

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ

Кафедра «Вагони та вагонне господарство»

Т. П. Даніленко

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ І ЗАВДАННЯ
до контрольної (самостійної) роботи

з дисципліни
«МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕХНОЛОГІЯ МАТЕРІАЛІВ»

розділу «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО» для студентів
механічних спеціальностей усіх форм навчання

Київ 2014

УДК 629.4.:22

Даніленко Т. П.

Методичні рекомендації і завдання до контрольної (самостійної) роботи з дисципліни «Матеріалознавство та технологія матеріалів» розділу «Матеріалознавство» для студентів механічних спеціальностей усіх форм навчання – К.: ДЕТУТ, 2014. – 42 с.

У роботі наведені завдання і методичні рекомендації щодо їх виконання, а також необхідні теоретичні відомості про конструкційні матеріали, їх властивості, класифікацію; наведені приклади виконання завдань.

Рекомендації призначені для студентів механічних спеціальностей усіх форм навчання та відповідають робочій програмі дисципліни «Матеріалознавство та технологія матеріалів».

Укладач: *Т. П. Даніленко, к.т.н., доцент, професор кафедри «Вагони та вагонне господарство»*

Рецензенти: *В. М. Гарнець, к.т.н., професор КНУБА;
Г. М. Талавіра, к.т.н., доцент, зав. кафедри «Будівельні конструкції і споруди»*

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Загальні методичні вказівки.....	5
2. Запитання і завдання до контрольної роботи.....	6
3. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи.....	15
3.1. Методичні вказівки до запитань 1 – 30.....	15
3.2. Методичні вказівки до запитань 31 – 60.....	20
3.3. Методичні вказівки до запитань 61 – 90.....	25
3.4. Методичні вказівки до виконання практичних завдань 91 – 120...	31
3.5. Методичні вказівки до запитань 121 – 150.....	35
Список літератури до виконання контрольної роботи	35
<i>Додаток.</i> Титульний лист.....	36

Вступ

Завдання і методичні рекомендації призначені для виконання контрольної (самостійної) роботи студентами заочної і денної форм навчання, що вивчають курс “Матеріалознавство та технологія матеріалів”. Основна мета контрольної (самостійної) роботи – закріплення і поглиблення знань з розділу “Матеріалознавство”, отримання здібностей у роботі з технічною літературою, вміння аналізувати матеріал, що вивчається, вміння користуватися набутими знаннями для вирішення практичних задач.

Для залізничної техніки використовують багато матеріалів різних видів, серед яких основними є метали і металеві сплави. Конструктори, технологи, які проектують, виготовляють і ремонтують техніку, повинні мати необхідні знання про властивості матеріалів, методи їх покращення, про технологічні процеси виготовлення деталей і конструкцій. Такі властивості виробу, які визначаються, насамперед, умовами його експлуатації, належать до категорії експлуатаційних.

Для матеріалів залізничної техніки і споруд найважливішими є механічні властивості, які характеризують поведінку матеріалу під дією зовнішніх навантажень, а саме, визначають його здатність витримувати навантаження, в тому числі ударні і циклічні, які діють на транспорті, опиратися деформації і руйнуванню. Крім того, багато техніки працює в умовах підвищеної або зниженої температури (деталі котлів, двигунів, турбін, рефрижераторів тощо), для них визначальними, окрім механічних, є такі фізичні властивості, як тепло- і електропровідність, коефіцієнт термічного лінійного розширення, температура плавлення та ін. Дуже важливою є густина матеріалу, оскільки вона впливає на ефективність перевезень залізницею: застосування матеріалів з малою густиною за збереження міцності техніки дозволяє збільшити вантажопідйомність рухомого складу.

Важливими є і хімічні властивості, такі як корозійна стійкість, стійкість проти окислення і розчинення в агресивних середовищах, оскільки залізницею транспортується багато агресивних речовин, а також техніка і споруди сприймають вплив навколишнього середовища (коливання температур, опади тощо).

Окрім експлуатаційних матеріал повинен мати і певні технологічні властивості, це ті, що характеризують його здатність піддаватися різним способам обробки з метою виготовлення з нього деталей машин і конструкцій. Основними з цих способів є лиття, обробка тиском, зварювання, різання.

Знання властивостей матеріалів, а вони залежать від їх складу, структури, є обов'язковою передумовою правильного вибору матеріалу і технології його обробки, технології виготовлення деталей і від цього залежить надійність роботи залізничної техніки. Знання про матеріали необхідні також і при проведенні ремонтних робіт, потреба в яких виникає в процесі експлуатації техніки внаслідок її зношування або поломки. Ці знання надає фахівцю наука матеріалознавство, яка вивчає склад, структуру і властивості матеріалів, взаємозв'язок властивостей із структурою, а також вивчає і розробляє способи формування певної структури і властивостей.

Матеріалознавство продовжує свій розвиток, створюються і вивчаються нові матеріали, нові прогресивні технології їх виробництва і обробки, удосконалюються способи покращення властивостей вже відомих матеріалів.

1. Загальні методичні вказівки

Студент виконує свій варіант контрольної роботи, який визначається за *табл.1*. Номер варіанта співпадає з **двома останніми цифрами** навчального шифру студента (заочна форма навчання), чи з порядковим номером студента у груповому журналі (денна форма навчання), наприклад, якщо дві останні цифри навчального шифру студента 49, то він виконує варіант №49 контрольної роботи, тобто відповідає на **п'ять** запитань за номерами 19; 49; 79; 109; 139. Викладач може змінити номери завдань для студентів. Кожен варіант містить **три теоретичних запитання і два практичних завдання**, номери яких наведені в *табл.1*.

Таблиця 1

Номери варіантів і запитань до контрольної (самостійної) роботи

Номер варіанта контрольної роботи	Номери запитань до контрольної роботи	Номер варіанта контрольної роботи	Номери запитань до контрольної роботи
01, 31, 61, 91	1, 31, 61, 91, 121	16, 46, 76	16, 46, 76, 106, 136
02, 32, 62, 92	2, 32, 62, 92, 122	17, 47, 77	17, 47, 77, 107, 137
03, 33, 63, 93	3, 33, 63, 93, 123	18, 48, 78	18, 48, 78, 108, 138
04, 34, 64, 94	4, 34, 64, 94, 124	19, 49, 79	19, 49, 79, 109, 139
05, 35, 65, 95	5, 35, 65, 95, 125	20, 50, 80	20, 50, 80, 110, 140
06, 36, 66, 96	6, 36, 66, 96, 126	21, 51, 81	21, 51, 81, 111, 141
07, 37, 67, 97	7, 37, 67, 97, 127	22, 52, 82	22, 52, 82, 112, 142
08, 38, 68, 98	8, 38, 68, 98, 128	23, 53, 83	23, 53, 83, 113, 143
09, 39, 69, 99	9, 39, 69, 99, 129	24, 54, 84	24, 54, 84, 114, 144
10, 40, 70, 00	10, 40, 70, 100, 130	25, 55, 85	25, 55, 85, 115, 145
11, 41, 71	11, 41, 71, 101, 131	26, 56, 86	26, 56, 86, 116, 146
12, 42, 72	12, 42, 72, 102, 132	27, 57, 87	27, 57, 87, 117, 147
13, 43, 73	13, 43, 73, 103, 133	28, 58, 88	28, 58, 88, 118, 148
14, 44, 74	14, 44, 74, 104, 134	29, 59, 89	29, 59, 89, 119, 149
15, 45, 75	15, 45, 75, 105, 135	30, 60, 90	30, 60, 90, 120, 150

Контрольна робота повинна містити **короткі змістовні відповіді** на запитання, або виконання завдання. Якість відповіді визначається не її обсягом, а конкретністю, змістовністю і чіткістю відповіді. На запитання необхідно відповідати самостійно, користуючись конспектом лекцій [1], навчальним посібником [2], підручниками [3 - 6], довідниками.

Контрольну роботу треба оформити на **аркушах формату А4** акуратно, чітко, згідно методичних вказівок. Титульний лист оформлюється у друкованому вигляді, або від руки креслярським шрифтом за зразком з додатка А. На другому листі треба вказати **номер варіанта** контрольної роботи та її **зміст**, в якому треба навести повний текст перших трьох запитань, а два практичних завдання позначити як «Практичні завдання» (*повний текст цих завдань навести безпосередньо там, де їх виконано*). Праворуч запитання (завдання) у змісті слід вказати сторінку, на якій в роботі починається відповідь на це запитання.

Далі треба дати відповіді на запитання, починаючи кожен відповідь на окремій сторінці. Перед текстом відповіді на запитання треба знову навести текст самого запитання.

Обсяг контрольної роботи повинен становити, як правило, **12-20 сторінок рукописного** тексту (друкованого – 6-10). За необхідності у тексті варто наводити схеми, ескізи, рисунки, які пояснюють відповідь.

В кінці роботи слід навести список використаної літератури.

2. Запитання і завдання до контрольної роботи

Запитання 1-30 належать до **початкових розділів** курсу, в яких розглядається кристалічна будова металевих матеріалів, первинна і вторинна кристалізація, поліморфізм, металеві сплави, діаграма стану залізо-вуглецевих сплавів, основні фазові перетворення в сталях та чавунах, пластична деформація, рекристалізація, види випробування механічних властивостей.

1. Наведіть характеристику кристалічної будови металевих матеріалів. Опишіть типи кристалічних решіток в металах і наведіть основні характеристики решіток (параметр, координаційне число, базис).

2. Опишіть дефекти кристалічної решітки металів, їх види, роль цих дефектів у пластичній деформації металевих матеріалів.

3. Основні характерні властивості металів. Суть металевого зв'язку. Що таке «електронний газ» і його роль у формуванні основних властивостей металів.

4. Опишіть процес первинної кристалізації металів. Два елементарні процеси кристалізації і вплив ступеня переохолодження рідкого металу на швидкість цих процесів.

5. Дендритна будова кристалів. Поясніть явище дендритної ліквідації в сплавах і опишіть вид термічної обробки, що застосовується для зменшення дендритної ліквідації.

6. Наведіть типову схему зернової будови сталевих зливок, покажіть типове розташування усадочної раковини. Поясніть, в чому суть зональної ліквідації хімічних елементів і причини її виникнення.

7. Опишіть явище поліморфізму. Суть поліморфізму заліза і його практичне значення. Побудуйте криву охолодження заліза і поясніть значення критичних точок.

8. Що таке металеві сплави, їх компоненти і фази. Типи твердих розчинів і умови їх отримання. Наведіть приклади твердих розчинів проникнення в системі залізо-вуглецевих сплавів, опишіть їх.
9. Охарактеризуйте основні фази сплавів, їх типи. опишіть основну хімічну сполуку в системі залізо-вуглецевих сплавів.
10. Наведіть основні тверді фази сплавів. Наведіть механічні суміші фаз у системі залізо-вуглецевих сплавів, опишіть їх.
11. опишіть суть процесу вторинної кристалізації (перекристалізації), чим вона пояснюється. Наведіть приклади перекристалізації при охолодженні сталей.
12. опишіть суть термічного аналізу і його застосування для побудови кривих охолодження і діаграм стану сплавів.
13. Полікристалічна будова реальних металів та сплавів. Вплив розміру зерна на основні механічні властивості металевих матеріалів.
14. Поясніть зміни мікроструктури сталі (витягнутість зерен, формування волокнистості) і механічних властивостей в результаті пластичної деформації.
15. Поясніть явище наклепу при пластичній деформації і структурні зміни в металах при пластичній деформації. опишіть вид термічної обробки, що застосовується для усунення наклепу.
16. Наведіть діаграму стану сплавів, що утворюють обмежені тверді розчини, поясніть на її прикладі правило відрізків.
17. Наведіть діаграму стану сплавів з компонентів, які нерозчинні один в одному. Поясніть на її прикладі правило відрізків.
18. Наведіть діаграму стану сплавів, що утворюють тверді розчини з необмеженою розчинністю і на її прикладі поясніть правило відрізків.
19. Наведіть характеристику фаз і основних структурних складових діаграми стану залізо-вуглець.
20. опишіть евтектичне перетворення в чавунах і дайте характеристику механічній суміші, яка утворюється в результаті евтектичного перетворення.
21. опишіть евтектоїдне перетворення в залізо-вуглецевих сплавах, дайте характеристику механічній суміші, яка утворюється в результаті евтектоїдного перетворення.

22. Опишіть вторинну кристалізацію (перекристалізацію) в сталях при охолодженні (на прикладах поліморфного перетворення аустеніту на ферит; у результаті зміни розчинності вуглецю в аустеніті) і практичне значення вторинної кристалізації.
23. Наведіть класифікацію білих чавунів залежно від вмісту вуглецю, дайте характеристику їх структур.
24. Опишіть випробування матеріалів на втомленість і механічну характеристику, яку при цьому визначають.
25. Опишіть основні способи визначення твердості металевих матеріалів, позначення твердості, практичне значення визначення твердості.
26. Опишіть випробування металевих матеріалів на розтяг; поясніть, які основні механічні характеристики визначають в результаті цих випробувань, наведіть діаграму розтягу.
27. Дайте визначення основних механічних характеристик матеріалів (границя міцності, границя плинності, відносне видовження, відносне звуження), наведіть діаграму розтягу.
28. Опишіть динамічні випробування на ударний вигин, поясніть, яку механічну характеристику визначають в результаті цих випробувань.
29. Охарактеризуйте крихкий, в'язкий злами і злам від втоми.
30. Наведіть класифікацію вуглецевих сталей залежно від вмісту вуглецю, дайте характеристику їх структур після повільного охолодження.
- Запитання 31 – 60** ставляться до розділу **термічної** (гарт, відпуск, відпал) та **хіміко-термічної** обробки сталей, фазових перетворень і зміни властивостей сталей внаслідок термічної обробки.
31. Суть термічної обробки сталі, основні параметри режиму термічної обробки. Назвіть основні види термічної обробки.
32. Наведіть сталевий кут діаграми залізо-цементит і поясніть значення критичних температур (A_{c1} ; A_{r1} ; A_{c3} ; A_{r3} ; A_{cm}) фазових перетворень в сталі при нагріванні і охолодженні.
33. Опишіть фазові перетворення (аустенітизацію) в доєвтектоїдних сталях під час їх нагрівання від кімнатної температури до температури вище критичної точки A_{c3} .

34. Опишіть фазові перетворення (аустенітизацію) у заевтектоїдних сталях під час їх нагрівання від кімнатної температури до температури вище критичної точки A_{cm} .
35. Перлітне (евтектоїдне) перетворення в сталях. Охарактеризуйте можливі продукти розпаду аустеніту при цьому перетворенні (перліт, сорбіт, троостит), чим вони відрізняються.
36. Наведіть і поясніть діаграму ізотермічного розпаду аустеніту евтектоїдної сталі. Покажіть, як на діаграмі визначити критичну швидкість гартування V_k і поясніть її значення.
37. Опишіть суть мартенситного перетворення в сталях, наведіть і прокоментуйте графік залежності температурного інтервалу мартенситного перетворення від вмісту вуглецю в сталі. При якому виді термічної обробки відбувається це перетворення?
38. Що таке мартенсит, його властивості і внаслідок чого він утворюється в сталі. Вплив вуглецю на положення мартенситних точок M_p і M_k . При якому виді термічної обробки відбувається мартенситне перетворення в сталях?
39. На діаграмі ізотермічного розпаду аустеніту сталі У8 покажіть критичну швидкість гартування V_k . Опишіть фазові перетворення в сталі внаслідок гартування, дайте характеристику гартуванню, як виду термічної обробки.
40. Опишіть суть гартування сталі. Що таке прогартуваність і загартуваність сталі, в чому їх практичне значення.
41. Поясніть, чому після гартування зазвичай роблять відпуск сталі. Опишіть суть відпуску і його види.
42. Для яких сталей застосовують повне і неповне гартування, опишіть суть гартування, дайте характеристику мартенситу.
43. Які перетворення відбувається у мартенситі під час його відпуску, які структури утворюються, охарактеризуйте їх, наведіть основні властивості цих структур.
44. Обґрунтуйте, який вид гартування (повне або неповне) треба застосовувати для конструкційних та інструментальних вуглецевих сталей.
45. Опишіть суть відпуску і його види. Який вид відпуску застосовують для різального інструменту і чому.

46. Опишіть поліпшення (гартування з високим відпуском), як вид термічної обробки сталей. Охарактеризуйте структуру, яку отримують внаслідок поліпшення. Застосування поліпшення.
47. Який вид відпуску (високий, середній, низький) застосовують для пружинних сталей і чому. Опишіть суть відпуску і його види.
48. Опишіть структурні зміни, що відбуваються в сталі під час рекристалізаційного відпалу. Поясніть призначення цього виду термічної обробки.
49. Поясніть явище рекристалізації деформованого металу при його нагріванні. Опишіть зміну зернової структури і механічних властивостей у процесі рекристалізації. Як називається вид термічної обробки, при якому здійснюється рекристалізація?
50. Наведіть схему повного відпалу, опишіть зміни в структурі сталі, при повному відпалі, з якою метою він застосовується і для яких сталей ?
51. Наведіть схему ізотермічного відпалу, яка структура формується в результаті. Чим він відрізняється від повного відпалу і для яких сталей його застосовують.
52. Охарактеризуйте дифузійний (гомогенізаційний) відпал, опишіть структурні зміни в сталі в результаті цієї термічної обробки. Що таке гомогенізація?
53. Який вид термічної обробки можна застосувати для доевтектоїдної сталі, щоб крупнозернисту ферито-перлітну структуру перетворити на дрібнозернисту? Опишіть цей вид термообробки.
54. Який вид термічної обробки сталі необхідно застосувати для усунення дендритної ліквіації? Опишіть цей вид термообробки. Що таке дендритна ліквіація?
55. З якою метою проводять відпал на зернистий перліт? Наведіть його схему і опишіть структурні перетворення і зміну властивостей сталей в результаті його застосування.
56. Опишіть нормалізацію сталі, наведіть її схему, в чому її практичне значення.
57. Який вид термічної обробки треба застосувати до інструментальної вуглецевої сталі із структурою пластинчастого перліту і вторинного цементиту для зменшення її твердості і поліпшення оброблюваності. Опишіть цей вид термообробки.

58. Суть і практичне значення цементації сталей. Перетворення, які відбуваються в структурі та властивостях сталі внаслідок цементації. Сталі, до яких застосовується цементація.

59. Суть і практичне значення азотування сталей. Перетворення, які відбуваються в структурі та властивостях сталі внаслідок азотування. Сталі, до яких застосовується азотування.

60. Суть і практичне значення ціанування і нітроцементації сталей. Перетворення, які відбуваються в структурі і властивостях сталей внаслідок цих видів хіміко-термічної обробки.

Запитання 61 – 90 належать до розділів, в яких розглядаються **чавуни** (білі, сірі, ковкі, високоміцні); **вуглецеві сталі** (конструкційні звичайної якості, конструкційні якісні; інструментальні), **леговані сталі** різних класів, кольорові сплави, полімерні матеріали, застосування цих матеріалів на залізничному транспорті.

61. Охарактеризуйте сірі чавуни, умови їх отримання. Принципи маркування, застосування на залізничному транспорті.

62. Ковкі чавуни, умови їх отримання, принципи маркування, застосування їх на залізничному транспорті.

63. Високоміцні чавуни, умови їх отримання, принципи маркування, застосування на залізничному транспорті.

64. Вуглецеві конструкційні сталі звичайної якості, їх структура, маркування, застосування на залізничному транспорті.

65. Вуглецеві сталі звичайної якості, киплячі, спокійні, напівспокійні. Маркування залежно від ступеня розкислення.

66. Вуглецеві сталі спеціального призначення (рейкова і для мостобудування), їх маркування, хімічний склад, властивості.

67. Вуглецеві конструкційні сталі якісні, їх структура, принцип маркування, застосування на транспорті.

68. Сталі вуглецеві для осей локомотивів і вагонів; для цільнокатаних колес вагонів. Їх маркування, хімічний склад, властивості.

69. Вуглецеві інструментальні сталі, їх структура, маркування, застосування. Роль цементиту в інструментальних сталях.
70. Конструкційні низьколеговані низьковуглецеві сталі, їх властивості, застосування на залізничному транспорті.
71. Конструкційні леговані цементовані сталі; марки, хімічний склад, структура, термічна обробка, властивості; приклади їх застосування на залізничному транспорті.
72. Конструкційні леговані сталі, які поліпшуються, їх склад, структура, властивості, застосування на залізничному транспорті. У зв'язку із чим ці сталі звуться поліпшуваними?
73. Ресорно-пружинні леговані сталі та їх застосування на рухомому складі залізниць. Їх хімічний склад, структура, термічна обробка, властивості.
74. Наведіть вимоги до легованих сталей для різального інструменту, назвіть їх основні легуючі елементи, опишіть структуру та термічну обробку цих сталей.
75. Швидкорізальні сталі, їх характеристика, маркування, структура, властивості. Наведіть схему термічної обробки (гартування і відпуск) та обґрунтуйте її застосування для даного класу сталей.
76. Склад, структура, термічна обробка, властивості сталей для вимірювального інструменту, вимоги до цих сталей.
77. Сталі для штампів холодного і гарячого деформування, основні вимоги до них, їх хімічний склад, властивості, структура, термічна обробка.
78. Охарактеризуйте спечені тверді сплави, їх склад, особливості маркування, застосування.
79. Наведіть склад, структуру, термічну обробку, властивості зносостійкої аустенітної сталі *110Г13Л*, її використання на залізничному транспорті.
80. Кулькопідшипникові сталі, їх маркування, хімічний склад, структура, термічна обробка, властивості, застосування на рухомому складі залізниць.
81. Чим пояснюється корозійна стійкість нержавіючих сталей? Опишіть їх хімічний склад, структуру, застосування на залізничному транспорті.

82. Що таке жароміцність і жаростійкість сталей? Жароміцні конструкційні сталі, їх склад, структура, термічна обробка, властивості, застосування на рухомому складі залізниць.

83. Латуні, їх маркування, хімічний склад, властивості α -латуней і $(\alpha+\beta')$ – латуней. Застосування на залізничному транспорті.

84. Бронзи, їх маркування. Основні класи бронз, їх властивості, застосування на залізничному транспорті.

85. Технічні деформівні алюмінієві сплави. Їх маркування, властивості, застосування на залізничному транспорті.

86. Ливарні алюмінієві сплави, їх маркування, властивості, застосування.

87. Охарактеризуйте антифрикційні сплави, їх склад, маркування, застосування.

88. Гумові матеріали, їх характеристика, основні властивості, використання на залізничному транспорті.

89. Пластмаси, їх характеристика, основні властивості, використання на залізничному транспорті.

90. Композиційні матеріали, їх склад і властивості.

Практичне завдання № 91 – 120 стосується **діаграми залізо – цементит**.

91–120. Наведіть діаграму стану залізо – цементит і, користуючись нею:

- визначте, до якого класу належить заданий сплав;
- опишіть фазові перетворення в сплаві з вмістом вуглецю згідно з варіантом завдання (за таблицею 2) при його охолодженні з рідкого стану до кімнатної температури;
- замалюйте схему мікроструктури цього сплаву;
- для заданої температури (див. табл. 2) визначте склад і відносну кількість фаз за правилом відрізків;
- побудуйте криву охолодження сплаву.

Таблиця 2

Варіанти практичного завдання № 91 – 120

№ запитання	Вміст вуглецю в сплаві; %	Задана температура; $^{\circ}\text{C}$	№ запитання	Вміст вуглецю в сплаві; %	Задана температура; $^{\circ}\text{C}$
91	3,2	1200	106	1,7	1320
92	0,3	800	107	1,8	1300
93	0,4	800	108	0,9	1400
94	2,5	1250	109	5,5	1250
95	0,6	740	110	3,3	1200

96	2,7	1200	111	1,5	1350
97	0,8	1450	112	2,3	1220
98	1,9	1300	113	2,4	1200
99	1,0	1400	114	0,5	750
100	3,4	1200	115	2,6	1250
101	1,2	1380	116	0,7	727
102	2,9	1200	117	2,8	1200
103	1,4	1350	118	1,3	1350
104	2,2	1200	119	3,0	1170
105	1,6	1350	120	3,5	1160

Практичне завдання № 121 – 150

Розшифруйте марки наведених металевих сплавів, дайте всю інформацію, що є зрозумілою для вас з позначення марки.

121. P18; X12Φ1; Л90; сталь 20; ЛЖМц59-1-1; СЧ 10; БрОЦ4-3
122. сталь 50; КЧ 33-8; БрОФ6,5-0,15; 15Л; 15ХСНД; Л62; Ст3сп
123. 20ГЛ; У7А; ЛАЖ60-1-1; Ст4кп; БрОЦС4-4-2,5; СЧ 30; 12ХН3А
124. 18ХГТ; ВЧ 450-10; 25Л; ЛМцЖ 52-4-1; Ст3кп; БрКМц 3-1; СЧ 15
125. КЧ 55-4; 04Х18Н10; У10; ЛКС80-3-3; 20Л; БрАЖ9-4; Ст5Гпс
126. сталь 25; ШХ15; Р6М5; ЛС59-1; ХВГ; БрА5; У9; ВЧ 600-3
127. 20ГФЛ; СЧ 20; ЛК80-3; У10; Ст5пс; Л62; БрОС8-12; сталь 40
128. ВЧ 400-15; 70С3А; 20Л; Л59; БрОЦ4-3; 12Х13; У7; 20ГФЛ
129. КЧ 35-10; Ст4кп; 40Х13; БрАЖ9-4; Л70; ЛАЖ60-1-1; У8
130. сталь 15; X12Φ1; ВЧ 500-7; 110Г13Л; БрОЦСН3-7-5-1; Л90; Ст2сп
131. У9; КЧ 70-2; Ст3Гсп; 20Х2Н4А; БрОЦС5-5-5; У12; ЛЖМц59-1-1
132. БрАЖ9-4; У12; 20Л; 15Х25Т; Ст3кп; ЛМцЖ52-4-1; СЧ25
133. сталь 10; БрКМц3-1; 12Х17; У12; ВЧ 600-3; Ст3сп; 110Г13Л; Л90
134. БрАЖ9-4; Ст4кп; 15Х28; СЧ 35; Р6М5К5; 20Л; Л90; АМг5
135. КЧ 50-5; Р6М3; ХВГ; Д16; БрКМц3-1; 04Х18Н10; Л70; У12
136. Ст2сп; ВЧ 900-2; Р18; БрАЖ9-4; АМг5; Л70; 40Х13; 20Л
137. ВЧ 400-15; 20ГФЛ; У9; БрОЦ4-3; АМг6; Ст4кп; ЛК80-3; сталь 20
138. сталь 30; Л80; 55С2; ВЧ 800-2; У9; 20ГФЛ; БрОС8-12; ЛЦ40Мц3Ж
139. У10; КЧ 55-4; 40Х9С2; БрАЖ9-4; Ст4кп; сталь 20; ЛАЖ60-1-1
140. сталь 40; Х17; СЧ 30; Р6М5; БрОЦ4-3; Ст3сп; ЛМцЖ52-4-1; 50Л
141. КЧ 80-1,5; 04Х18Н10; 20Л; АМц; ЛС59-1; Л90; БрКМц3-1; У8
142. Ст3Гпс; 10Х14Г14Н3Т; СЧ 10; ХВГ; БрАЖ9-4; Л90; 20Л; У9
143. сталь 35; 15Х17АГ14; СЧ15; БрОЦС5-5-5; Ст4кп; ЛАЖ60-1-1; У7
144. ВЧ 350-22; 20ГФЛ; сталь 40; БрКМц3-1; Ст4кп; ЛМцЖ52-4-1; У9
145. Ст3кп; 10Х17Н13М2Т; СЧ20; сталь 55; БрОЦС5-5-5; Л90; У10
146. 12Х17; СЧ 25; Л80; сталь 30; У9; БрКМц3-1; Ст3кп; ЛЦ38Мц2С2;
147. сталь 45; ВЧ 1000-2; АМг5; Ст4кп; 04Х18Н10; Л70; БрКМц3-1; У9
148. 12Х18Н9; КЧ 45-7; Ст3сп; ЛЖМц59-1-1; Л90; БрАЖ9-4; 20Л
149. Ст2сп; сталь 50; У9; 60С2; КЧ 65-3; ХВГ; БрКМц3-1; ЛАЖ60-1-1

3. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи

У цьому розділі даються загальні вказівки, який теоретичний матеріал потрібно засвоїти, щоб виконати контрольну роботу, і конкретні вказівки, як відповідати на кожне запитання або виконати завдання. *Номери пояснень співпадають з номерами запитань.*

3.1. Методичні вказівки до запитань 1 – 30

Відповідаючи на ці запитання, треба засвоїти, що метали у твердому стані мають кристалічну будову, яка характеризується упорядкованим і періодичним розташуванням атомів у просторі. Для описання цього порядку використовують поняття кристалічної решітки. Основні типи кристалічних решіток в металах: ОЦК – об'ємно-центрована кубічна, ГЦК – грань-центрована кубічна, ГПУ – гексагональна щільноскладена. Треба засвоїти, що, окрім типу, кристалічні решітки мають характеристики: параметр, коефіцієнт компактності елементарної комірки, координаційне число, кількість атомів на одну елементарну комірку, а також зрозуміти, що реальні кристали мають дефекти кристалічної будови, які бувають точкові, лінійні, поверхневі та об'ємні. Необхідно засвоїти поняття поліморфізму (властивість металу змінювати тип кристалічної решітки залежно від температури), які поліморфні модифікації має залізо.

Треба зрозуміти, що первинна кристалізація металів і сплавів (перехід з рідкого у кристалічний стан) і вторинна кристалізація (фазові перетворення в твердому стані) здійснюються через зародження і ріст кристалів нової фази за рахунок старої і що при реалізації цих процесів відбувається дифузія атомів, швидкість якої залежить від температури. Кристали металевих матеріалів, які утворюються з рідкого стану, зростають у формі дендритів. Структура, яка утворюється по завершенні кристалізації, складається з багатьох кристалів, які ще називають зернами, а структуру – зеренною. З позиції залежності швидкостей зародження та росту кристалів від ступеня переохолодження рідини треба розібратися в типовій будові металевого зливку (три зони кристалізації) а також в причинах формування усадочної раковини у зливку.

Треба засвоїти основи теорії сплавів, розібратися в поняттях: діаграма стану, критичні точки (температури фазових перетворень), фаза, твердий розчин, хімічна сполука, механічна суміш, знати особливості основних типів діаграм стану. Далі потрібно засвоїти діаграму стану залізо-вуглецевих сплавів, класифікацію цих сплавів залежно від вмісту вуглецю (сталі та чавуни). Засвоїти, які фази (аустеніт, ферит, цементит, графіт) і механічні суміші (перліт, ледебурит) можуть мати залізо-вуглецеві сплави. Засвоїти основні фазові перетворення в сплавах (кристалізація, евтектичне, перлітне, поліморфні перетворення, виділення чи розчин цементиту) і зрозуміти причини цих перетворень.

Слід розібратися в явищі наклепу і структурних змінах при пластичній деформації і в явищах, що відбуваються у деформованому металі при його наступному нагріванні (відновлення, рекристалізація). З'ясувати, як здійснюються ви-

пробування матеріалів на розтяг, на втомленість, на ударний вигин, які характеристики при цьому визначають.

Методичні вказівки до конкретних запитань

1. Треба дати визначення кристалічної будови у порівнянні з аморфною. Дати визначення кристалічної решітки і описати основні типи решіток (ГЦК, ОЦК, ГЦУ), навести їх характеристики і дати визначення цих характеристик. Дати необхідні пояснювальні рисунки.

2. Потрібно описати точкові, лінійні, поверхневі, об'ємні дефекти; дати необхідні малюнки. Пояснити роль дислокації у пластичній деформації. Охарактеризувати пружну і пластичну деформацію, пояснити для чого використовують здатність металевих матеріалів пластично деформуватися.

3. Описати суть кристалічної будови і металевого зв'язку. Навести основні властивості металів і пояснити їх особливостями кристалічної будови і присутністю електронного газу в металах, пояснити, що таке електронний газ.

4. Описати характер розташування атомів у рідкому металі і перехід з рідкого стану у кристалічний через зародження та ріст кристалів. Пояснити вплив ступеня переохолодження рідкого металу на швидкість двох елементарних процесів первинної кристалізації, навести необхідний графік. Пояснити, чому первинні кристали називаються дендритами.

5. Навести схему росту кристалів в рідкому металі. Дати характеристику кристала–дендрита і пояснити причини дендритної ліквідації у сплавах. Дати визначення ліквідації. Описати вид термічної обробки (дифузійний відпал), яку застосовують для зменшення дендритної ліквідації, що відбувається в кристалах–дендритах під час цієї термічної обробки.

6. Треба навести і пояснити причини формування трьох основних зон зернової будови сталевого зливка, користуючись у поясненні графіком залежності швидкостей зародження і росту кристалів від ступеня переохолодження рідкого металу. Навести рисунок зернової будови зливка. Пояснити причину утворення усадочної раковини і її типове розташування. Пояснити суть і причини виникнення зональної ліквідації.

7. Треба дати характеристику поліморфізму, навести приклади поліморфних металів. Описати поліморфізм заліза, побудувати криву охолодження заліза і пояснити присутність горизонтальних площадок на ній, пояснити, що таке критичні точки. Практичне значення поліморфізму заліза для змін структури і властивостей сталі шляхом її термічної обробки.

8. Треба охарактеризувати металеві сплави, основний спосіб їх отримання. Дати визначення компонентів і фаз сплавів. Описати два типи твердих розчинів

(проникнення і заміщення), умови їх отримання, назвати хімічні елементи, які утворюють з залізом тверді розчини проникнення. Дати визначення і характеристику двох основних твердих розчинів (аустеніта і ферита) у системі залізо-вуглецевих сплавів.

9. Треба коротко охарактеризувати тверді фази сплавів (тверді розчинні, хімічні сполуки), описати їхні типи. Навести приклад основної хімічної сполуки в системі залізо-вуглецевих сплавів.

10. Дати визначення твердих фаз сплавів, пояснити, що таке фаза. Дати характеристику хімічної сполуки і механічної суміші. Докладно описати основну хімічну сполуку (цементит) і суміші (ледебурит, перліт) в системі залізо-вуглецевих сплавів, пояснити внаслідок яких фазових перетворень утворюються два види механічних сумішей в залізо-вуглецевих сплавах.

11. Потрібно дати визначення процесу вторинної кристалізації (перекристалізації в твердому стані), пояснити, як вона проходить через зародження і ріст зерен нової фази за рахунок старої, навести графік залежності швидкості цих процесів від ступеня переохолодження. Докладно описати приклади вторинної кристалізації в сталях при їх охолодженні (поліморфне перетворення аустеніту на ферит, виділення вторинного цементиту, перлітне перетворення).

12. Треба дати визначення діаграмі стану сплавів, пояснити, як для побудови діаграм використовують метод термічного аналізу, описати його. Поясніть, як будуються криві охолодження, а по них – діаграми стану.

13. Треба пояснити, як утворюється полікристалічна будова металевих матеріалів у результаті первинної кристалізації металу з рідкого стану і як можна змінити форму і розміри зерен у виливках у результаті термообробки (повний або неповний відпал). Охарактеризувати вплив розміру зерна на основні механічні властивості металевих матеріалів.

14. Треба дати характеристику пластичній деформації у порівнянні з пружною і проаналізувати зміни в мікроструктурі (зміна форми зерен, кількості дефектів кристалічної будови). Дати визначення волокнистості. Описати загальну зміну механічних властивостей, як наслідок змін у структурі. Дати визначення наклепу.

15. Потрібно докладно описати явище наклепу (зміцнення) внаслідок пластичній деформації, як результат структурних змін у металі. Пояснити, для чого застосовується пластична деформація металевих матеріалів. Докладно описати вид термічної обробки (рекристалізаційний відпал), що застосовується для усунення наклепу і пояснити, чому і коли треба цю термічну обробку здійснювати.

16. Треба дати визначення діаграми стану взагалі, дати рисунок діаграми стану сплавів, що утворюють обмежені тверді розчини, дати визначення твердим розчинам взагалі і обмежених в тому числі. Пояснити, хімічні елементи з якими порівняльними властивостями утворюють обмежені розчини. Навести правило відрізків і пояснити, як ним користуватися.

17. Треба пояснити, що являє собою діаграма стану сплавів взагалі, дати рисунок діаграми стану сплавів з компонентів, які нерозчинні один в одному, пояснити, яку структурну складову такі сплави утворюють, дати їй визначення і характеристику. На прикладі цієї діаграми поясніть правило відрізків, як ним користуватися.

18. Треба дати визначення діаграмі стану сплавів, дати рисунок діаграми стану сплавів, які утворюють тверді розчини з необмеженою розчинністю. Дати визначення твердим розчинам взагалі і розчинам з необмеженою розчинністю, дати порівняльну характеристику хімічним елементам, що утворюють такі розчини. Навести правило відрізків і пояснити, як ним користуватися на прикладі наведеної діаграми.

19. Треба дати характеристику фаз і механічних сумішей (аустеніту, фериту, цементиту, перліту і ледебуриту) у залізо-вуглецевих сплавах, навести їхні основні властивості, описати умови утворення, навести необхідні схематичні рисунки структур.

20. Потрібно пояснити, сплави з яким вмістом вуглецю належать до чавунів, детально описати евтектичне перетворення в чавунах при охолодженні, пояснити, чому евтектична механічна суміш (ледебурит) має постійний хімічний склад в усіх чавунах. Пояснити, з яких фаз складається ця суміш при кімнатній температурі, зважаючи на те, що аустеніт при охолодженні при температурі A_{c1} зазнає перлітне перетворення.

21. Треба докладно описати перлітне перетворення в залізо-вуглецевих сплавах, як воно інакше називається, пояснити, чому евтектоїдна суміш (перліт) має постійний хімічний склад в усіх сплавах, дати схематичний рисунок евтектоїдної суміші, її назву. Пояснити, чи є це перетворення дифузійним, чи бездифузійним.

22. Треба пояснити, як відбувається вторинна кристалізація в сталях через зародження і ріст кристалів (зерен) нової фази при нагріванні. Описати перетворення перліту на аустеніт, фериту на аустеніт в доевтектоїдних сталях, чому іде розчин цементиту при нагріванні заевтектоїдних сталей вище температури перлітного перетворення. Пояснити практичне значення цих перетворень з позиції термічної обробки цих сталей.

23. Треба дати визначення чавунів взагалі, пояснити, які чавуни називаються білими, що їх відрізняє від сірих чавунів. Охарактеризувати види білих чавунів і їх структури залежно від вмісту вуглецю. Дати схематичні рисунки структур, де позначити фази і механічні суміші і дати їх визначення. Де застосовуються головним чином білі чавуни?

24. Треба описати характер навантажень (циклічні), що прикладаються до зразка при випробуваннях на втомленість, описати, як проводять ці випробування, навести криву втоми і показати на ній механічну характеристику (границю витривалості), яку визначають в результаті, дати визначення цій характеристиці. Пояснити, який вид навантажень найчастіше сприймають елементи рухомого складу і залізничної колії.

25. Треба описати загальні принципи визначення твердості вдавленням і описати основні способи (за Бринелем, Роквелом, Вікерсом, мікротвердості). Пояснити, як позначається твердість, практичне значення визначення твердості. Навести необхідні рисунки.

26. Треба описати, як проводять випробування на розтяг, основний вид зразків, що використовують для цього. Навести діаграму розтягу, які основні механічні характеристики визначають в результаті цих випробувань, пов'язати їх з діаграмою розтягу, дати визначення цих характеристик, навести потрібні формули.

27. Опишіть основні механічні характеристики, що визначають випробуваннями на розтяг, наведіть діаграму розтягу і зазначте на ній границю міцності, границю плинності. Дайте визначення відносного видовження і відносного звуження, наведіть необхідні формули. Поясніть, які характеристики є характеристиками міцності, а які – пластичності.

28. Треба описати динамічні випробування на ударний вигин, яку форму має зразок для випробувань, що таке ударна в'язкість, як вона позначається залежно від виду надрізу на зразку. Опишіть можливі види зламу.

29. Поясніть, як відбувається руйнування зразка під дією навантажень. Поясніть, яким чином відбувається крихкий або в'язкий злам, злам від втоми, чим вони характеризуються, який вигляд мають. Опишіть вид випробувань, за яким визначають ударну в'язкість, що таке ударна в'язкість і як вона позначається.

30. Треба дати визначення сталей взагалі, навести їхню класифікацію залежно від вмісту вуглецю (доевтектоїдні, евтектоїдна, заевтектоїдні). Опишіть їхні структури після повільного охолодження, дайте схематичні рисунки структур, де позначити фази і механічні суміші і дати їхнє визначення. Поясніть, до якого класу (залежно від вмісту вуглецю) належать конструкційні та інструментальні сталі.

3.2. Методичні вказівки до запитань 31 – 60

Відповідаючи на ці запитання, потрібно засвоїти, що термічна обробка сталі – це інструмент впливу на її структуру та властивості. Термічна обробка у загальному випадку складається з нагрівання до визначеної температури, витримки при ній і наступного охолодження з певною швидкістю. Для описання режиму термічної обробки користуються сталевим (нижнім, лівим) кутом діаграми залізо-цементит. Треба засвоїти значення критичних точок на цій діаграмі, як вони позначаються і, головне, які фазові перетворення їм відповідають.

Потрібно з'ясувати суть аустинізації при нагріванні сталі, а потім розібратися у фазових перетвореннях під час наступного дифузійного розпаду аустеніту з утворенням перліту (сорбіту, трооститу) при повільному охолодженні сталі; а також вивчити мартенситне (бездифузійне) перетворення аустеніту під час прискореного охолодження зі швидкістю, яка перевищує критичну швидкість гартування. Після цього треба засвоїти всі основні види термічної обробки:

- гартування – неповне для заевтектоїдних сталей і повне для доевтектоїдних сталей; розібратися, чому саме повне гартування застосовується до конструкційних, а неповне – до інструментальних сталей;
- відпуск (низький, середній, високий), чому він застосовується після гартування, які фазові перетворення йдуть у мартенситі під час відпуску, як змінюються при цьому властивості сталі;
- відпал 1-го роду: рекристалізаційний (застосовується до деформованого металу); дифузійний (гомогенізаційний);
- відпал 2-го роду: повний, ізотермічний, неповний відпал (на зернистий перліт);
- нормалізація.

Треба знати не тільки режим того чи іншого виду термічної обробки (тобто знати, до якої температури нагрівають сталь і з якою швидкістю охолоджують), а й розуміти мету цієї обробки, чітко уявляти собі фазові перетворення в сталі.

Потрібно вивчити основні види хіміко-термічної обробки сталей (цементацію, азотування, нітроцементацію та ін.), при цьому треба зрозуміти, що хіміко-термічна обробка впливає на стан поверхневих шарів виробу шляхом зміни їх хімічного складу і, як наслідок цього, зміни фазового складу і структури цих поверхневих шарів.

Методичні вказівки до конкретних запитань

31. Треба дати визначення термічній обробці сталі, як інструмента впливу на її структуру і властивості, для чого проводять проміжну і кінцеву термічну обро-

бку. Коротко охарактеризувати основні види термообробки: гартування, відпуск, відпал, дати загальні графіки цих видів термообробки.

32. Дати рисунок сталевого кута діаграми залізо-цементит, пояснити, чому його називають сталевим. Показати на діаграмі і докладно пояснити значення критичних точок, описати фазові перетворення, що відбуваються при критичних температурах, як під час нагрівання, так і під час охолодження, описати, які структури утворюються.

33. Треба навести сталевий кут діаграми залізо-цементит, дати визначення доевтектоїдним сталям, описати фазові перетворення, що відбуваються при нагріванні сталі вище температури A_{c1} , потім в інтервалі від A_{c1} до A_{c3} і, нарешті, – вище A_{c3} . Пояснити, для чого проводять аустенітизацію в доевтектоїдних сталях у процесі їх гартування або відпалу, як слід проводити аустенітизацію, щоб зменшити величину зерна.

34. Дати визначення заевтектоїдним сталям, навести сталевий кут діаграми залізо-цементит і за його допомогою описати фазові перетворення, що відбуваються при нагріванні сталі вище температури A_{c1} , потім в інтервалі від A_{c1} до A_{cm} і, нарешті, – вище A_{cm} . Зважаючи на фазові перетворення, пояснити, чому заевтектоїдні інструментальні сталі в процесі їх гартування або відпалу нагрівають на $30-50^{\circ}\text{C}$ вище A_{c1} .

35. Потрібно описати перлітне перетворення в сталях, пояснити, чому перліт має визначений постійний хімічний склад (і в доевтектоїдних, і в евтектоїдних, і в заевтектоїдних сталях), для чого навести сталевий кут діаграми залізо-цементит і пояснити, як при охолодженні змінюється хімічний склад аустеніту і який склад він одержує при температурі перлітного перетворення з позицій знань про дифузію. Охарактеризуйте можливі продукти розпаду аустеніту при перлітному перетворенні і поясніть, чим вони відрізняються.

36. Дайте визначення евтектоїдній сталі, поясніть, яку вона має структуру після повільного охолодження, дайте схематичний рисунок типової структури цієї сталі. Дайте рисунок діаграми ізотермічного розпаду аустеніту цієї сталі. Охарактеризуйте можливі структури, що утворюються при менш значних ступенях переохолодження аустеніту (перліт, сорбіт, тростит) і при значному його переохолодженні (мартенсит). Пояснення ведіть з використанням знань про дифузію.

37. Треба дати визначення мартенситу, пояснити механізм мартенситного перетворення, як бездифузійного процесу. Навести і пояснити графік залежності температурного інтервалу мартенситного перетворення від вмісту вуглецю в сталі. Пояснити, зважаючи на графік, в сталях з яким вмістом вуглецю звичай-

но присутній залишковий аустеніт, дати йому визначення. Описати вид термічної обробки (гартування), при якому йде мартенситне перетворення.

38. Потрібно дати визначення мартенситу, описати його будову, властивості, пояснити внаслідок якого процесу він утворюється в сталі. За допомогою необхідного графіка пояснити вплив вуглецю на положення мартенситних точок $M_{\text{п}}$ і $M_{\text{к}}$, дати їх визначення. Дати визначення і описати вид термічної обробки (гартування), при якому зазвичай іде мартенситне перетворення.

39. Треба визначити, до якого класу належить сталь У8 за призначенням і за вмістом вуглецю (доевтектоїдна, евтектоїдна чи заевтектоїдна). Побудувати діаграму ізотермічного розпаду аустеніту цієї сталі, показати на ній критичну швидкість гартування і дати їй визначення. Дайте характеристику гартування і опишіть фазові перетворення в сталі внаслідок гартування.

40. Треба дати визначення гартування, дати схему цієї термообробки, пояснити суть повного і неповного гартування, для яких класів сталей вони застосовуються, яку структуру отримують внаслідок повного і неповного гартування. Пояснення вести, користуючись наведеним сталевим кутом діаграми залізо-цементит. Пояснити, що таке прогартуваність і загартуваність сталей і в чому їх практичне значення.

41. Потрібно дати визначення гартування сталі і охарактеризувати структуру, яку отримують в результаті цього виду термообробки, після цього пояснити, які фазові перетворення відбуваються в цій структурі в процесі відпуску, як змінюються при цьому властивості сталі. Дати визначення відпуску сталі, охарактеризувати його види, пояснити для яких сталей який вид відпуску застосовується і чому.

42. Треба дати визначення гартування взагалі, користуючись наведеним сталевим кутом діаграми залізо-цементит. Пояснити схему повного і неповного гартування, навести графік цієї термообробки. Пояснити, яку структуру і в сталях якого класу (доевтектоїдні, заевтектоїдні) отримують в результаті повного і неповного гартування. Пояснить з позиції структурних перетворень, чому для цих сталей застосовують саме повне або неповне гартування. Дайте визначення мартенситу, його структурі і властивостям.

43. Треба дати визначення мартенситу, пояснити як він утворюється, охарактеризувати його структуру і властивості. Зважаючи на властивості мартенситу, обґрунтувати необхідність такої термічної обробки, як відпуск. Пояснити, які перетворення відбуваються у мартенситі в процесі відпуску; які структури і з якими властивостями утворюються в результаті трьох видів відпуску. Охарактеризуйте три види відпуску: низький, середній, високий.

44. Треба дати визначення гартування, навести графічну схему гартування. Навести сталевий кут діаграми залізо-цементит і, користуючись ним, дати визначення повному і неповному гартуванню, пояснити структурні перетворення в процесі нагрівання під повне і неповне гартування і в процесі наступного охолодження. Пояснити, до якого класу (доевтектоїдні, евтектоїдна, заевтектоїдні) належать конструкційні і інструментальні вуглецеві сталі і, зважаючи на це, який вид гартування до них слід застосовувати.

45. Треба навести сталевий кут діаграми залізо-цементит з критичними точками, описати суть відпуску, вказати на сталевому куті температури трьох видів відпуску. Пояснити, після якого виду попередньої термічної обробки здійснюють відпуск. Пояснити зміну структури і властивостей сталей після високого, середнього і низького відпуску і обґрунтувати вид відпуску для різального інструменту, зважаючи на властивості, які повинен мати цей інструмент. Дайте приклади марок сталей для різального інструменту.

46. Потрібно дати визначення поліпшенню, як виду термічної обробки сталей, описати кожен з двох видів термічної обробки, які, якщо проводяться спільно, звуться поліпшенням. Навести сталевий кут діаграми залізо – цементит і з його використанням пояснити зміну мікроструктури і властивостей сталі внаслідок поліпшення. Наведіть приклади застосування поліпшення.

47. Треба навести сталевий кут діаграми залізо – цементит з критичними точками, описати суть відпуску, вказати на сталевому куті температури трьох видів відпуску. Пояснити, після якого виду попередньої термічної обробки здійснюють відпуск. Пояснити зміну структури і властивостей сталей після високого, середнього і низького відпуску і, зважаючи на це, обґрунтувати вид відпуску для пружинних сталей.

48. Необхідно дати визначення рекристалізаційному відпалу, пояснити, чому його застосовують для пластично деформованих металевих матеріалів; пояснити, які зміни структури і властивостей відбуваються при пластичній деформації, а потім – при рекристалізації. Пояснити, що таке температура рекристалізації, дати необхідні пояснювальні рисунки зміни форми зерен при пластичній деформації і рекристалізації.

49. Треба пояснити, які зміни відбуваються в структурі і механічних властивостях сталей при їх пластичній деформації, пояснити, чому метал неможливо деформувати безмежно і для значного деформування треба здійснювати рекристалізаційний відпал. Дати визначення рекристалізації, описати зміну зернової структури і механічних властивостей в процесі рекристалізації. Дати визначення виду термічної обробки, при якому здійснюється рекристалізація; пояснити, коли він є проміжною, а коли завершальною термічною обробкою.

50. Треба дати визначення відпалу взагалі і повному відпалу зокрема; пояснити, чим повний відпал відрізняється від неповного, використовуючи наведений сталевий кут діаграми залізо-цементит із критичними точками. Докладно пояснити, які структурні (фазові) зміни мають місце в сталі спочатку під час нагрівання під повний відпал, а потім – під час охолодження. Пояснити для чого він застосовується і для сталей якого класу (доевтектоїдних, заевтектоїдних), навести приклади цих сталей.

51. Треба дати визначення відпалу взагалі та ізотермічному відпалу зокрема, пояснити його суть, навести графічну схему його режиму. Навести сталевий кут діаграми залізо-цементит із критичними точками і, користуючись ним, пояснити структурні (фазові) зміни, що мають місце в сталі під час нагрівання та охолодження при ізотермічному відпалі. Пояснити, в чому перевага ізотермічного відпалу у порівнянні з повним відпалом, пояснити, для сталей якого класу його застосовують, навести приклади цих сталей.

52. Треба дати визначення відпалу взагалі, потім – дифузійному відпалу, пояснити, чому він називається дифузійним або гомогенізаційним. Дати визначення дендритній ліквідації, пояснити структурні зміни, що відбуваються у металі під час дифузійного відпалу.

53. Дайте визначення доевтектоїдним сталям, наведіть приклади цих сталей, опишіть і дайте схематичний рисунок їхньої структури після повільного охолодження вилівка. Поясніть, який вид термічної обробки треба застосувати до вилівка, щоб в результаті фазових перетворень зменшити величину зерна. Дайте визначення цьому виду термообробки, опишіть за допомогою сталевого кута діаграми залізо-вуглець фазові перетворення під час цієї термообробки.

54. Дайте визначення дендритній ліквідації, поясніть, чому вона формується при кристалізації, в чому її негативний вплив. Поясніть, який вид термічної обробки сталі застосовується для усунення дендритної ліквідації, опишіть цей вид термообробки і дифузійні процеси, що відбуваються.

55. Дайте визначення перліту, опишіть його структуру і властивості, дайте схематичний рисунок структури. Поясніть, як і для чого проводять відпал на зернистий перліт, наведіть графічну схему цього відпалу, опишіть структурні перетворення і зміну властивостей сталі в результаті його застосування.

56. Дайте визначення нормалізації сталі, наведіть її графічну схему, поясніть структурні перетворення в сталі під час нагрівання, а потім – охолодження сталі, опишіть структуру, що формується в результаті. Поясніть практичне значення нормалізації.

57. Потрібно дати визначення інструментальним вуглецевим сталям, пояснити, до якого класу вони належать (доевтектоїдні, евтектоїдна, заевтектоїдні), назвати марки цих сталей, пояснити, яку структуру вони можуть мати, описати вид термічної обробки, який призводить до формування структури зернистого перліту, що зменшує твердість і поліпшує оброблюваність інструменту. Описати ці структурні зміни, навести графічну схему відпалу на зернистий перліт.

58. Дайте визначення хіміко-термічній обробці взагалі і цементації зокрема, поясніть коротко, як її здійснюють, які перетворення структури і властивостей мають місце в сталях внаслідок цементації. Поясніть, для чого застосовують цей вид хіміко-термічної обробки, для яких деталей. Назвіть приклади сталей, які цементуються .

59. Поясніть суть хіміко-термічної обробки сталей, дайте визначення азотуванню, поясніть структурні перетворення в сталі внаслідок азотування, як змінюються властивості сталі. Поясніть призначення азотування, для яких деталей його застосовують. Наведіть приклади сталей, які піддають азотуванню.

60. Дайте визначення хіміко-термічній обробці взагалі і ціануванню та нітроцементації зокрема, поясніть коротко, як їх здійснюють, які перетворення структури і властивостей мають місце в сталях внаслідок цих видів хіміко-термічної обробки. Наведіть приклади їх застосування.

3.3. Методичні вказівки до запитань 61 – 90

Відповідаючи на ці запитання, треба засвоїти основні класи чавунів, сталей, кольорових сплавів, неметалевих матеріалів, розібратися з їхнім маркуванням.

У машинобудуванні використовують **чавуни**, які мають в структурі графіт, і вони поділяються на сірі, ковкі і високоміцні залежно від геометричної форми присутнього в них графіту. Форма графіту впливає на механічні та експлуатаційні властивості чавунів. Сам по собі графіт є м'якою і неміцною фазою, тому його включення діють в чавунах на зразок порожнеч, що послаблюють металеву основу чавуну. Зважаючи на це, сірі чавуни, в яких графіт присутній у вигляді пластин, мають найменшу міцність; а високоміцні чавуни, де графіт кулястої форми, мають найбільшу міцність; ковкі чавуни характеризуються наявністю графіту пластівчастої форми і мають проміжну міцність. Властивості чавунів залежать також і від структури їхньої металевої основи, яка може бути перлітною, феритною та ферито-перлітною.

Треба засвоїти принцип маркування чавунів: до марки входять літери, що позначають клас чавунів (СЧ – сірий чавун; КЧ – ковкий чавун; ВЧ – високоміцний чавун), а також числа, які вказують на середні значення їхніх механічних властивостей, а саме: перше число в усіх чавунах показує мінімальне зна-

чення його границі міцності, а друге, яке присутнє в марках ковких і високоміцних чавунів, показує мінімальне відносне видовження, яке може мати цей чавун. Треба чітко уявляти собі умови отримання того чи іншого класу чавунів.

Вивчаючи розділ *вуглецевих сталей*, треба перш за все зрозуміти, що за призначенням вони діляться на конструкційні, інструментальні і особливого призначення. *Інструментальні сталі* повинні мати високу твердість, міцність, різальні властивості, зносостійкість, тому ці сталі – заевтектоїдного і евтектоїдного класів, в них підвищений вміст вуглецю (0,7...1,2 %), в сталях з вуглецем більше 0,8% присутній вторинний цементит, тобто тверда фаза, яка сприяє отриманню необхідних для інструмента властивостей. Маркуються ці сталі літерою «У» і числом, яке показує вміст в сталі вуглецю в десятих частках відсотка, наприклад, сталь У9 містить 0,9 % вуглецю. Основні марки інструментальних вуглецевих сталей: У7; У8; У9; У10; У12; існують також марки з підвищеним вмістом марганцю і підвищеної якості. Термічна обробка цих сталей складається, як правило, з відпалу на зернистий перліт (неповний відпал), а потім – неповного гартування та низького відпуску, після чого сталь має структуру мартенситу відпуску (сталі У7 і У8 мають структуру трооститу відпуску, бо до них застосовують більш високі температури відпуску).

Конструкційні вуглецеві сталі – це сталі за вмістом вуглецю доевтектоїдного і евтектоїдного класу, тобто вони містять вуглецю менше ніж інструментальні сталі. Ці сталі розділяються залежно від вмісту шкідливих домішок і неметалевих включень на сталі звичайної якості і якісні. *Сталі звичайної якості* маркують літерами «Ст», за якими стоїть умовний номер марки (Ст0; Ст1; ...; Ст6), який не дає безпосередньої інформації про хімічний склад сталі, але чим більший цей номер, тим більше в сталі вуглецю і тим більше її міцність (R_m ; $R_{p0,2}$) і нижче пластичність (А; Z). У марці може бути вказаний рівень розкисленості сталі: сп - спокійна сталь, пс - напівспокійна, кп - кипляча сталь; наприклад Ст4сп.

Вуглецеві конструкційні якісні сталі маркують числом, яке вказує на вміст в сталі вуглецю в сотих частках відсотка. Це марки 05; 08; 10; 15; 20; ...; 75; 80; 85. У цих сталях можливий підвищений вміст марганцю (~1%), в цьому разі в марці присутня літера Г, яка позначає марганець. Серед них високовуглецеві сталі марок 65; 70; 75; 80; 85 складають групу ресорно-пружинних сталей.

Для отримання сталей з підвищеними або покращеними властивостями в них під час виплавки додатково вводять певні хімічні елементи, які зветься легуючими (основні – Cr, Ni, Si, Mn), а такі сталі зветься *легованими*. Кожний хімічний елемент в марці сталі позначається певною літерою, за якою стоїть число, яке вказує на вміст цього елемента в цілих відсотках. Якщо число за літерою відсутнє, то це означає, що цього елемента в сталі приблизно 1 %, або менше. Число попереду марки вказує в легованих сталях на вміст вуглецю в сотих частках відсотка, якщо число двозначне, і в десятих частках, якщо число однозначне.

Треба з'ясувати для себе вплив легуючих елементів на структуру сталей, положення критичних температур, властивості тощо. Ферит і аустеніт в цих сталях стають легованими, внаслідок чого їхні властивості змінюються, а якщо

вміст легуючого елемента перевищує його розчинність у фериті або аустеніті, то утворюються хімічні сполуки між легуючим елементом та залізом або іншими елементами. Легуючі елементи змінюють критичні температури фазових перетворень в сталях, можуть поширювати області існування фериту або аустеніту. За структурою в нормалізованому стані леговані сталі поділяють на п'ять класів: перлітний, мартенситний, аустенітний, феритний, ледебуритний (карбідний). За сумарним вмістом легуючих елементів в сталі їх поділяють на низьколеговані (менше 2,5 %), середньолеговані (2,5...10 %), високолеговані (більше 10 %). За призначенням їх поділяють на конструкційні, інструментальні і з особливими властивостями. Крім того, залежно від наявності у складі марки того чи іншого легуючого елемента, їх називають хромистими, хромонікелевими тощо.

Потрібно вивчити основні групи легованих сталей, їхні основні властивості, зрозуміти, за яким принципом вони об'єднані в ту чи іншу групу, якими основними елементами вони леговані, які види термічної обробки до них застосовують, з'ясувати їх використання на залізничному транспорті.

Так, наприклад, *цементовані сталі* (тобто до яких застосовують вид хіміко-термічної обробки – цементацію) мають незначний вміст вуглецю (0,1...0,25 %), а внаслідок цементації вміст вуглецю у поверхневому шарі деталі значно підвищується (до евтектоїдного та заевтектоїдного рівня), що робить цей поверхневий шар після гартування та низького відпуску твердим (58...62 HRC) при збереженні м'якої (30...40 HRC), але міцної серцевини деталі. Використовуючи знання, отримані при вивченні розділу термічної обробки сталей, треба вміти зробити висновок, з яких саме фаз складатиметься структура поверхневого та серединного шарів деталі. Приклади цих сталей: 15X; 20X; 12XH3A; 20XH3A; 18XГТ; 25ХГМ; 18Х2Н4ВА та ін.

Поліпшувані сталі, мають вміст вуглецю 0,3...0,5 % (30X; 40X; 50X; 30Г; 40Г; 40Г2; 30XH3A; 40ХН; 30ХГС та ін.), а звуться вони поліпшуваними, тому що до них застосовують вид термічної обробки поліпшення, який складається з гартування (від 820-880°C в масло або у воду) і високого відпуску (520...600°C).

З конструкційних *низьколегованих низьковуглецевих* сталей у вагонобудуванні широко застосовують сталі марок 09Г2С, 09Г2Д, 10ХСНД, 14Г2АФ, 14ХГС та ін., які добре зварюються і мають досить високу міцність, корозійну стійкість.

Пружні властивості сталей поліпшуються введенням в них кремнію та марганцю, тому *ресорно-пружинні сталі*, як правило, містять ці елементи, а вміст вуглецю в них становить 0,5...0,8 %. Пружини і листові ресори ходових частин локомотивів і візків вагонів виготовляють з кремнистих сталей 55С2 і 60С2, до яких застосовують гартування з середнім відпуском, в результаті чого отримують структуру троститу відпуску.

Інструментальні леговані сталі, так само як і вуглецеві, мають підвищений у порівнянні з конструкційними сталями вміст вуглецю, з них виготовляють різальний, вимірювальний та ударно-штамповий інструмент.

Більшість сталей для різального інструменту, який використовують для різання м'яких матеріалів з невеликими швидкостями (розігрівання $200-250^{\circ}\text{C}$), як основний легуючий елемент містять хром. Їх термічна обробка – це гартування з низьким відпуском, в результаті чого отримують структуру мартенситу відпуску. До цієї групи належать сталі *11X; 13X; 9XC; XBСГ; XBГ; X; B2Ф* та ін., вміст вуглецю в них наведений у десятих частках відсотка.

Сталі, з яких виготовляють інструмент для різання з високими швидкостями, тобто теплостійкі (розігрівання кромки інструменту до $600-620^{\circ}\text{C}$) називаються *швидкорізальними*. Високу твердість, різальні властивості цих сталей забезпечує дрібногольчастий мартенсит і карбіди. Ці сталі належать до карбідного класу. Основні легуючі елементи в них *W, Mo, V, Co*, які майже повністю знаходяться у карбідах. Маркування їхнє починається з літери «P», перше за нею число вказує на вміст вольфраму в цілих відсотках, а далі стоять літери, які позначають інші легуючі елементи (їхнє позначення таке саме, як в інших легованих сталях) і вміст у відсотках цих елементів. Термічна обробка цих сталей полягає в гартуванні з температур вище 1200°C (отримують структуру високолегованого мартенситу з карбідами і залишковим аустенітом) і триразовий високий відпуск при $550-570^{\circ}\text{C}$ (він призводить до перетворення залишкового аустеніту на мартенсит і до часткового виділення з мартенситу карбідів). Приклади цих сталей: *P18; P6M5; P6M3; P6M5K5; P9K5; P9Ф5* та ін.

Сталі для вимірювального інструменту повинні мати високу твердість, зносостійкість, забезпечувати постійність розмірів інструменту, тому це найчастіше високовуглецеві хромисті сталі, такі як сталі *X; XBГ; 12X1* та ін. Для інструменту з цих сталей здійснюють гартування ($840...860^{\circ}\text{C}$) з тривалим низьким відпуском ($120...170^{\circ}\text{C}$).

Штампові сталі використовують для виготовлення штампів, пуансонів, матриць, прес-форм для лиття під тиском тощо і вони поділяються на сталі для деформування в холодному і гарячому стані. Основні вимоги до штампових сталей становлять висока твердість, зносостійкість, міцність, достатня в'язкість, а для сталей, з яких виготовляють гарячі штампи, додаються вимоги зберігати високі механічні властивості за підвищених температур, а також окалиностійкість, теплопровідність. Приклади сталей для холодних штампів - *X12Ф4М, X12М, X6ВФ, X12Ф* та ін., сталі для гарячих штампів – *5XНМ, 5XНТ, 3X2В8Ф, 5X3В3МФС* та ін., тобто основними легуючими елементами в них є *Cr; Mo; W; V*. Їхня термообробка складається з гартування та відпуску.

Сталі і сплави з *особливими властивостями* – це, в основному, високолеговані, високоякісні сталі та сплави, основні з них – це зносостійкі, нержавіючі, жаростійкі, жароміцні.

Із *зносостійких сталей* на залізничному транспорті широко використовують високомарганцеву ливарну аустенітну сталь *110Г13Л*, вона має високу в'язкість і схильність до поверхневого наклепу, який сприяє зносостійкості. Для розчинення карбідів, які виділяються по границях зерен під час кристалізації металу і знижують міцність і в'язкість сталі, ливарні вироби гартують від $1050...1100^{\circ}\text{C}$ у воду.

До зносостійких належать *кулькопідшипникові сталі* (*ШХ9; ШХ15; ШХ15ГС* та ін.). Вони мають високу твердість, зносостійкість і опір контактній втомі. До них застосовують гартування ($830\dots 860^{\circ}\text{C}$) і низький відпуск ($150\dots 170^{\circ}\text{C}$).

Нержавіючі сталі мають високий опір хімічній та електрохімічній корозії, яка виникає при взаємодії металу з зовнішнім середовищем (повітря, річкова або морська вода, розчини кислот, солей та ін.) при кімнатній та підвищених температурах. Основним легуючим елементом нержавіючих сталей є хром ($>12\%$) який утворює на поверхні металу щільну захисну оксидну плівку Cr_2O_3 , яка й захищає метал від корозії. Це такі сталі, як *12Х13; 12Х17; 04Х18Н10; 12Х18Н10Т* та ін.

Жаростійкими називають сталі, які у ненавантаженому і слабко навантаженому стані є стійкими проти газової корозії при температурах вище 500°C . З нержавіючих сталей феритна сталь *08Х17Т* жаростійка до 900°C , аустенітна сталь *12Х18Н9Т* – до 800°C . Жаростійкі сталі обов'язково легують хромом, підвищують їх жаростійкість також *Al* і *Si*, які утворюють захисні плівки Al_2O_3 і SiO_2 . Це такі сталі як *10Х13СЮ; 15Х25Т, 20Х23Н18, Х23Ю5Т* та ін.

Жароміцні сталі зберігають достатньо високу міцність і окалиностійкість при високих температурах. Підвищення жароміцності досягають легуванням, в основному, хромом, никелем і тугоплавкими елементами (*Mo, W, Ti, V, Nb*). Приклади цих сталей: *12ХМФ; 40Х10С2М; 12Х2МФСР; Х5ВФ* та ін.

Групу сталей спеціального призначення складають ***конструкційні сталі для залізничного транспорту***: колісна, осьова, рейкова, сталь для мостобудування.

Існує *колісна сталь* трьох марок. Колісна сталь *марки 1* призначена для пасажирських вагонів локомотивної тяги, пасажирських локомотивів, путьових машин, немоторних вагонів електро- і дизель-поїздів; вона містить $0,44\dots 0,52\%$ *С*. Колісна сталь *марок 2 і 3* призначена для вантажних вагонів, маневрових і вантажних локомотивів містить вуглецю трохи більше ($0,55\dots 0,67\%$ *С*), що забезпечує їм дещо більшу міцність ніж у сталі *марки 1*, що зумовлено більш складними умовами роботи вантажних вагонів у порівнянні з пасажирськими. Обід колеса піддають зміцнюючій термічній обробці переривчастим гартуванням і відпуском.

Для виготовлення осей локомотивів і вагонів застосовують спеціальну *осьову сталь* (сталь *марки ОС*), яка близька за складом до вуглецевої конструкційної якісної сталі *40*. Осі піддають нормалізації, або нормалізації з наступним відпуском, чим забезпечується перліто-феритна структура. Вся поверхня чистових осей зміцнюється (наклепується) накаткою роликом.

Рейки виготовляють з рейкової сталі. *Сталі рейкові* містить $0,69\dots 0,82\%$ *С*, тобто вони близькі до евтектоїдного складу. Ці сталі повинні мати високу контактну міцність (міцність у місці контакту рейки і коліс локомотивів і вагонів, тобто у поверхневих шарах головки рейки) і зносостійкість, мати щільну макроструктуру без усадочних дефектів.

Для прокату, призначеного для виготовлення мостових конструкцій, застосовують сталі марок: *16Д*, *15ХСНД* і *10ХСНД*. До них висуваються вимоги з міцності, пластичності, ударної в'язкості, зварюваності.

Конструкційні сталі звичайної якості широко застосовуються для виготовлення елементів залізничної техніки. Так, з конструкційної сталі звичайної якості Ст3 виготовляють рами і деталі кузовів вагонів, тепловозів, електровозів, моторвагонних секцій, а також корпуси букс, втулки в гальмових башмаках візків, підтримуючі планки і стяжні болти автозчепів; зі Ст3 і Ст5 – елементи візка, підвіски автозчепів; зі Ст2 – кришки букс тощо [41; 42].

Конструкційні вуглецеві ливарні сталі 15Л, 20Л, 25Л, 20ГЛ, а також низьколеговані 20ФЛ, 20Г1ФЛ, 20ФЮЛ, 20ГФТЛ, 20ГТЛ застосовують для виготовлення литих деталей: корпусів букс, корпусів підшипників ковзання, деталей візків, деталей автозчепів, гальм тощо. Зі сталі 15Л виготовляють також буксові вкладиші, буферні комплекти; зі сталі 20Л – основи корпусів, стержні і упорні плити автозчепів. Крупне сталеве литво візків вантажних вагонів (бічні рами і надресорні балки) виливають зі сталей марок 20ФТЛ, 20Г1ФЛ, 20ГФЛ, які мають підвищену міцність і ударну в'язкість.

Середньовуглецеві сталі 45 і 40Х застосовують для виготовлення деталей обладнання рефрижераторних вагонів.

Необхідно засвоїти основні види кольорових сплавів. Сплави на основі міді – це латуні і бронзи. **Латуні** – це сплави міді з цинком, які можуть бути подвійні (тільки мідь із цинком) і складні (мідь, цинк та інші легуючі елементи), а за призначенням – деформівні і ливарні. **Бронзи** – сплави міді з різними елементами, серед яких може бути й цинк, але разом з іншими елементами.

Деформівні латуні маркують літерою *Л*, за якою йдуть літери, які позначають певні легуючі елементи. Перше число за літерами вказує вміст міді в цілих %, а наступні числа показують кількість в цілих % легуючих елементів в тому порядку, в якому вони наведені в марці. Решту складає вміст цинку. Наприклад: *ЛЖМц59-1-1*; *ЛМцА57-3-1*; *Л62*; *Л96* та ін.

Ливарні латуні – це переважно латуні складні. Вони мають гарну рідинотекучість, малу схильність до ліквідації, мають антифрикційні властивості. Їх маркують, починаючи з літери *Л*, за якою стоїть літера *Ц*, яка позначає цинк, і далі стоїть число, що вказує на вміст цинку в %, а потім стоять інші літери, що позначають певні легуючі елементи і за кожною літерою ставиться вміст в % цього елемента в латуні. Решту становить мідь. Наприклад: *ЛЦ40С*; *ЛЦ23А6ЖЗМц2*.

Бронзи за технологічною ознакою поділяють на **деформівні** і **ливарні**, які, як і латуні, маркують по-різному.

Деформівні бронзи маркують літерами *Бр*, за якими йдуть літери, які позначають легуючі елементи таким самим чином, як у латунях. Потім йдуть числа, які показують вміст легуючого елемента в %. Ставляться ці числа в тому порядку, в якому елементи позначені в марці бронзи, наприклад, *БрОЦ4-3*; *БрОЦС 3-12-5*; *БрАЖН10-4-4* та ін. Решту в бронзі складає мідь.

Марки **ливарних бронз** теж починаються з *Бр*, а далі вони маркуються за тими самими принципами, що й ливарні латуні, тобто вміст легуючого елемен-

та в % ставиться після літери, яка його позначає, наприклад, *BrA11Ж6Н6*; *BrO5Ц5С5* та ін., решту складає мідь.

Потрібно засвоїти основні відомості про алюмінієві сплави. За технологічною ознакою алюмінієві сплави поділяються на три основні групи:

деформівні сплави, які *не зміцнюються* термічною обробкою (із сплавів *АМг5*, *АМг6* виготовляють листовий і профільний прокат для вагонобудування); *деформівні* сплави, які *зміцнюються* термічною обробкою (дуралюміни, авіалі, високоміцні сплави, ковкі); *ливарні* сплави (силуміни).

Алюмінієві сплави широко застосовують на залізничному транспорті, зокрема, у вагонобудуванні як матеріали, які поєднують добрі технологічні властивості, високу пластичність, достатню міцність, високу корозійну стійкість і є досить легкими. Питома міцність окремих сплавів алюмінію наближається до високоміцних сталей.

Слід засвоїти основні класи неметалевих матеріалів, основою яких є полімери, тобто речовини, що складаються з макромолекул. Макромолекули полімера являють собою ланцюжки з окремих чистин, при чому довжина ланцюжка в тисячі разів перевищує її поперечний переріз. До полімерів належать пластмаси, смоли, гуми, клеї, лакофарбові матеріали тощо. Треба знати їх основні властивості, структуру, методи отримання. Треба з'ясувати для себе їхні експлуатаційні властивості, зрозуміти мету їх використання, роль захисних покриттів металевих і неметалевих матеріалів, як засіб боротьби з корозією на залізничному транспорті.

Відповідаючи на запитання цього розділу, треба звертати особливу увагу залежності властивостей матеріалів від їхнього хімічного складу, структури, яка для багатьох матеріалів остаточно формується термічною обробкою. Обґрунтовуючи застосування матеріалів, зокрема на залізничному транспорті, треба виходити перед усе з їхніх властивостей.

Запитання 61 – 90 не потребують окремих методичних вказівок до кожного запитання.

3.4. Методичні вказівки до виконання практичних завдань 91 – 120

Приклад виконання практичного завдання

Завдання а) опишіть фазові перетворення в сплаві з вмістом вуглецю 5,5 % при його охолодженні з рідкого стану до кімнатної температури.

На *рисунку 1* подана діаграма стану залізо-цементит у масштабі. Умовно позначимо заданий сплав K_1 . Він належить до *заевтектичних чавунів*.

На діаграмі стану залізо-цементит (див. рис.1) проводимо ординату відповідно заданому сплаву і позначаємо на ній точки 1; 2; 3 її пересічень з лініями діаграми. Позначаємо відповідні критичні температури T_1 ; T_2 ; T_3 на температурній осі (вісь ординат).

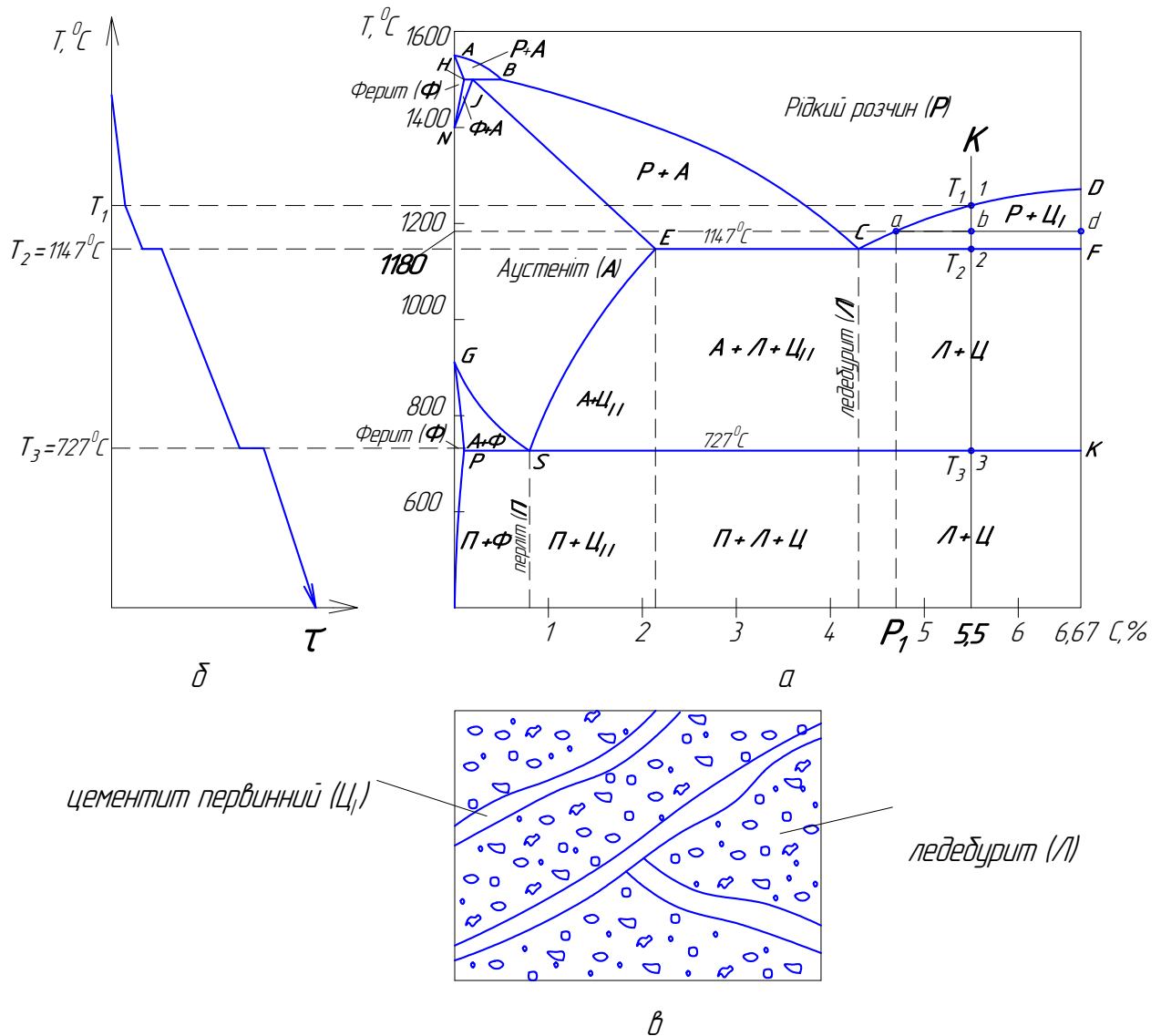


Рис.1. Діаграма стану Fe-C (а), крива охолодження сплаву К (5,5 % С) (б) і схема мікроструктури (в) сплаву К при кімнатній температурі

Вище температури T_1 (вище ділянки CD лінії ліквідус) сплав знаходиться у рідкому стані, тобто це рідкий розчин.

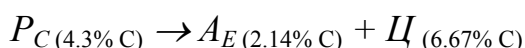
При охолодженні сплаву нижче T_1 розпочинається кристалізація первинного цементиту (Ц_I) з рідкого розчину у вигляді великих пластин і сплав в інтервалі температур $T_1 \dots T_2$ знаходиться у двофазному стані (рідкий розчин + Ц_I). Цементит – це хімічна сполука, карбід заліза Fe_3C , він має постійний вміст вуглецю – 6,67 %. У процесі кристалізації цементиту вміст вуглецю в рідині зменшуватиметься, оскільки з рідини, яка спочатку мала вміст вуглецю 5,5 % кристалізується Ц_I з більшим вмістом вуглецю (6,67 %). Склад рідини в процесі кристалізації змінюватиметься по відрізку IC лінії DC і при температурі $T_2 = 1147^\circ\text{C}$ вміст вуглецю в рідині дорівнюватиме 4,3%.

Кристалізація Ц_I йтиме до температури $T_2 = 1147^\circ\text{C}$, але охолодження до цієї температури не призведе до повної кристалізації рідини в Ц_I, частина її за-

лишиться незакристалізованою. При цьому відносне співвідношення цих фаз, рідини і C_I , при 1147°C визначаємо за правилом відрізків як співвідношення довжини відрізків $F2$ та $C2$, а саме:

$$\frac{\text{кількість рідини}}{\text{кількість } C_I} = \frac{\text{довжина відрізка } F2}{\text{довжина відрізка } C2}$$

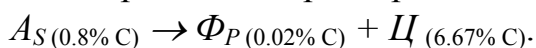
Рідкий розчин з вмістом вуглецю $4,3\%$ при сталій температурі $T_2=1147^\circ\text{C}$ кристалізується в механічну суміш аустеніту складу точки E ($2,14\% \text{ C}$) (аустеніт – це твердий розчин проникнення вуглецю в $\gamma\text{-Fe}$, тобто залізі з решіткою ГЦК) та цементиту, ця суміш зветься *ледебуритом* (L) або евтектикою. Ледебурит має постійний вміст ауглецю ($4,3\%$) в усіх чавунах, тому що він утворюється із рідини з таким вмістом вуглецю. Тобто перетворення здійснюється за реакцією:



Ледебурит має сотову (при повільному охолодженні), або пластинчасту (при швидкому охолодженні) будову або їхнє поєднання.

При подальшому охолодженні сплаву K в інтервалі температур $T_2...T_3$ ($1147...727^\circ\text{C}$) знижується розчинність вуглецю в аустеніті від $2,14\%$ до $0,8\%$ по лінії ES . Внаслідок цього з аустеніту, який у сплаві K входить до складу ледебурита, йде виділення цементиту, який зветься вторинним (C_{II}), він нашаровується на первинний цементит і той, що входить до складу ледебурита. Таким чином в інтервалі температур $T_2...T_3$ структура сплаву K складається з цементиту первинного і ледебуриту ($C_I + L$).

При 727°C аустеніт, який в сплаві K входить до складу ледебуриту, перетворюється на механічну суміш фериту складу точки P ($0,02\% \text{ C}$) (ферит – твердий розчин проникнення вуглецю в $\alpha\text{-Fe}$, тобто залізі з решіткою ОЦК) та цементиту. Ця суміш зветься *перлітом*, або евтектоїдом. Перліт має постійний вміст вуглецю $0,8\%$ в усіх сплавах, тому що він утворюється з аустеніту з таким вмістом вуглецю. Реакція перлітного перетворення:



Перліт має пластинчасту будову, він складається з пластинок фериту і цементиту, які чередуються. Перліт сплаву K знаходиться в тих місцях структури, де до перлітного перетворення був аустеніт, тому сотова або пластинчаста будова ледебуриту збережеться і після перлітного перетворення. Таку структурну будову теж звуть ледебуритом, але слід при цьому розуміти, що замість аустеніту в ній присутній перліт при температурах нижче 727°C .

При подальшому охолодженні сплаву K від T_3 (727°C) до кімнатної температури знижується розчинність вуглецю у фериті від $0,02\%$ до $0,006\%$ по лінії PQ . Внаслідок цього з фериту, який в сплаві K входить до складу перліта, йде виділення цементиту, який зветься третинним (C_{III}). Третинний цементит не є самостійною структурною складовою, він приєднується до включень цементиту, що вже є в структурі.

Таким чином, в інтервалі температур $T_3 \dots \sim 20^\circ\text{C}$ структура сплаву K складається з ледебуриту (механічна суміш перліту і цементиту) і цементиту первинного ($C+L$), що ілюструє *рис.1, в*.

Завдання б) замалюйте схему мікроструктури сплаву з вмістом вуглецю 5%.
Схему наведено на *рис.1, в*.

Завдання в) для температури 1180°C визначте за правилом відрізків склад і відносну кількість фаз у сплаві з вмістом вуглецю 5,5 %.

Попередній аналіз фазових перетворень у сплаві K свідчить, що при $T=1180^\circ\text{C}$ сплав складається з двох фаз – рідкого розчину і цементиту первинного. Для визначення складу і відносної кількості цих фаз проводимо на рівні $T=1180^\circ\text{C}$ коноду (горизонтальну лінію ad , паралельну концентраційній осі) до пересічення з найближчими лініями діаграми (CD і DK) (див. *рис.1, а*).

Проекція на концентраційну вісь точки a пересічення коноди з лінією ліквідус (CD) показує склад рідини (P_1), а саме концентрацію в ній вуглецю.

Склад цементиту завжди постійний, бо це хімічна сполука, він містить 6,67% С.

Конода розділяється вертикальною лінією, що позначає сплав K , на два відрізки, які позначимо ab і bd . Згідно з правилом відрізків відносна кількість певної фази дорівнює відношенню довжини відрізка коноди, що є протилежним до того краю коноди, за яким визначали склад цієї фази; до довжини усієї коноди, тобто у нашому випадку:

$$\text{відносна кількість цементиту} = \frac{ab}{ab + bd} 100\%$$

$$\text{відносна кількість рідкого розчину} = \frac{bd}{ab + bd} 100\%.$$

Завдання г) побудуйте криву охолодження сплаву з вмістом вуглецю 5,5 %.

Крива охолодження сплаву подана на *рис. 1, б*. Рідина охолоджується з певною швидкістю. Коли починається її кристалізація в інтервалі $T_1 \dots 1147^\circ\text{C}$, то швидкість охолодження уповільнюється, оскільки йде виділення прихованої теплоти кристалізації самим сплавом. При евтектичному (1147°C) та перлітному (727°C) перетвореннях теж виділяється прихована теплота, що призводить до появи горизонтальних площадок на кривій охолодження. Виділення вторинного та третинного цементиту також супроводжується виділенням теплоти.

3.5. Методичні вказівки до запитань 121 – 150

Щоб відповісти на запитання цього розділу, потрібно вивчити принципи маркування сталей, чавунів, кольорових сплавів, яке наведене в методичних вказівках до запитань 61 – 90.

Приклад розшифровки марок:

ЛАЗ60-1-1 – латунь, яка містить 60 % *Cu*; 1 % *Al*; 1 % *Fe*; залишок становить $Zn = 100 \% - (60 + 1 + 1) \% = 38 \%$.

ВЧ400-15 – високоміцний чавун, який має такі механічні властивості:

гарантоване значення границі міцності R_m (σ_B) в МПа і відносне видовження A (δ) у відсотках. Графіт у високоміцних чавунах має кулясту форму.

Ст2сп – сталь вуглецева конструкційна звичайної якості групи;

сп – спокійна (ступінь розкислення); 2 – це умовний номер марки, він не дає безпосередньої інформації про вміст вуглецю в сталі, але чим він більший, тим більше в сталі вуглецю і тим більшу міцність вона має; за вмістом вуглецю ця сталь належить до доєвтектоїдного класу.

30ХН2ВФА – легована сталь з вмістом вуглецю 0,30 %, $Cr \leq 1 \%$; $Ni - 2 \%$; $W \leq 1 \%$; $V \leq 1 \%$; літера «А» в кінці марки позначає, що сталь підвищеної якості

Доцільно наводити й іншу відому вам інформацію про марку сплаву, наприклад, про її застосування.

Список літератури для виконання контрольної роботи

1. Даніленко Т. П. Матеріалознавство для залізничної техніки: Навчальний посібник. – К.: ДЕДУТ, 2012. – 217 с.
2. Даніленко Т. П. Конспект лекцій з дисципліни «Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів» розділу «Матеріалознавство». – КУЕТТ. – 2007. – 102 с.
3. Большаков В.І., Береза О.Ю., Харченко В.І. Прикладне матеріалознавство. – Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-VAL», 2000. – 291 с.
4. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: У 2 кн. – Львів: УкрДЛТУ, 2002. – Кн. 1. – 264 с.
5. Материаловедение и технология конструкционных материалов для железнодорожной техники / Под ред. Н.Н.Воронина. – М.: Маршрут, 2004. – 456 с.
6. Фетисов Г.П., Карпман М.Г., Мятюнин В.М. и др. Материаловедение и технология металлов. – М.: Высшая школа, 2002. – 638 с.

**Міністерство освіти і науки України
Державний економіко-технологічний університет транспорту**

Кафедра «Вагони та вагонне господарство»

Контрольна робота № 1

**з дисципліни «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО
ТА ТЕХНОЛОГІЯ МАТЕРІАЛІВ»**

розділ: «Матеріалознавство»

Керівник
доцент, канд. техн. наук,
професор кафедри
Даніленко Т. П.

“ _____ ” _____ 20 р.

Розробив студент

Група
Шифр

2014 р.

Навчально-методичне видання

Даніленко Тетяна Петрівна,
канд. техн. наук, доцент

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ І ЗАВДАННЯ
до контрольної (самостійної) роботи
з дисципліни
«МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕХНОЛОГІЯ МАТЕРІАЛІВ»
розділу «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО» для студентів
механічних спеціальностей усіх форм навчання

Відповідальна за випуск *Т. П. Даніленко,*
канд. техн. наук, доцент

Редактор Н.В.Щербак
Макет і верстка В. О. Андрієнка

Підписано до друку 09.12.2013. Формат 60x84/16. Папір – офсетний.
Друк – на ризографі. Зам. № 324/13. Наклад 35 прим.

Надруковано у РВВ Державного економіко-технологічного університету транспорту
Свідоцтво про реєстрацію від 27.12.2007. Серія ДК № 3079.
03049, м. Київ – 49, вул. Миколи Лукашевича, 19