная тема основывается на знаниях физики и химии школьного курса. Знание свойств металлов необходимо для дальнейшего изучения металлов и сплавов, и их выборе для изготовления из них изделий. Особое внимание нужно уделить изучению механических и технологических свойств материалов. Знание этих свойств и способов их определения поможет в дальнейшем при расчетах деталей машин на прочность. Каждый металл отличается от других строением и свойствами. Физические и химические свойства металлов обусловлены их электронным строением. Физические свойства металлов (плотность, теплоемкость, магнитные характеристики, тепло-, электропроводимость и другие) определяют поведение металлов, например, в тепловых и электромагнитных полях. Химические свойства - определяют способность сопротивляться окислению, проникновению газов и взаимодействию с другими веществами.

Все металлы делятся на две большие группы – черные и цветные. Каждую из них можно разделить по некоторым признакам еще на группы.

Способность металла сопротивляться воздействию внешних сил характеризуется механическими свойствами. Поэтому при выборе металлов для изготовления деталей машин необходимо знать его механические свойства, такие как прочность, вязкость, твердость, пластичность и другие. Эти свойства определяют по результатам механических испытаний. Знание механических свойств необходимо в дальнейшем, при расчетах деталей машин на прочность в разделе сопротивления материалов при изучении технической механики.

К технологическим свойствам металлов и сплавов относятся литейные свойства, деформируемость, свариваемость, обрабатываемость режущим инструментом и другие. Эти свойства позволяют производить формообразование для получения заготовок и деталей машин.

## Вопросы для самоконтроля

1. Каково строение твердых тел?
2. На какие группы подразделяют черные металлы?
3. На какие группы подразделяют цветные металлы?
4. Как классифицируют металлы по плотности?
5. На какие группы делятся металлы по технологии изготовления полуфабрикатов и изделий?
6. На какие группы делятся металлы по температуре плавления?
7. На какие группы делятся металлы по применению?

8. Какие механические свойства металлов и сплавов Вы знаете?
9. Чем отличаются кристаллические вещества от аморфных?
10. Поясните понятие «кристаллическая решетка» и назовите типы кристаллических решеток.
11. Что называется аллотропией (полиморфизмом)?
12. Что такое анизотропия?
13. Какие свойства относятся к технологическим свойствам металлов и сплавов?
14. Какие свойства относятся к физическим и химическим свойствам металлов?
15. Как определяются механические свойства металлов?
16. Перечислите методы определения твердости?
17. В чем различие методов определения твердости?
18. Что такое ударная вязкость и каким способом ее определяют?
19. Какие характеристики металлов определяют при испытаниях на растяжение?
20. Что такое макроструктура и микроструктура металлов и сплавов?

## **Методические указания к теме 1.2 «Диаграммы состояния сплавов»**

Чистые металлы во многих случаях не обеспечивают требуемых свойств, поэтому они применяются сравнительно редко. Более широко используются металлические сплавы. Их получают сплавлением или спеканием двух или более металлов или металлов с неметаллами. Химические элементы или их соединения, образующие сплав, принято называть компонентами. Сплав может состоять из двух и более компонентов и образовывать одну или несколько фаз.

В большинстве случаев входящие в сплав компоненты в жидком состоянии полностью растворимы друг в друге и представляют собой жидкий раствор (одна фаза – жидкость). В твердом состоянии сплавы образуют твердые растворы (по расположению атомов в кристаллической решетке различают твердые растворы замещения и твердые растворы внедрения), химические соединения и механические смеси (сплав-смесь).

Под структурой понимают форму, размеры и характер взаимного расположения фаз в сплавах. Знание структуры сплавов и их изменения в связи с нагревом или охлаждением сплава позволяет установить закономерность в изменении механических свойств сплавов при различных видах термической и химико-термической обработки.

Диаграмма состояния представляет собой графическое изображение фазового состояния сплавов данной системы в зависимости от температуры и концентрации компонентов. Диаграммы состояния строят при условии равновесия системы. Такое состояние может быть достигнуто при малых скоростях охлаждения или нагрева. Поэтому с помощью диаграмм

состояния можно исследовать фазовые и структурные превращения, происходящие в сплавах при медленном нагреве или охлаждении.

Наиболее широко применяются сплавы системы железо-углерод, содержащие до 6,67% углерода, что соответствует его концентрации в цементите. Диаграмма состояния «железо-цементит» (рис. 1) имеет важное значение для обоснованного выбора железо-углеродистых сплавов (сталей и чугунов) при изготовлении изделий различного назначения, для теории и практики их термической обработки.

Рис. 1. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

Для изучения железоуглеродистых сплавов необходимо научиться анализировать диаграмму состояний «железо – цементит»; знать состав, строение и условия образования различных фаз и структурных составляющих; понимать, в чем структурное различие между техническим железом, сталью и чугуном; разобраться, как влияет углерод и нормальные (постоянные) примеси – кремний, марганец, сера и фосфор – на свойства сталей, в чем состоит вредное влияние фосфора и серы, определяющие явления хладно- и красноломкости стали.

Критические точки сталей (точки Чернова), при которых происходят фазовые превращения, устанавливают связь между обработкой стали, ее структурой и свойствами, что обеспечивает возможность назначения режимов термической обработки сталей. Все критические точки обозначаются буквой «А» (рис.2).

Поскольку превращения совершаются при нагреве и охлаждении при различных температурах, чтобы отличить эти процессы, ввели дополнительные обозначения. Для обозначения превращений при нагреве к букве «А» добавляют букву «с»:  $A_{c1}, A_{c2}$ ; при охлаждении – латинскую букву «r»:  $A_{r1}, A_{r3}$ .

Углеродистые стали кроме двух основных компонентов железа и углерода содержат различные примеси (химические элементы). К их числу относятся постоянные и случайные примеси. Постоянные примеси подразделяются на вредные и полезные. И те и другие оказывают влияние на свойства сталей.

Случайные примеси попадают в сталь из вторичного сырья или руд. Их количество невелико, они мало влияют на процессы превращений и свойства сталей.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Почему в технике наибольшее применение получили сплавы, а не металлы?

2. Поясните понятия: «сплав», «компоненты», «фаза», «структура».
3. В чем разница между фазой и структурной составляющей?
4. Как компоненты сплава могут взаимодействовать друг с другом?
5. Перечислите типы сплавов.
6. Охарактеризуйте каждый тип сплавов.
7. Что такое твердый раствор?
8. Какие бывают твердые растворы?
9. Что такое химические соединения?
10. Что такое механическая смесь?
11. Что называется первичной кристаллизацией?
12. Перечислите механические смеси и охарактеризуйте их.
13. Чем различаются диаграммы состояния «железо-углерод» и «железо-цементит»?
14. Какие фазы образуются в системе «железо-цементит»?
15. Какие группы сплавов можно выделить в системе «железо-цементит»?
16. Назовите критические точки сталей. В чем состоит их практическое применение?
17. Назовите постоянные примеси в сталях. В чем заключается влияние вредных примесей и какова роль полезных примесей?
18. Какое влияние оказывает содержание углерода на механические свойства стали?
19. Какие свойства придают сталям сера и фосфор?

## **Теме 1.3. Железоуглеродистые, легированные и цветные сплавы**

### *Содержание учебного материала*

Классификация сталей. Углеродистые, конструкционные стали: виды, свойства, маркировка по ГОСТу, применение на подвижном составе железных дорог.

Общие сведения о термической обработке сталей. Фазовые превращения при термической обработке сталей. Виды термической обработки: отжиг, закалка и отпуск стали. Влияние термической обработки на механические свойства стали.

Общие сведения о химико-термической обработке сталей. Фазовые превращения при химико-термической обработке сталей. Виды химико-термической обработки. Влияние химико-термической обработки на свойства стали.

Классификация чугунов. Свойства, маркировка по ГОСТу и применение различных видов чугунов на подвижном составе железных дорог.

Легированные стали, их классификация. Влияние легирующих элементов на свойства сталей. Маркировка по ГОСТу легированных сталей. Цветные металлы и сплавы на их основе. Алюминий и сплавы на его основе. Медь и сплавы на ее основе. Антифрикционные подшипниковые сплавы. Маркировка цветных сплавов. Применение цветных металлов и сплавов на их основе на подвижном составе железных дорог.

## Методические указания к теме 1.3

От правильного выбора материала деталей зависят надежность, прочность и долговечность конструкции. При изучении данной темы необходимо уяснить виды сталей, чугунов и цветных сплавов, их свойства и применение на железнодорожном транспорте. Знание свойств, маркировки сплавов помогает специалисту умело пользоваться техническими справочниками и технической литературой при выборе материалов для изготовления и ремонта единиц подвижного состава.

Наибольшее применение на практике при изготовлении деталей машин и различных металлических конструкций имеют сплавы железа с углеродом. К таким сплавам относятся стали и чугуны. Стали классифицируют по химическому составу, качеству, структуре в равновесном состоянии и назначению. По химическому составу все стали делятся на углеродистые и легированные.

На долю углеродистых сталей приходится около 80% общего объема выпуска сталей. Углеродистые стали более дешевые и имеют удовлетворительные механические свойства с хорошей обрабатываемостью резанием и давлением. Существенным недостатком углеродистых сталей является небольшая прокаливаемость, что значительно ограничивает размер деталей, упрочняемых термической обработкой. Углеродистые стали различают:

- по диаграмме состояний,
- по структуре,
- по способу выплавки,
- по содержанию углерода,
- по степени раскисления,
- по качеству,
- по назначению.

Свойства углеродистых сталей зависят от содержания основного элемента – углерода, а также от содержания постоянных и случайных примесей. Углеродистые стали, за исключением сталей обыкновенного качества, маркируются по содержанию углерода.

Углеродистые стали широко применяются на железнодорожном транспорте для изготовления колесных пар вагонов и локомотивов, для изготовления рельсов.

Свойства сплава зависят от его структуры. Основным способом, позволяющим изменять структуру, а следовательно, и свойства, является термическая обработка. Цель любого процесса термической обработки состоит в том, чтобы нагревом до определенной температуры и последующим охлаждением вызвать желаемое изменение строения сплава. Общее представление о превращениях, которые протекают в стали при нагреве, можно получить из диаграммы состояния железо-цементит, рассмотренную при изучении темы 1.2. Диаграмма состояния показывает, каким видам термообработки может быть подвергнут сплав и в каких температурных интервалах следует производить обработку.

Основные факторы воздействия при термической обработке – температура и время, любой процесс термической обработки можно описать графиком, показывающим изменение температуры во времени (рис.1). Для обоснованного выбора температурных режимов термической обработки необходимо знание критических точек сталей рассмотренных при изучении темы 1.2. К основным видам термической обработки относятся: отжиг, закалка с последующим отпуском либо нормализация.

В результате термической обработки в сплавах происходят структурные изменения. После термической обработки металлы и сплавы могут находиться в равновесном (стабильном) и неравновесном (метастабильном) состоянии. При охлаждении деталей вместе с печью в них практически полностью проходят процессы вторичной кристаллизации и связанные с ними диффузионные превращения в металле или сплаве. В результате металл оказывается в состоянии близком к равновесному (стабильному). При охлаждении на воздухе в металле происходят превращения, близкие к равновесным. При быстром охлаждении (например, в масле, в воде) в металле не успевают проходить диффузионные процессы и связанные с ними превращения, поэтому он оказывается в неравновесном (частично неравновесном) состоянии.

Способность металлов растворять различные элементы позволяет при повышенных температурах атомам вещества, окружающего поверхность металла, проникать внутрь него, создавая поверхностный слой измененного состава. При такой обработке изменяется не только состав, но и структура поверхностных слоев, а часто и сердцевины. Такая обработка называется химико-термической обработкой.

В результате химико-термической обработки достигается повышение твердости и износостойкости, предела выносливости или устойчивости к коррозии. Процесс химико-термической обработки состоит из трех стадий: диссоциации, адсорбции и диффузии.

Различают следующие виды химико-термической обработки стали:

- цементация,
- азотирование,
- цианирование (нитроцементация),

· диффузионная металлизация (алитирование, хромирование, силицирование и другие).

Сплавы железа с углеродом, содержащие более 2,14% углерода, называются чугунами. Углерод в чугуне может находиться в виде цементита или графита, или одновременно в виде цементита и графита; графит в чугуне может иметь разные формы, отсюда и разные виды чугунов. В отличие от стали чугуны имеют более высокое содержание углерода, заканчивают кристаллизацию образованием эвтектики, обладают низкой способностью к пластической деформации и высокими литейными свойствами. Их технологические свойства обусловлены наличием эвтектики в структуре. Стоимость чугунов ниже стоимости стали. Микроструктура чугуна состоит из металлической основы и графитовых включений. Свойства чугуна зависят от свойств металлической основы и характера включений графита. Маркируются чугуны буквами и цифрами.

Легированные стали – это такие стали, в которые для обеспечения требуемых свойств, намеренно вводят легирующие элементы. Введение легирующих элементов значительно усложняет взаимодействие компонентов в стали между собой, приводит к образованию новых фаз и структурных составляющих. Легирующие элементы сильно влияют на фазовые превращения в сталях при нагревании и охлаждении, поэтому воздействуют на структуру и свойства сталей после различной термической обработки. После термической обработки легированные стали обладают лучшими механическими свойствами. Легированием можно также изменить физико-химические свойства стали и получить сталь коррозионноустойчивую, жаропрочную, немагнитную, магнитную, с особыми тепловыми и электрическими свойствами. Легированные стали классифицируют по структуре в равновесном состоянии, по структуре после охлаждения на воздухе, по количеству легирующих элементов и по назначению. Для обозначения марок легированных сталей принята система букв и цифр. Обозначение некоторых легированных сталей специального назначения несколько отличается от общепринятого.

На железнодорожном транспорте широкое применение находят цветные металлы и сплавы на их основе. К таким металлам относятся медь и алюминий. Различают две основные группы сплавов на основе меди: латуни и бронзы. Сплавы на основе алюминия классифицируются по технологии изготовления изделий: деформируемые, спеченные (порошковые) и литейные. Для обозначения алюминиевых и медных сплавов принята смешанная буквенная и буквенно-цифровая маркировка. Порядок цифр в обозначении марок деформируемых и литейных сплавов различен.

Опорами вращающегося вала являются подшипники. Несмотря на широкое применение подшипников качения, подшипники скольжения часто используются в узлах трения, в том числе и на железнодорожном транспорте. Подшипники скольжения применяют в виде вкладышей. Для их изготовления используют антифрикционные подшипниковые сплавы. Основные требования, предъявляемые к антифрикционным сплавам, определяются условиями работы вкладыша подшипника. Эти сплавы должны иметь достаточную твердость, но не очень высокую, чтобы не вызвать сильного износа вала; сравнительно легко деформироваться под влиянием местных напряжений, т.е. быть пластичными; удерживать смазку на поверхности; иметь малый коэффициент трения между валом и подшипником.

Кроме того, температура плавления этих сплавов не должна быть высокой, и сплавы должны обладать хорошей теплопроводностью и устойчивостью против коррозии.

Наиболее широко применяются сплавы на оловянной и свинцовой основе (баббиты), сплавы на цинковой и алюминиевой основе, а также медносвинцовые сплавы.

Условные обозначения марок материалов приведены в приложении 1, обозначение химических элементов в марках черных и цветных сплавах приведено в приложении 2.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какой сплав называется сталью?
2. Какие виды сталей Вам известны? Что такое степень раскисления сталей и как подразделяются стали по степени раскисления?
3. Что является характерной особенностью инструментальных сталей?
4. Какие стали называются нержавеющей?
5. Как маркируются стали обыкновенного качества?
6. Какие стали относятся к автоматным и как они маркируются?
7. Какими свойствами обладают стали, предназначенные для изготовления литья?
8. Что обозначает число в марке углеродистой качественной конструкционной стали?
9. Какие превращения протекают в сталях при нагреве?
10. Как влияет рост зерна аустенита на механические свойства сталей?
11. Что такое мартенсит, какое он имеет строение и свойства?
12. Что такое отжиг, каковы его цель и назначение?
13. Какие разновидности отжига Вы знаете?
14. Чем отличается закаливаемость стали от прокаливаемости?
15. Какие разновидности закалки Вы знаете?
16. Что такое отпуск и какова его цель?
17. Что такое сорбит и троостит?
18. Какое основное превращение происходит в сталях при медленном охлаждении?
19. Что такое нормализация, ее назначение?
20. Что такое улучшение?
21. Что такое химико-термическая обработка?
22. Перечислите виды химико-термической обработки?
23. Что называется цементацией?



24. Что такое азотирование?
25. Что такое нитроцементация и цианирование?
26. Что такое диффузионная металлизация?
27. Какой сплав называется чугуном?
28. Какие виды чугунов Вы знаете?
29. Структура каких чугунов приведена на диаграмме «железо-цементит»?
30. Какие чугуны с графитом Вы знаете? Какую форму графит имеет в этих чугунах?
31. Как влияет графит на свойства чугунов?
32. Какую структуру металлической основы могут иметь чугуны с графитом?
33. Как металлическая основа влияет на механические свойства чугуна?
34. Что такое серый чугун?
35. Каковы структура, механические свойства и область применения серого чугуна?
36. Что такое ковкий чугун?
37. Каковы структура, механические свойства и область применения ковкого чугуна?
38. Что такое высокопрочный чугун?
39. Каковы структура, механические свойства и область применения высокопрочного чугуна?
40. Как маркируются чугуны?
41. Какие виды легированных чугунов Вам известны?
42. Чем легированные стали отличаются от углеродистых?
43. Что называется легирующими элементами?
44. Какие элементы периодической системы Д.И.Менделеева могут быть легирующими компонентами в сталях?
45. В чем заключается основное влияние легирующих элементов на превращения, структуру и свойства сталей?
46. Какой основной принцип лежит в основе выбора углеродистых или легированных сталей для изготовления деталей машин?
47. Как обозначаются марки легированных сталей?

48. Каково назначение сталей обыкновенного качества Приведите примеры?
49. Какие стали называют конструкционными?
50. Какой сплав называется бронзой?
51. Какой сплав называется латунью?
52. Чем бронза отличается от латуни?
53. На какие группы делятся алюминиевые сплавы?
54. Назовите марки антифрикционных сплавов и основные требования к ним

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

**Тема:** Классификация и характеристика углеродистых сталей.

**Цель практической работы:** Формирование умения классифицировать углеродистые стали, подобрать конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации.

**Содержание отчёта:**

- 1.Номер работы, тема, цель.
- 2.Выполнить задание1 (Таблица №1) по вариантам и оформить в виде таблицы№б.2, как показано на примере.
- 3.Написать по две детали из стали вашего варианта.
- 4.Подобрать конструкционный материал для изготовления проката различного профиля.

Таблица№1                      Индивидуальные задания по вариантам

№	Стали углеродистые			Температура		
	10	80	У13	20	730	1000
2	15	У12А	У8	30	740	1050
3	20	80	У10	120	435	1110
4	25	У12А	45	500	750	1500
5	30	75	У13А	450	750	1600
6	40	У10А	Ст5кп	300	600	1400
7	35	У8	У10А	300	740	1500
8	45	У13А	У8	40	620	1200
9	50	У7	У10А	70	750	1140

10	55	У13А	85	100	900	1200
11	60	У11	У8А	150	810	1250
12	65	Ст3кп	У12А	740	350	1500
13	45	У9А	АСт6кп	170	750	1200
15	50	ВСт2кп	80	120	750	1300
16	У8А	70	БСт2пс	150	760	1500
17	55	У13А	ВСт3сп	70	750	2000
18	У12А	АСт4кп	75	90	800	1500
19	У13	55	АСт3кп	70	1300	1400
20	65	У11	БСтт3пс	65	730	1300
21	60	У11	У8А	50	850	1250
22	45	У9А	АСт6кп	175	850	1300
23	У8А	70	БСт2пс	250	860	1300
24	У12А	АСт4кп	75	190	600	1200
25	65	У11	БСтт3пс	265	530	1000
26	15	У12А	У8	130	540	950
27	25	У12А	45	100	550	1400
28	40	У10А	Ст5кп	100	600	1200
29	45	У13А	У8	140	820	1200
30	55	У13А	85	200	900	1500

Пример выполнения задания 1 показан в таблице № 2

### Задача 1

Пользуясь диаграммой «Железо-цементит» определите структурные составляющие при различных температурах и укажите характеристики сталей

Таблица №2

№	Характеристики углеродистых сталей	Сталь45	У8	У12А
1	Содержание углерода	0,45	0,8	1,2
2	Конструкционная	да	нет	нет
3	Инструментальная	нет	да	да
4	Доэвтектоидная	+	-	-
5	Эвтектоидная	-	+	-
6	Заэвтектоидная	-	-	+
7	Качественная	+	+	-
8	Высококачественная	-	-	+

9	Структура при температуре 20 <sup>0</sup> С	Ф+П	П	П+Ц
10	Структура при температуре 730 <sup>0</sup> С	А+Ф	А	А+Ц
11	Структура при температуре 1130 <sup>0</sup> С	А	А	А

2. Ответ на задание 2. Написать по две детали из сталей по заданию (пример)

Сталь 45- шестерни, валы

У8 – центры токарных станков, ножницы.

У12А – фрезы, ножи по металлу.

### Контрольные вопросы

1. Перечислить способы получения стали.
2. Что загружают в индукционные печи для получения стали?
3. Какие примеси снижают качество стали?
4. Перечислить металлический фасонный профиль, получаемый методом проката.
5. Перечислить металлические конструкции, выполненные из стали обыкновенного качества.

### Литература:

1. Кузьмин Б.А. и др. Металлургия, металловедение и конструкционные материалы. Учебник для техникумов, М.: «Высшая школа», 1977. – 304 с.
2. Колесов С.Н. Металловедение и технология конструкционных материалов: М.: «Высшая школа», 2004. – 352 с