

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**

**РОБОЧА ПРОГРАМА,
методичні вказівки та індивідуальні завдання
до вивчення дисципліни «Матеріалознавство» для студентів
спеціальності 132- матеріалознавство**

Затверджено
на засіданні вченої ради
академії
Протокол № від 2012

УДК 658

Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Матеріалознавство» для студентів спеціальності 132- матеріалознавство/Укл.: Т.М.Миронова, В.З.Куцова. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. - с.

Викладені робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Матеріалознавство», наведені матриці виконання практичних робіт, а також питання для контролю знань.

Призначена для студентів спеціальності 132 - матеріалознавство заочної форми навчання.

Укладачі: Т.М.Миронова, д-р техн. наук, проф.
В.З. Куцова, д-р техн. наук, проф.

Відповідальна за випуск В.З. Куцова, д-р техн. наук, проф.

Рецензент

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна "Матеріалознавство" є нормативною і входить до циклу дисциплін професійно-практичної підготовки.

Мета вивчення дисципліни - засвоєння знань та придбання навичок, необхідних для розуміння закономірностей формування структури матеріалів у процесі кристалізації і в твердому стані та її зв'язку з властивостями.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен знати:

- атомну будову металів, неметалів, хімічних сполук і сплавів, дефекти кристалічної будови та їх вплив на властивості матеріалів;
- діаграми фазової рівноваги одно та двохкомпонентних систем, а також принципи будування діаграм трьохкомпонентних систем;
- закономірності та механізми формування структури під час кристалізації матеріалів;
- основні закономірності формування структури металів та сплавів у твердому стані.

вміти:

- аналізувати умови формування структури металічних матеріалів за допомогою методів макро- та мікроаналізу;
- аналізувати діаграми стану з різними варіантами розчинності компонентів у рідкому та твердому стані та типами рівноваги, поліморфними перетвореннями, хімічними сполуками;
- визначати фазовий та структурний стан різних сплавів в залежності від їх хімічного складу та швидкості охолодження.

Критерії успішності - отримання позитивної оцінки при складанні контрольних робіт у тестовій формі.

Засоби діагностики успішності навчання - комплект різноманітних «німих» діаграм стану, комплект завдань з умовами, по яких необхідно побудувати двох компонентну діаграму, комплект мікроструктур матеріалів, що утворилися при різних умовах.

Зв'язок з іншими дисциплінами - дисципліна є одною з базових дисциплін при підготовці бакалаврів, спеціалістів та магістрів напряму інженерне матеріалознавство ". При її вивченні необхідні знання дисциплін фізики, хімії, фізичної хімії, кристалографії.

Набуті знання і вміння використовуються при вивченні дисциплін: "Фізичні основи пластичної деформації ", «Термічна обробка металів", залізни сплави ", "Кольорові метали та сплави ", "Леговані сталі» Спеціальні сталі та сплави", "Нові матеріали", "Функціональні матеріали".

1.ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Структуру вивчення дисципліни «Матеріалознавство» наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Загалом годин	Курс / семестр					Примітки
	4/8					
	Лекцій, годин	Лабор., годин/ кількість	Практ., годин/ кількість	Самост. годин.	Вид контролю	
180	16	8/4	-	156	Екзамен	1контр.раб.

Робоча програма передбачає самостійну роботу, контрольовану викладачем, яка включає:

- вивчення лекційного матеріалу;
- підготовку до лабораторних робіт;
- самостійне вивчення розділів дисципліни, які не викладаються на лекціях;
- виконання індивідуального завдання;
- підготовку для контрольних заходів (екзамен).

2. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Гуляев А.П., Металловедение., Москва, Металлургия, 1986
2. Ю.П. Солнцев, Е.И Пряхин, Ф. Войткун Материаловедение, Москва, МиСиС, 1999.
3. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. 3-е издание, переработанное и дополненное. Москва, Металлургия, 1983, 366 с.
4. Таран Ю.М., Металознавство та термічна обробка металів і сплавів в застосуваннях комп'ютерних технологій навчання. Частина 2,/ Ю.М Таран, Є.П. Калінушкін, В.З Куцова., Н.Е.Погребна, І.М.Спірідонова, Т.С. Хохлова., О.А. Носко / - Дн-вск: Дніпронкіга, 2002, 260 с.
5. Бунин К.П., Баранов А.А., Металлография, 1971.
6. Новиков И.И. Металловедение, термообработка и рентгенография./ И.И. Новиков, Г.Б. Строганов, А.И. Новиков. – М.:МИСИС, 1994.- 479с.
7. Бунин К.П. и др. Фазовые равновесия и кристаллизация металлических сплавов, 1974.
8. Бельченко Г.И., Губенко С.И. Основы металлографии и пластической деформации стали, 1987.
9. Большаков В.И. та ін. Матеріалознавство, 1999.

3. ПРОГРАМА І ПИТАННЯ ДЛЯ ЗАКЛЮЧНОГО КОНТРОЛЮ

Розподіл навчальних годин за темами і видами занять наведено в Таблиці 2.1.

Таблиці 2.1.

№ тем	Назва розділу/теми та її зміст	Види занять			
		ауд	лекц.	лабор.	самот.
1.	<p>Класифікація матеріалів. Структурні рівні. Атомно-кристалічна будова металів та неметалів.</p> <p>Матеріалознавство як наука. Метали і неметали в системі елементів Д.І.Менделєєва. Природа міжатомних зв'язків. Атомна, тонка структура, мікрота макроструктура металів. Будова металів у газоподібному, рідкому та твердому стані Дефекти кристалічної будови. Класифікація дефектів. Точкові дефекти. Лінійні дефекти. Поверхні дефекти. Об'ємні дефекти. – (Типи, механізми утворення, поведінка.) Анізотропія кристалів..</p>	4	2	2	
2	<p>Однокомпонентні та двокомпонентних діаграми стану</p> <p>Діаграми стану мономорфних та поліморфних металів. Методи побудови діаграм. Зміст ліній рівноваги. Фази, що можливі у сплавах Основні типи рівноваг. Основні види діаграм стану Основні види сплавів.</p>	4	2	2	
3.	<p>Кристалізація металів і твердих розчинів.</p> <p>Основні механізми утворення та росту зародків. Термодинаміка кристалізації. Форми росту кристалів. Структура зливків. Механізми утворення та росту зародків. Переохолодження рідини. Співвідношення рівноважних фаз. Дендритна ліквідація.</p>	3	2	1	
4.	<p>Евтектична кристалізація та перитектична кристалізація сплавів</p> <p>Механізми та закономірності евтектичної кристалізації. Утворення структур в сплавах евтектичного типу. Механізми, рушуючі сили перитектичної кристалізації. Утворення структури при перитектичній кристалізації.</p>	4	2	2	
5.	<p>Екстектична, монотектична, синтектична кристалізація сплавів.</p> <p>Механізми та закономірності екстектичної</p>	2	2	--	

	<p>кристалізації. Утворення структур в сплавах екстектичного типу. Механізми та закономірності монотектичної кристалізації. Утворення структури при монотектичній кристалізації. Синтектична кристалізація сплавів. Механізми та закономірності синтектичної кристалізації. Утворення структури при синтектичній кристалізації.</p>				
6.	<p>Структурні зміни, що не пов'язані з фазовими перетвореннями.</p> <p>Гомогенізація, грануляція, збиральна рекристалізація, полігонізація зникнення об'ємних дефектів. Структурні зміни при холодній деформації. Механізми пластичної деформації. Етапи розвитку деформаційного зміцнення у моно- та полікристалічних матеріалах. Знеміцнення деформованих металевих матеріалів при нагріві. Етапи знеміцнення. Механізми та рушійні сили відпуску, полігонізації, пер-винної, зональної та вторинної рекристалізації. Вплив цих процесів на властивості металів. Структурні зміни при гарячій деформації металевих матеріалів. Динамічна полігонізація і рекристалізація. Особливості гарячедеформованих структур.</p>	2	2	-	
7	<p>Поліморфні перетворення у металах, неметалах та сплавах</p> <p>Механізми та закономірності формування структури та властивостей при поліморфних перетвореннях. Поліморфні перетворення в сплавах. Механізми та особливості формування структури та властивостей при поліморфних перетвореннях в сплавах.</p>	3	2	1	
8	<p>Процеси розчинення та виділення надлишкових фаз в сплавах. Фазові та структурні зміни в сплавах при дифузійній зміні складу.</p> <p>Розчинення та виділення надлишкових фаз. Розпад пересичених твердих розчинів. Стадії та кінетика процесів старіння. Вплив структурних змін при старінні на властивості сплавів. Упорядкування твердих розчинів. Види структурної спадковості. Механізми упорядкування. Утворення та особливості будови дифузійних зон.</p>	2	2		
	Загалом	24	16	8	

Питання для заключного контролю

1. Які структурні рівні матеріалів існують?
2. Яка важлива властивість металів дозволяє їх найбільш широко використовувати та обробляти в сучасній промисловості?
3. Чим метали за атомною будовою та властивостями відрізняються від неметалів?
4. З яких причин металевий зв'язок забезпечує здатність до пластичного деформування?
5. Яким чином характеризується будова рідкого металу?
6. Яким чином характеризується будова металів і неметалів у твердому стані?
7. Основні типи кристалічних ґраток у металах.
8. Яким чином в кристалічній решітці визначаються атомні площини та напрямки?
9. Що називають анізотропією ?
10. Який тип міжатомного зв'язку є основним в кристалах металів?
11. Дайте визначення типам міжатомного зв'язку: ковалентного, іонного, металічного.
12. Чим відрізняється будова реальних кристалів від ідеальних?
13. Яким чином класифікують дефекти кристалічної будови?
14. Охарактеризуйте точкові дефекти кристалічної будови та джерела і механізми їх виникнення.
15. Яким чином змінюється рівноважна концентрація вакансій та міжвузлових атомів від температури?
16. Типи, основні характеристики, джерела виникнення дислокацій.
17. До якого типу дефектів кристалічної будови відносять крайові дислокації, гвинтові, змішані дислокації?
18. Охарактеризуйте закономірності руху дислокацій.
19. Що собою являє «вектор Бюргерса»?
20. Як визначається «щільність дислокацій»?
21. Які дефекти кристалічної будови відносять до двомірних, які вони мають відмінності.
22. До якого типу дефектів належить термін «великокутова», «малокутова»?
23. Охарактеризуйте тримірні дефекти кристалічної будови та причини їх виникнення.
24. В яких координатах будують діаграми однокомпонентних систем?
25. Опишіть методи побудування діаграми однокомпонентних систем.
26. Яким чином рівень енергії Гіббса(термодинамічного потенціалу) впливає на стабільність стану термодинамічної системи?
27. Що означає термін «число ступеню свободи»?
28. Що означає термін поліморфізм?
29. В яких координатах будують діаграми стану двохкомпонентних сплавів?
30. Що можна визначити за допомогою діаграм стану двохкомпонентних систем, знаючи склад сплаву?
31. Як використовують правило «відрізків» або «важеля» для визначення співвідношення кількості рівноважних фаз сплаву?
32. Як можна визначити за допомогою діаграм стану двохкомпонентних систем склади рівноважних фаз при заданій температурі?
33. Які трифазні рівноваги існують?
34. Які типи фаз в сплавах існують?
35. Що собою являють тверді розчини та які типи існують?
36. Від чого залежить тип твердого розчину?
37. Які фази називають хімічними сполуками?
38. Охарактеризуйте проміжні фази та їх типи.
39. Яку розчинність можуть мати компоненти у рідкому та твердому стані?
40. Які умови повинні виконуватись для необмеженої розчинності компонентів у рідкому та твердому стані?

41. Що собою являють монокристали, полікристали?
42. Що означає термін «дендрит» ?
43. З яких елементарних процесів складається кристалізація?
44. В якому випадку відбувається гомогенне зародження під час кристалізації металів?
45. В якому випадку відбувається гетерогенне зародження під час кристалізації металів?
46. Що собою являють «модифікатори»?
47. Від яких факторів залежить розмір кристалів, що утворюються при кристалізації металів?
58. Які структурні зони можуть утворюватись у виливках?
49. В якій структурній зоні вилівка властивості мають найбільш анізотропний характер?
50. Які усадочні дефекти можуть утворюватися у виливках.
51. Види усадочних раковин.
52. Що собою являє евтектична кристалізація в двохкомпонентних сплавах?
53. Які із широковідомих сплавів належать до евтетичних?
54. Скільки етапів кристалізації відбувається в доевтектичних і заевтектичних сплавах та чим відрізняється їх структура?
55. Охарактеризуйте механізми по яких може відбуватися евтектична кристалізація.
56. Що розуміють під терміном «евтектична колонія» ?
57. Що собою являє перитектична кристалізація в двохкомпонентних сплавах?
58. Які відмінності у етапах кристалізації мають до перитектичні , перитектичні і за перитектичні сплави? Поясніть за допомогою діаграми стану.
59. Що собою являє екстектичне перетворення в двохкомпонентних сплавах?
60. Що собою являє монотектична та синтектична кристалізація в двохкомпонентних сплавах?
61. Які структурні зміни, що не пов'язані з фазовими перетвореннями, можуть відбуватися в твердому стані при високій температурі.
62. Як змінюються структура і властивості металів при холодному деформуванні?
63. Поясніть термін «деформаційний наклеп».
64. Як змінюються структура і властивості металів при нагріві після холодного деформування?
65. Що собою являє термін «первинна» та «вторинна» рекристалізація?
66. При яких умовах відбувається «динамічна» рекристалізація?
67. Які процеси відбуваються у структурі холоднодеформованого металу при нагріві нижче температури рекристалізації.
68. При яких умовах відбувається знеміцнення металу після холодного деформування?
69. Яким чином обробку тиском металів поділяють на гарячу, холодну та теплу?
70. Як змінюється структура та властивості металів при гарячому деформуванні?
71. Що собою являють діаграми рекристалізації для різних металів та сплавів?
72. Поясніть за рахунок яких процесів у структурі металів після холодного деформування відбувається зниження пластичності.
73. Що собою являє поліморфне перетворення?
74. За якими механізмами відбуваються поліморфні перетворення в металах або неметалах?
75. Які чинники впливають на механізми поліморфних перетворень?
76. Назвіть широковідомі поліморфні метали та неметали.
77. При яких умовах відбувається мартенситне перетворення?
78. Як механізм поліморфного перетворення впливає на властивості металів?
79. Як змінюються властивості сплаву після охолодження при поліморфному перетворенні з швидкістю більшою за критичну?
80. За якими механізмами відбуваються поліморфні перетворення у сплавах?
81. Охарактеризуйте, мартенситне та проміжне перетворення в сплавах.
82. За яких умов може відбуватися евтоктоїдне перетворення в сплавах?
83. Охарактеризуйте перитектоїдне перетворення.

84. Опишіть процес виділення надлишкових фаз при повільному охолодженні твердого розчину за допомогою діаграми стану.
85. Яким чином форма кристалів надлишкових фаз та розташування у структурі впливають на властивості сплаву?
86. Яким чином відбувається розпад пересичених твердих розчинів. Стадії та кінетика процесів старіння?
87. З яких причин відбувається процес старіння в сплавах?
88. Як стадії попередвиділення при старінні можуть впливати на властивості матеріалів?
89. Що означає термін «зони Гінье-Престона»?
90. Які бувають види старіння сплавів?
91. Яким чином структурні зміни при старінні впливають на властивості сплавів?
92. Поясніть термін «перестарювання».
93. Що собою являє упорядкування твердих розчинів? Механізми упорядкування.
94. Що відбувається при нагріві вище температури, що називають точкою Кюрі?
95. Опишіть процес розчинення надлишкових фаз при нагріві твердого розчину за допомогою діаграми стану.
96. Опишіть утворення та особливості будови дифузійних зон при хіміко-термічній обробці.

4.МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ.

Лабораторна робота №1

«Макроструктурний і мікроструктурний метод дослідження»

Мета роботи: визначити цілі та методи макроструктурного і мікроструктурного аналізу; ознайомитись з технологією приготування макрошліфів та мікрошліфів, визначити її відмінності, набуття практичних навичок вивчення причин руйнування металу, виявлення макро та мікродефектів, неоднорідностей,; отримання навичок зарисовки макроструктур та мікроструктур.

Термін виконання 2 години.

Теоретичні відомості. Макроструктурний аналіз (макроаналіз) матеріалів, в тому числі металів і сплавів полягає в дослідженні їх будови неозброєним оком або за допомогою невеликих збільшень (до 30 разів), наприклад, при застосуванні лупи. Макроаналіз дозволяє оцінити якість матеріалу, виявити наявність у ньому макродефектів, характер його попередньої обробки (лиття, обробка тиском, різання, зварювання, наплавлення, термічна і хіміко-термічна обробка та ін.), структурну і хімічну неоднорідність, волокнистість, причини і характер руйнації. Структура матеріалів, що спостерігається неозброєним оком або при невеликих збільшеннях, називається макроструктурою. Її можна зафіксувати фотознімком або рисунком.

За допомогою макроаналізу можна дати загальну оцінку стану великих поверхонь матеріалу або деталі в цілому і вибрати невеликі найбільш важливі та типові ділянки для подальшого поглибленого вивчення. Макроаналіз проводять шляхом вивчення зламів, макрошліфів або зовнішніх поверхонь заготовок і деталей.

Зовнішні, або поверхневі, макродефекти розташовані безпосередньо на поверхні виробів. Якщо вироби отримані методом лиття, то на їх поверхні найбільш часто зустрічаються такі дефекти:

- 1) пригар, що у вигляді твердої і важковідокремлюваної кірочки утворюється на поверхні виливка як результат фізичної або хімічної взаємодії металу, формової суміші та шлаку;
- 2) усадочні дефекти (раковини, пори), що утворюються в результаті усадки металу (зменшення об'єму) при його твердненні;

3) газові раковини (бульбашки), які з'являються в металі під час його кристалізації внаслідок як значної газомісткості самого металу, так і проникнення в метал газів, які виділяються з ливарної форми;

4) зональна ліквіація - хімічна неоднорідність, тобто відмінність хімічного складу в різних зонах об'єму виливка, заготовки, деталі.

5) ужимини – порожнини, заповнені формувальним матеріалом;

6) тріщини, що з'являються як результат високих напружень у виливках через опір форми їх усадці (неподатливості форми), а також неоднакових швидкостей охолодження різних частин литої заготовки;

7) неметалеві включення, що утворюються в результаті взаємодії компонентів сплаву, наприклад заліза, із розчиненими в ньому киснем, сіркою, азотом та внаслідок попадання шлаку і формової суміші при руйнуванні форми.

За результатами дослідження поверхонь виробів робиться мотивований висновок про можливість їхньої подальшої експлуатації.

Внутрішні дефекти, що можуть призвести до руйнації виробу, виявляються при вивченні зламів. Зламом називається поверхня, що утворюється внаслідок руйнації металу. Злами металів можуть істотно відрізнятися кольором. Так, сталі і білі чавуни, в яких весь вуглець зв'язаний у цементиті, мають злам світло-сірого кольору. У графітованих сталей і чавунів, у яких вуглець знаходиться переважно у вигляді графіту, злам чорного кольору.

На практиці широко використовують такий метод макроаналізу як дослідження макрошліфів. Макрошліф – це зразок із плоскою шліфованою і протравленою поверхнею, вирізаний із досліджуваної ділянки деталі або заготовки. Його одержують таким способом. На металорізальному верстаті або ножівкою вирізують зразок, одну з плоских поверхонь якого вирівнюють напилком або на плоскошліфувальному верстаті. Потім зразок шліфують вручну або на шліфувально-полірувальному верстаті шліфувальною шкуркою різної зернистості. Шліфування шкуркою проводять в одному напрямку, після чого потрібно змити залишки абразиву водою. Переходячи на дрібнішу шкурку, повертають зразок на 90° і проводять обробку до повного зникнення рисок, утворених попередньою шкуркою. Зразок промивають водою, просушують і піддають глибокому або поверхневому травленню. Перед травленням зразок знежирюють і очищають, як правило, етиловим спиртом. Протравлений макрошліф промивають водою для видалення протравлювача, обробляють спиртом, висушують із метою запобігання корозії.

Макроаналіз макрошліфів дозволяє виявити структурну (наприклад, у сталі, загартованої струмами високої частоти) або хімічну (наприклад, у сталі, науглецьованої або в наплавленій зносо- і корозійностійким сплавом) неоднорідність, що виникла при обробці готових виробів. Хімічна неоднорідність сплаву, що виникає при його виробництві, називається ліквіацією. Особливо схильні до ліквіації в сталі вуглець, сірка і фосфор.

Важливо знати розподіл у сталі шкідливих домішок сірки і фосфору, що створюють істотний вплив на структуру металу і його властивості. Сірка викликає червоноламкість сталі, тобто крихкість при високих температурах, а фосфор – холодноламкість, тобто крихкість при низьких температурах. Тому вміст сірки і фосфору в сталях строго регламентується. Характер розподілу названих елементів залежить від процесу кристалізації металу у виливку або у зварному з'єднанні і від виду обробки тиском.

Загальну ліквіацію вуглецю, фосфору і сірки дозволяє оцінити обробка макрошліфу реактивом Гейна (8 г хлористого аміаку на 100 мл води). При взаємодії шліфа і реактиву, залізо з поверхневого шару сталі переходить у реактив, на його місце осаджується мідь, що захищає сталь від подальшого впливу реактиву.

Місця скупчень вуглецю, сірки і фосфору менше захищені міддю і протравлюються сильніше. Після видалення під струменем води шару міді, ці ділянки виглядають темніше (рис. 1.3.).

Ліквіацію сірки в сталі або чавуні можна оцінити за методом Баумана (реактив - 5 мл сірчаної кислоти, 100 мл води). Нефіксований фотопапір змочують реактивом, притискають емульсією до макрошліфа на 1...10 хв, промивають, фіксують, знову промивають і висушують.

Сірка знаходиться в сталі в складі сульфідів (Fe і Mn). При взаємодії їх із сірчаною кислотою, що залишилася на фотопапері, утворюється сірководень ($\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$). Сірководень взаємодіє з бромистим сріблом фотоемульсії ($2\text{AgBr} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{HBr} + \text{Ag}_2\text{S}$). Темні ділянки, що утворюються Ag_2S , виявляють форму і характер розподілу сірки в досліджуваному металі.

Мікроструктурний аналіз (мікроаналіз) металів і сплавів полягає в дослідженні будови (мікроструктури) металу за допомогою оптичного (при збільшенні від 50 до 1500 разів) або електронного (при збільшенні до 100000 разів) мікроскопа. Між мікроструктурою металів та їх властивостями існує чіткий зв'язок. Мікроаналіз дозволяє визначити форму і розміри окремих зерен і фаз, а також їх вміст, відносне розташування, виявити наявність у металі включень, мікродефектів і судити про властивості металів і сплавів, про попередню обробку цих матеріалів (лиття, деформування, термічну обробку). Мікроаналізу піддають спеціально підготовлені зразки, які називають мікрошліфами.

Мікрошліфи готують у такий спосіб. Місце вирізання зразка вибирають залежно від задач дослідження (у ряді випадків порядок і місце вирізання строго регламентуються Держстандартами). У випадку з'ясування причин руйнації деталей під час експлуатації зразки вирізають поблизу місця руйнації ножівкою, фрезою, різцем, алмазними, вулканітовими кругами або електроіскровим методом. При вирізанні і наступному шліфуванні зразка неприпустиме значне нагрівання (вище 150 °C), тому що воно може викликати суттєві структурні зміни металу.

Поверхню зразка роблять плоскою і шліфують вручну або на верстатах наждачним папером різної зернистості (різних номерів): спочатку, для чорнового шліфування, беруть більш грубий папір (номери 12 ... 6), а потім, для чистового, заключного шліфування – папір номерів 5 ... 3 (номер визначає приблизний розмір абразивних зерен в сотих частках міліметра). Якщо шліфування ведуть вручну, шліфувальний папір кладуть на рівну плоску поверхню (наприклад, на товсте скло) і зразок переміщують по ньому в одному напрямі, перпендикулярному до слідів (рисок), що залишилися після попередньої обробки до повного зникнення цих слідів. Після шліфування залишки абразиву змивають водою з поверхні шліфа. Потім для видалення дрібних рисок, що залишилися після шліфування найдрібнішою шкуркою, зразок полірують.

Існуючі способи полірування засновані на механічному або електрохімічному способі видалення матеріалу, або ж на їх комбінації. Механічне полірування ведуть на полірувальному верстаті, диск якого обтягнутий тканиною (фетр, оксамит, тонке сукно). Тканину періодично поливають водною суспензією, що містить дрібні абразивні частки оксидів алюмінію, хрому або заліза. Добрим полірувальним матеріалом є алмазні пасти, паста ГОІ. Коли поверхня набуває дзеркального блиску, полірування припиняють. На якісно відполірованому мікрошліфі при спостереженні під мікроскопом відсутні риски, подряпини та інші механічні дефекти.

Мікрошліф промивають водою, потім спиртом, просушують стиснутим повітрям або фільтрувальним папером. Після полірування під мікроскопом спочатку вивчають нетравлений шліф, потім – протравлений.

При вивченні нетравленого шліфа можна виявити різноманітні мікродефекти, наприклад мікротріщини, та неметалеві включення (оксиди, сульфіди, графіт - рис. 1.1) в металевій основі, яка має світлий колір при спостереженні під мікроскопом.

Після перегляду мікрошліфа після полірування його піддають травленню, щоб виявити мікроструктуру металевої основи шліфа. Для сталі та чавуну найчастіше застосовують 2...5%-овий розчин азотної кислоти в етиловому спирті. Поліровану поверхню шліфа занурюють у реактив на 3 ... 10 с до утворення рівного матового відтінку без наявності будь-яких плям. Потім шліф промивають водою, спиртом і просушують фільтрувальним папером.

Внаслідок неоднакової протравлюваності різних структурних складових на поверхні мікрошліфа утворюється мікрорельєф, складові якого по – різному відбивають світло, що падає на поверхню шліфа через оптичну систему мікроскопа. Структура, що розчинилась на більшу глибину, під мікроскопом має темний колір, а структура, яка розчинилась менше, має світлий колір (рис. 2, а, в). Границі зерен будуть видні у вигляді тонкої темної сітки (рис. 2, б, г).

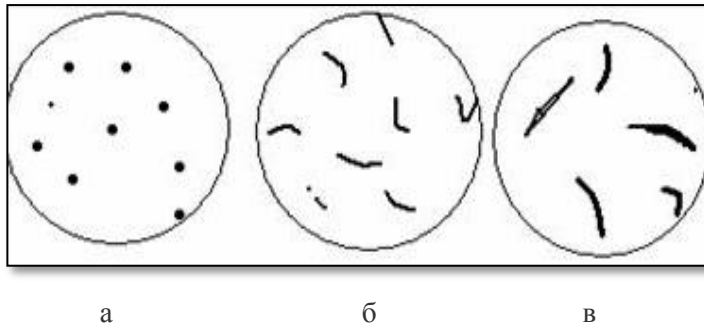


Рисунок 1 – Неметалеві включення в сталі та чавуні:
а – оксиди; б – сульфіди; в – графіт.

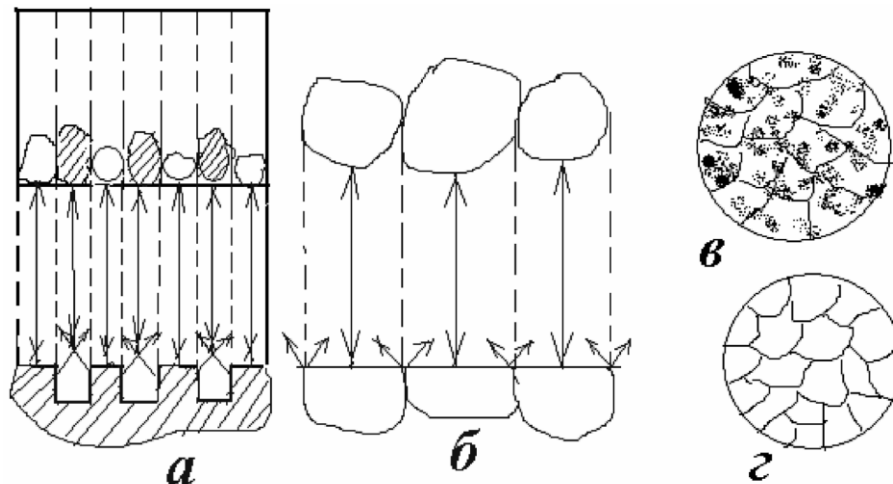


Рисунок 2 – Схеми, які пояснюють видимість протравлених шліфів під мікроскопом: а, в – зерна у впадинах – темного кольору, виступаючі – світлого; б, г – границі зерен металів і твердих розчинів.

Мікроструктуру вивчають за допомогою оптичних металографічних мікроскопів. Оптична система мікроскопа включає об'єктив і окуляр, від яких залежить збільшення мікроскопа, і ряд допоміжних елементів (призми, дзеркала, лінзи й ін.). Об'єктив, що є складним сполученням лінз, дає дійсне збільшене обернене зображення мікроструктури мікрошліфа. Окуляр складається з декількох лінз і призначений для збільшення зображення, отриманого об'єктивом, і перетворення його з оберненого в пряме. Збільшення мікроскопа визначається добутком збільшення окуляра на збільшення об'єктива.

В освітлювальну систему мікроскопа входять джерело світла, серія лінз, світлофільтрів і діафрагм. Джерелом світла є електрична лампа, що включається в мережу через понижувальний трансформатор.

Вивчення протравленого шліфа дозволяє вирішувати ряд задач при аналізі мікроструктурної будови металу або сплаву: встановлювати кількість структурних складових сплаву та характер їх розташування; величину зерен (шляхом їх зіставлення зі спеціально встановленою шкалою або безпосереднім вимірюванням, знаючи величину збільшення); вид

термічної обробки і правильність вибору її режиму (температури нагрівання, швидкості охолодження); приблизний вміст деяких елементів, наприклад, вуглецю у відпалених сталях.

Між структурою та властивостями металів і сплавів існує пряма залежність. Тому в практиці металознавства мікроаналіз є одним з основних методів, які дозволяють вивчати будову металів і сплавів, а, отже, отримувати дані про їх властивості.

Порядок виконання роботи. Завдання

1. Описати задачі, причини застосування та можливості макро та мікроструктурного аналізу.
2. Ознайомитися з методикою приготування макро і мікрошліфів.
3. Вивчити колекцію зразків з основними макродефектами, що спостерігаються на їх поверхні, а також замалювати макроструктуру макрошліфів із хімічною неоднорідністю (зварні з'єднання, деталі, зміцнені термічною, хіміко-термічною обробкою або наплавленням). Замалювати ці дефекти.
4. Дослідити ліквіацію на відбитку згідно з методом Баумана.
5. Вивчити будову металографічного мікроскопа і засвоїти прийоми роботи на ньому.
6. Зробити висновки і скласти звіт по роботі відповідно до завдань (у звіті обов'язково повинні бути зазначені тема, мета роботи, пояснення до кожної розглянутої структури).

Звіт

1. Описати методику приготування мікро та макрошліфів.
2. Намалювати і підписати структурні зони виливка. Зарисувати та дати характеристику усадочним дефектам виливка.
3. Описати вплив сірки на властивості ствлі. Описати методи виявлення розподілу сірки методом відбитку (по Бауману). Замалювати відбиток.
4. Зарисувати отримане зварне з'єднання, на малюнку вказати структурні зони, зону термічного впливу, виявлені дефекти. Надати їм характеристику.
5. Зарисувати схеми структур мікрошліфів до травлення і після травлення та описати їх (особливості будови досліджуваного металу до і після травлення, наявність неметалевих включень, дефектів і їх вплив на властивості металу).

Лабораторна робота №2

«Аналіз та побудова одно та двохкомпонентних діаграм стану»

Мета роботи: навчитися робити аналіз діаграм стану різних типів, визначати наявність фаз та структур у сплавах різного хімічного складу при різних температурах; навчитись визначати кількість фаз або структурних складових в сплавах; навчитися визначати перетворення в сплавах.

Термін виконання роботи -- 4 години.

Теоретичні відомості. Більшість металевих матеріалів, які використовуються в машинобудуванні – сплави, що складаються з двох, трьох або більшої кількості елементів. Основним елементом сплаву зазвичай є метал, який і визначає назву сплавів (сплави на основі заліза, міді, алюмінію тощо). Інші компоненти сплавів можуть бути як металами, так і неметалами. Їх додають до основного компоненту умисне для зміни структури та властивостей сплаву у бажаному напрямі.

Будь-який сплав складається з однієї або декількох фаз. Ними можуть бути: 1) чисті компоненти; 2) тверді розчини; 3) хімічні сполуки. Знання фазового складу є дуже важливим при дослідженні сплавів, але недостатнім для визначення їх властивостей. Більше інформації містить у собі структурний склад сплаву, тобто наявність у ньому певних структурних складових – окремих елементів мікроструктури, які відрізняються від інших. Кількість структурних складових металевій системі часто переважає кількість фаз, оскільки містить усі фази цієї системи, а також їхні суміші, що кристалізуються водночас і разом (евтектика, евтектоїд).

Діаграми стану або діаграми фазової рівноваги у зручній графічній формі показують фазовий склад сплавів залежно від температури та концентрації. Діаграми стану будують для умов рівноваги, які досягаються тільки при дуже малих швидкостях охолодження або тривалому нагріванні. Справжній рівноважний стан в практичних умовах досягається тільки з припущеннями. В більшості випадків сплави знаходяться в метастабільному стані, тобто такому, коли вони мають обмежену стійкість і під впливом зовнішніх факторів набувають інших більш стійких станів. В багатьох випадках метастабільні стани надають сплавам високих механічних або інших властивостей. Завданням матеріалознавства є встановлення природи метастабільних станів, які забезпечували б оптимальний комплекс властивостей і розроблення режимів термічної або іншої обробки сплавів, що дозволяли б отримувати ці невірні стани. Вихідним положенням при вирішенні таких питань є знання діаграм стану. Саме діаграми стану дозволяють розробити раціональні режими різних видів обробки матеріалів і реалізувати їх на практиці. З іншого боку, вони дають можливість наукового прогнозу створення матеріалів з потрібними властивостями.

Вивчення будь-якої діаграми стану подвійної системи складається з двох етапів: 1) її загального опису; 2) аналізу процесу кристалізації типових сплавів. Доцільно поруч з діаграмою стану зображати криві охолодження сплавів, які аналізуються.

Однокомпонентна система складається з індивідуальної речовини, що може існувати в різних агрегатних станах (твердому, рідкому, пароподібному) і в різних твердих станах – поліморфних модифікаціях (сірка ромбічна й моноклінна, олово біле та сіре тощо). Стан однокомпонентних систем визначають дві незалежні змінні, як правило, температура й тиск. Усі інші змінні є функціями цих двох. Таким чином, діаграма стану однокомпонентної системи зображується на площині.

Як приклад діаграм стану однокомпонентних систем розглянемо діаграму стану води. Важливість знання властивостей цієї системи визначається хоча б тим, що вода є самим найпоширенішим розчинником і більшість промислових процесів проходить у водних розчинах.

Згідно з правилом фаз максимальна кількість фаз, що перебувають у рівновазі, для однокомпонентної системи дорівнює 3. У цьому випадку система інваріантна й на діаграмі повинна відобразитися точкою (потрійна точка O на рис. 3.1). У точці O існують три фази: лід – рідка вода – водяна пара. Така система може існувати лише при визначених температурі й тиску ($P = 4,579 \text{ мм рт.ст.} = 609 \text{ Па}$, $T = 0,010 = 273,16 \text{ К}$). Якщо змінити в цій точці одну зі змінних, то зникне одна з фаз. Наприклад, якщо збільшити температуру, то зникне тверда фаза. Слід відзначити, що поки фаза не зникне, температура не зміниться.

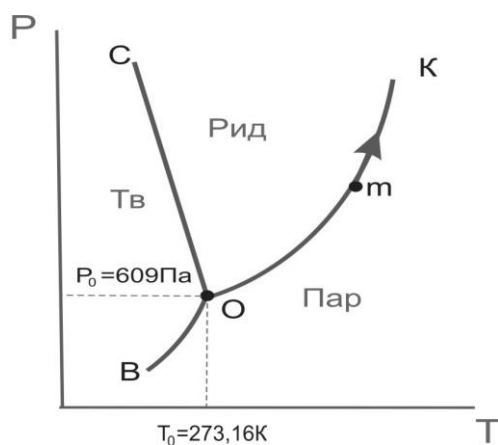


Рисунок 3.1 – Діаграма стану води

Цілий ряд металів та неметалів, і навіть хімічних сполук, у твердому стані можуть мати різні кристалічні решітки, що характеризують поліморфні модифікації.

Поліморфізм (або алотропія) це здатність хімічного елемента або сполуки мати при різних температурах та тисках мати різні кристалічні решітки. Такі елементи називаються поліморфними, наприклад залізо, вуглець, сірка та інші.

Як приклад однокомпонентної системи, у якій існують декілька кристалічних модифікацій, розглянемо сірку. Діаграма стану наведена на рис. 3.2. Сірка може перебувати в чотирьох фазах: пароподібній S_p , рідкій S_r і двох кристалічних (ромбічна сірка S_{TB1} і моноклінна сірка S_{TB2}). Лінії на діаграмі характеризують: СК – моноваріантну, двофазну систему «рідина-пара»; АС – рівновагу «сірка моноклінна – пара»; ДА – рівновагу сірка ромбічна – пара; ВС – рівновагу «рідина – сірка моноклінна» (залежність температури плавлення моноклінної сірки від тиску); ВЕ – рівновагу «рідина – сірка ромбічна» (залежність температури плавлення ромбічної сірки від тиску); АВ – рівновага двох твердих фаз (залежність температури переходу сірки ромбічної в сірку моноклінну під дією тиску).

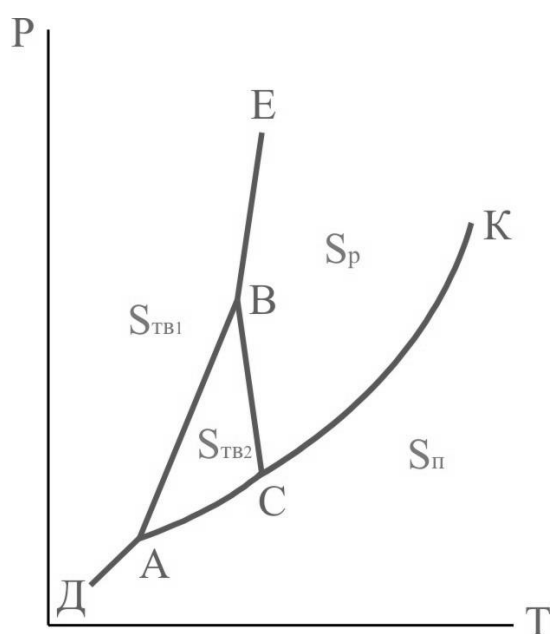


Рисунок 3.2 – Діаграма стану сірки

Діаграми стану двокомпонентних систем.

Діаграми стану двокомпонентних систем будують в координатах «температура(вісь Y)»-хімічний склад (вісь X)», причому на вісі X у початкових точках 0% одного компоненту і 100%другого, і навпаки.

Діаграми стану двох компонентних систем описують за такими характеристиками:

1. Розчинність у рідкому стані --- обмежена, необмежена.
2. Розчинність у твердому стані --- відсутня, обмежена, необмежена.
3. Поліморфізм компонентів --- скільки і які модифікації кожний має.
4. Наявність хімічних сполук ---- постійного складу або змінного (проміжні фази)
5. Наявність і характеристика трифазних рівноваг --- евтектичного, перитектичного, екстектичного, монотектичного, синтектичного, евтектоїдного, перитектоїдного.

Приклад характеристики діаграм стану двокомпонентних систем:

1.

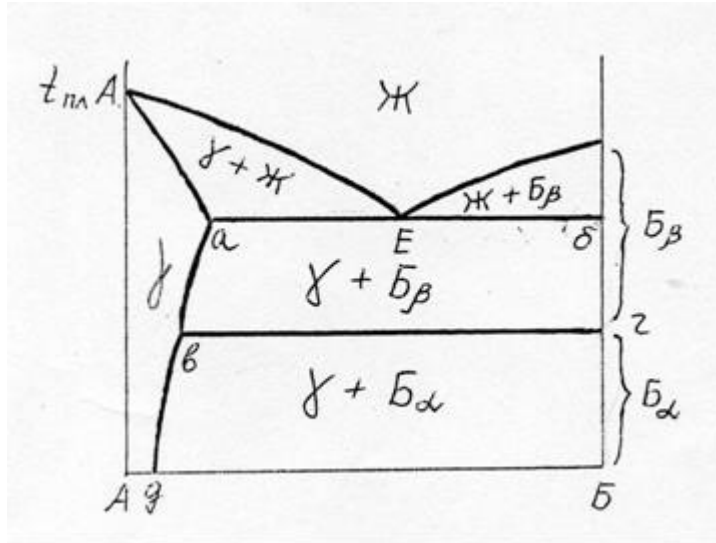


Рисунок. 3.3. Діаграма стану двохкомпонентної системи.

1. Компоненти необмежено розчиняються у рідкому стані.
2. У твердому стані компонент Б обмежено розчиняється у кристалічній ґратці компоненту А, компонент А не розчиняється у кристалічних ґратках компоненту Б.
3. Компонент А- мономорфний, компонент Б поліморфний має дві модифікації β та α.
4. Хімічні сполуки відсутні.
5. Трифазна рівновага --- евтектична $P_E \leftrightarrow \gamma_a + \beta_b$.

Порядок виконання роботи.

1. Розібрати діаграми стану однокомпонентних систем – мономорфного компоненту, поліморфного, що має 2 модифікації, що має 4 модифікації.
2. Дати визначення фазам в сплавах твердим розчинам, хімічним сполукам.
3. Розглянути діаграми стану двох компонентних систем з необмеженою розчинністю компонентів у твердому стані, з відсутністю розчинності у твердому стані, з обмеженою розчинністю у твердому стані.
4. Розглянути двохкомпонентну діаграми стану з хімічними сполуками різного типу.
5. Розглянути двохкомпонентну діаграми стану, компоненти яких поліморфні.
6. Розглянути трифазні рівноваги 7 типів.
7. Знайти на діаграмах стану лінії ліквідус, солідус, обмеженої розчинності у твердому та рідкому стані, лінії поліморфізму.

Звіт

1. Накреслити діаграми стану однокомпонентних систем 1)мономорфного компоненту, 2)що має 2 модифікації, 3)3 модифікації.
2. Привести характеристику фаз у сплавах.
3. Накреслити видану «німу» діаграму стану двох компонентної системи, розставити фази, охарактеризувати за 5 ознаками. Визначити фази.
3. Побудувати діаграму стану за наданими умовами

Лабораторна робота №3

Дослідження структури твердих розчинів, а також структури після поліморфних перетворень і після старіння в металах і сплавах.»

Мета: Вивчити різні види твердих розчинів, структуру неоднорідного і однорідного твердого розчину.

Термін виконання – 2 години.

Теоретичні відомості. Здатність утворювати тверді розчини властива всім кристалічним твердим тілам. У більшості випадків вона обмежена вузькими межами концентрацій, але відомі системи з безперервним рядом твердих розчинів (наприклад, Cu - Au, Ti - Zr). По суті, всі кристалічні речовини, що вважаються чистими, є тверді розчини з дуже малим вмістом домішок.

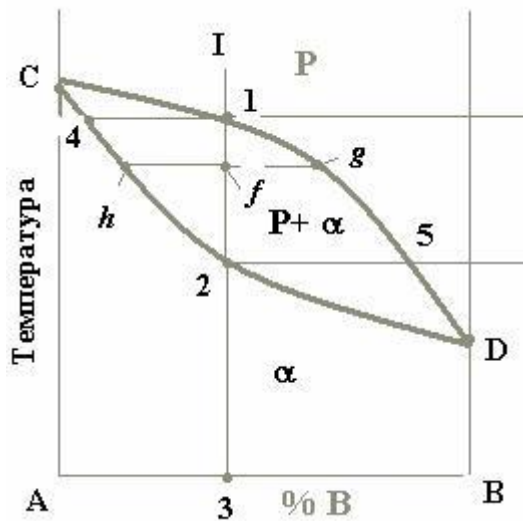


Рисунок 4.1 – Діаграма стану системи, компоненти якої утворюють неперервний ряд рідких і твердих розчинів

Можуть бути неупорядкованими (з хаотичним розташуванням атомів), частково або повністю впорядкованими. Експериментально впорядкованість визначають, головним чином, рентгенівським структурним аналізом.

Розрізняють три види твердих розчинів:

- тверді розчини заміщення;
- тверді розчини впровадження (втління, вкоріненно);
- тверді розчини віднімання.

Згідно напівемпіричних правил Юм-Розері, безперервний ряд твердих розчинів заміщення в металевих системах утворюються лише тими елементами, які, по-перше, мають близькі за розмірами атомні радіуси (відрізняються не більше ніж на 15%) і, по-друге, знаходяться не дуже далеко один від одного в електрохімічному ряду напружень. При цьому елементи повинні мати один і той же тип кристалічної решітки. У твердих розчинах на основі напівпровідників і діелектриків, завдяки більш "рихлим" кристалічним ґратам утворення твердих розчинів заміщення можливо і при більшому розходженні атомних радіусів.

Якщо атоми компонентів істотно різняться за розмірами або електронною структурою, можливо впровадження атомів одного елемента в міжвузля решітки, утвореної іншим елементом. Подібні тверді розчини часто утворюються при розчиненні неметалів (B, H₂, O₂, N₂, C) в металах.

Тверді розчини віднімання, що виникають за рахунок появи в кристалічній решітці вакантних вузлів, утворюються при розчиненні одного з компонентів у хімічному з'єднанні і характерні для нестехіометричних сполук.

Властивості металів та сплавів визначаються структурою, що формується не тільки при кристалізації, а також і при безфазових і фазових перетвореннях під час охолодження у твердому стані.

При наявності поліморфізму компонентів великий вплив на механізм фазових перетворень має швидкість охолодження. При звичайному поліморфному перетворенні, що реалізується за нормальним, дифузійним механізмом, кристали нової модифікації ростуть внаслідок неупорядкованих, взаємно не зв'язаних переміщень атомів, що переходять від старої фази до нової. Границя кристала при цьому повільно мігрує у бік фази, що зникає. Таке неупорядковане, незалежне одне від іншого переміщення атомів є самодифузійним. Мартенситне перетворення полягає в закономірній перебудові ґратки, при якій атоми у вихідній фазі і фазах, що утворюються, не обмінюються місцями, а лише пересуваються відносно один одного на відстані, що не перевищують міжатомні, при цьому має місце зсувний бездифузійний механізм Перебудова ґраток носить кооперативний, взаємозв'язаний характер, причому сусіди будь-якого атома у вихідній фазі залишаються сусідами цього ж атома в новій мартенситній фазі. У випадку, якщо вихідна фаза є твердим розчином при мартенситному механізмі перетворення відсутній дифузійний перерозподіл також і атомів різного сорту (наприклад, перерозподіл атомів вуглецю у випадку сталі). Границя при $A \rightarrow M$ перетворенні в сталі, як і при будь-якому іншому мартенситному перетворенні, носить когерентний характер. Саме завдяки наявності когерентності і пружного сполучення двох ґраток створюються можливості для надзвичайно швидкого руху ("ковзання") границі у бік аустенітної фази навіть при низьких температурах. Для такого "ковзання" не потрібно дифузії з міграцією атомів на відстані, що перевищують міжатомну. Кооперативне переміщення атомів на когерентній границі призводить до росту мартенситного кристала і поступовому нагромадженню напружень. Коли напруження досягає границі плинності, відбувається розрядка пружних напружень і внаслідок цього порушення когерентності. Порядок у розташуванні атомів порушується і ріст мартенситного кристала припиняється. Якщо температура стабільної рівноваги двох модифікацій висока, то в залежності від ступеня переохолодження можуть реалізовуватися "нормальне" дифузійне перетворення при невеликих переохолодженнях чи мартенситне бездифузійне, якщо переохолодження настільки значні, що неможливе протікання самодифузійних процесів. У випадку низької температури рівноваги модифікацій через малу рухливість атомів реалізується тільки мартенситне перетворення, а неупорядкована перебудова ґраток не відбувається.

При мартенситному механізмі поліморфного перетворення значно зростає міцність і твердість.

Якщо перетворення відбувається за нормальним дифузійним механізмом, то відбувається зменшення розмірів фаз, що при цьому утворюються, що також сприяє покращенню властивостей металів та сплавів. Особливе місце займають проміжні перетворення, наприклад, бейнітне, що притаманне залізовуглецевим сплавам. В цьому випадку для атомів заліза перетворення відбувається по зсувному механізму, а атоми вуглецю встигають дифундувати. Утворюється бейніт, який забезпечує сплаву високі показники ударної в'язкості та зносостійкості, хоча і має меншу твердість за мартенсит.

В сплавах, в яких відсутні поліморфні перетворення, але компоненти мають обмежену розчинність у твердому стані, застосовують гартування на старіння. Нагрівають сплав вище температури лінії обмеженої розчинності і стрімко охолоджують. Виділення надлишкових фаз не встигає відбутися, і фіксується твердий розчин у метастабільному стані. З часом відбувається розпад пересиченого твердого розчину за рахунок виділення дисперсних часток надлишкових фаз, тобто «дисперсійне твердіння» або «старіння».

Порядок виконання роботи.

1. Розглянути діаграму стану двох компонентів, що необмежено розчиняються у рідкому та твердому станах, а також з обмеженою розчинністю у твердому стані та з поліморфними компонентами.

2. Розглянути природу дендритної ліквідації на прикладі одного із сплавів за допомогою діаграми стану, замалювати структуру неоднорідного та однорідного твердого розчину.

3. Розглянути методи зменшення дендритної ліквідації для даного сплаву.

4. Вивчити механізми поліморфних перетворень в металах і сплавах.

5. Дослідити структуру і властивості сплаву на прикладі конструкційної низьковуглецевої сталі до поліморфного перетворення, після перекристалізації, після гартування на мартенсит. Зробити вимірювання твердості та замалювати структуру сталі, охолодженої з різними швидкостями.

Звіт

1. Накреслити діаграму стану двох компонентної системи 1) з необмеженою розчинністю у рідкому та твердому стані, 2) з поліморфними компонентами, 3) з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані.

2. Описати умови існування таких сплавів.

2. Описати кристалізацію сплаву по точках, що може мати дендритну ліквідацію, використовуючи діаграму та правило відрізків. Нарисувати структуру сплаву, що має неоднорідний та однорідний тверді розчини. Запропонувати режим відпалу для зменшення дендритної ліквідації сплаву.

3. Описати механізми поліморфних перетворень в металах і сплавах.

4. Зарисувати структуру конструкційної низьковуглецевої сталі до поліморфного перетворення, після перекристалізації, після гартування на мартенсит.

5. Замалювати структуру низьковуглецевої сталі до поліморфного перетворення у литому стані, після перекристалізації, після гартування на мартенсит.

6. Зробити таблицю з вимірами твердості сталі після нагріву до 850°C і охолодження на повітрі, у маслі, у воді.

Лабораторна робота №4

Дослідження структури сплавів евтектичного типу

Мета : набуття студентами знань, що дозволяють розпізнавати структуру сплавів евтектичного типу та визначати хімічний склад по об'ємній частці структурних складових.

Термін виконання -2 години.

Порядок виконання роботи. Завдання.

1. Розглянути діаграму сплавів Pb-Sb.

2. Розглянути структури доевтектичного, заевтектичного і евтектичного сплавів.

3. Вивчити за якими механізмами відбувається евтектична кристалізація.

4. Розглянути кристалізацію доевтектичного, заевтектичного і евтектичного сплавів за допомогою діаграми сплавів Pb-Sb.

5. Розглянути, як визначається склад сплаву по об'ємній частці структурних складових.

Теоретичні відомості. Діаграма стану сплавів Pb-Sb показана на рис. 5.1

В евтектичній точці «О» 17,5% Sb

Структура сплаву евтектичного сплаву має в структурі 100% евтектики, тобто в 100% евтектичних колоній міститься 16,5% Sb, або 83,5 % Pb.

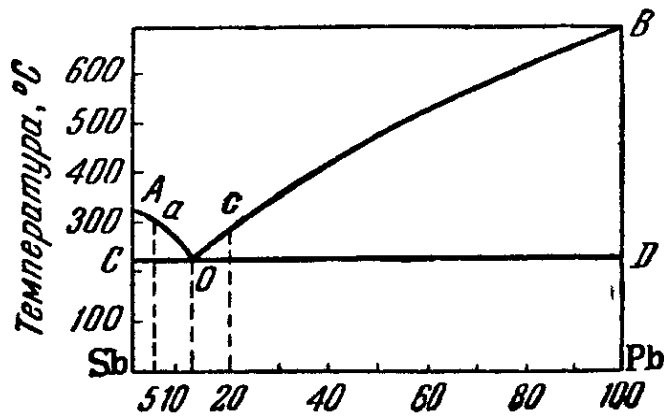


Рисунок 5.1. Діаграма стану сплавів Pb-Sb

Структура доевтектичного сплаву складається із первинних кристалів сурми та евтектичних колоній: $Sb_1 + \text{Евтектика}$. Кількість сурми в сплаві складається з частки Sb_1 та сурми, що міститься в евтектиці. Якщо у 100% евтектики-16,5% Sb, то в частці евтектики «Ч» -- $(16,5:100) \times \text{«Ч»}$. Наприклад, в доевтектичному сплаві міститься 25% евтектики і 75% кристалів сурми ---- $75\% + (16,5:100) \times 25\% = 75\% + 4,1\% = 79,1\% \text{ Sb}$.

Аналогічним чином можна розрахувати склад заевтектичного складу, тільки по вмісту всинцю.

Звіт

1. Накреслити діаграми сплавів Pb-Sb.
2. Зарисувати структури доевтектичного, заевтектичного і евтектичного сплавів Pb-Sb.
3. На рисунках позначити структурні складові сплавів.
4. Написати визначення евтектичної колонії.
5. Описати кристалізацію доевтектичного, заевтектичного і евтектичного сплавів за допомогою діаграми сплавів Pb-Sb.
6. Визначити об'ємну частку структурних складових.
7. По об'ємній частці структурних складових. визначити склад доевтектичного і заевтектичного сплаву.

5.ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

«Аналіз діаграм стану двокомпонентних систем та структурних перетворень, що відбуваються у процесі охолодження при кристалізації і в твердому стані при різних швидкостях охолодження»

Мета: Набуття навичок використання діаграм стану двокомпонентних систем для прогнозування формування структури і властивостей сплавів.

Суть розробки: аналіз діаграм стану двокомпонентних систем та відтворення процесів кристалізації та твердофазних перетворень за їх допомогою.

Умови виконання – самостійна робота в поза аудиторний час.

Приклади визначення предметної сфери розробки: продукція металургії та машинобудування.

Порядок виконання роботи:

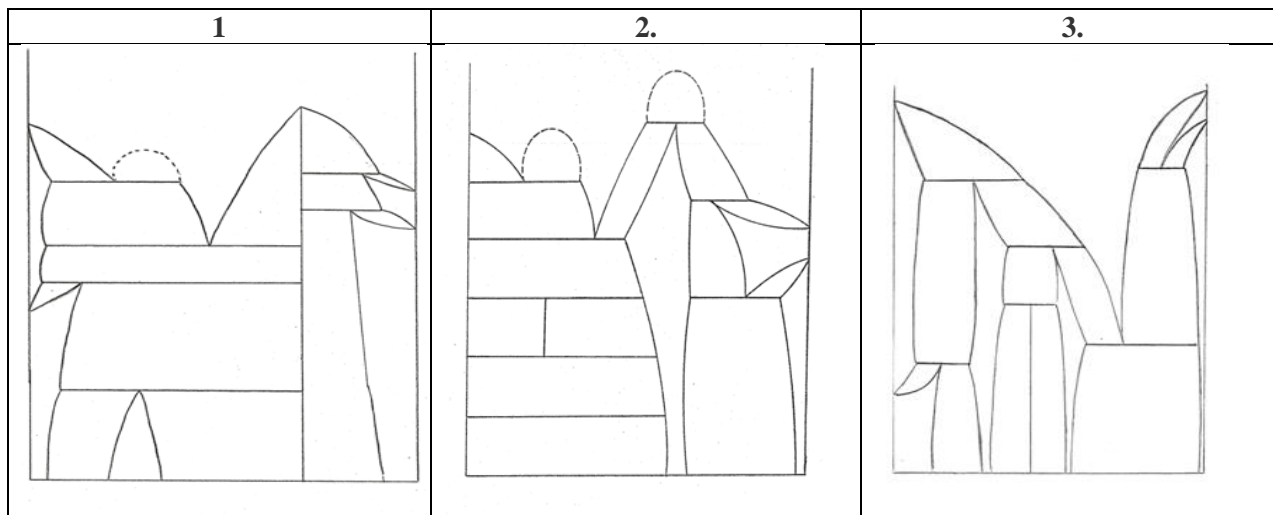
1. Розставити фази на діаграмі стану.
2. Визначити характер розчинності компонентів у рідкому.
3. Визначити характер розчинності компонентів у твердому стані.
4. Визначити наявність поліморфізму компонентів.
5. Визначити наявність та тип хімічних сполук в системі.
6. Визначити наявність і характер трифазних перетворень в системі.
7. Дати визначення точкам і лініям діаграми.
8. Для заданого сплаву описати кристалізацію, перетворення у твердому стані при охолодженні з різними швидкостями (повільне і прискорене охолодження).

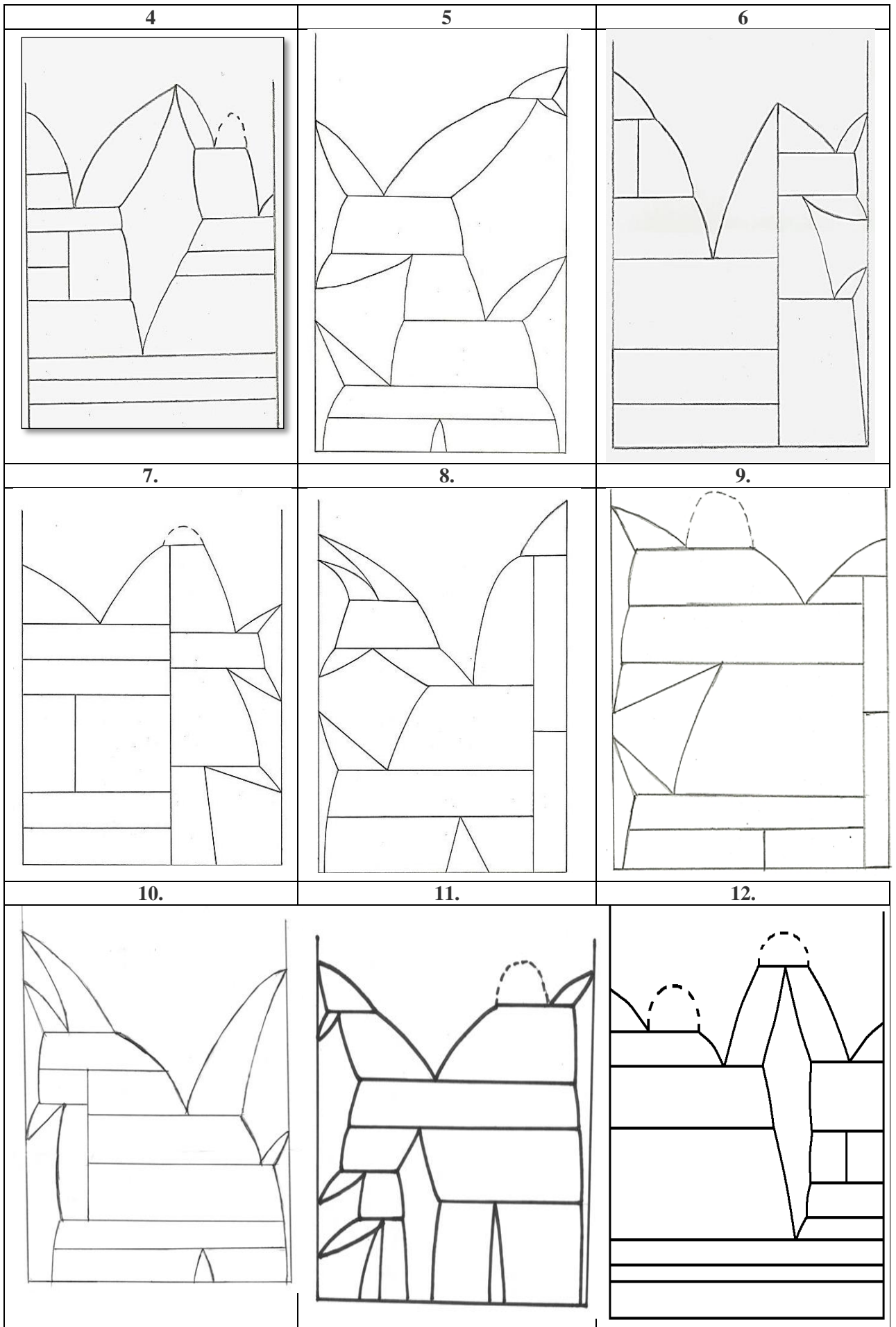
Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють у НМетАУ пояснювальна записка, як правило містить:

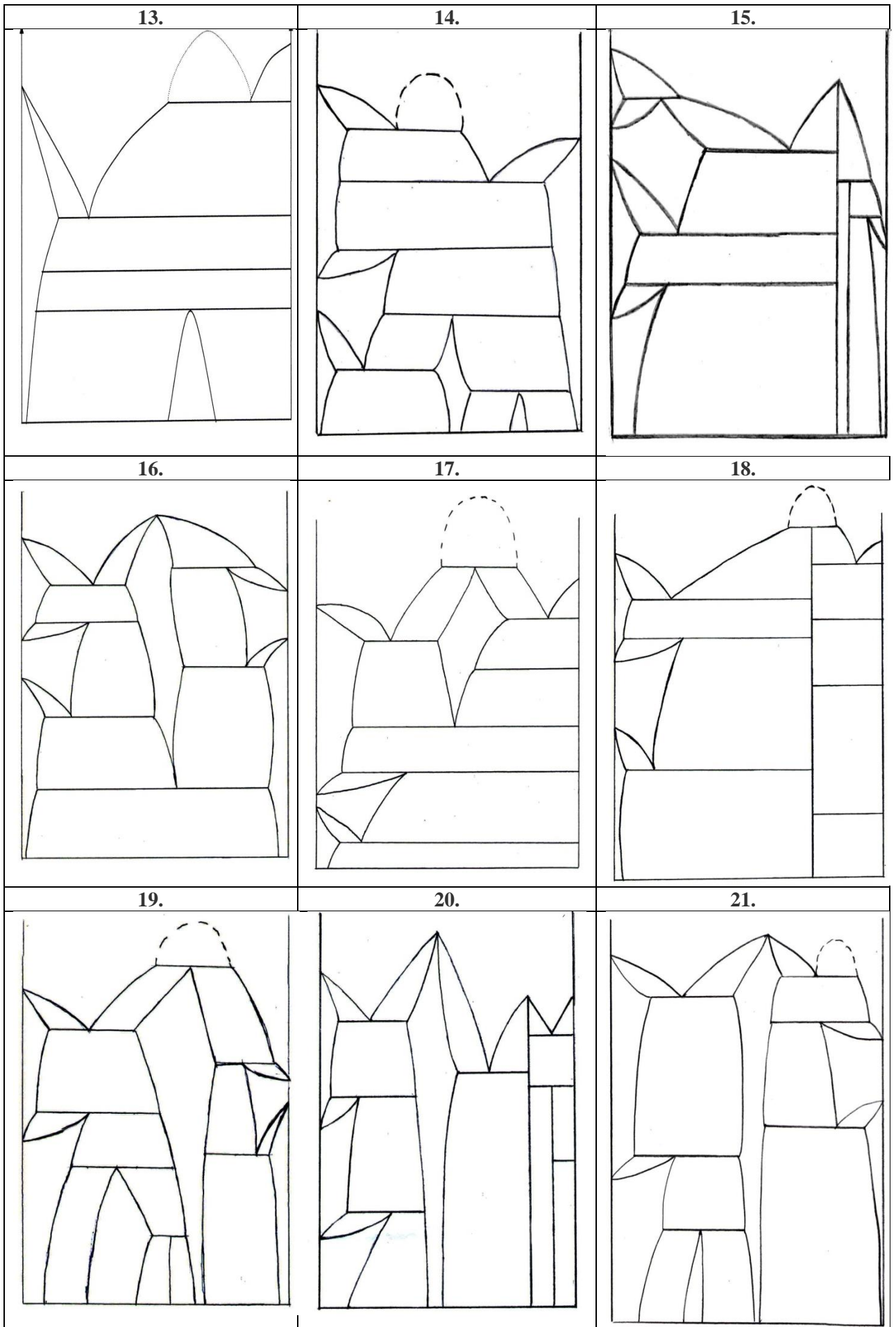
- титульний лист;
- реферат;
- зміст;
- короткий опис;
- висновки
- перелік посилань.

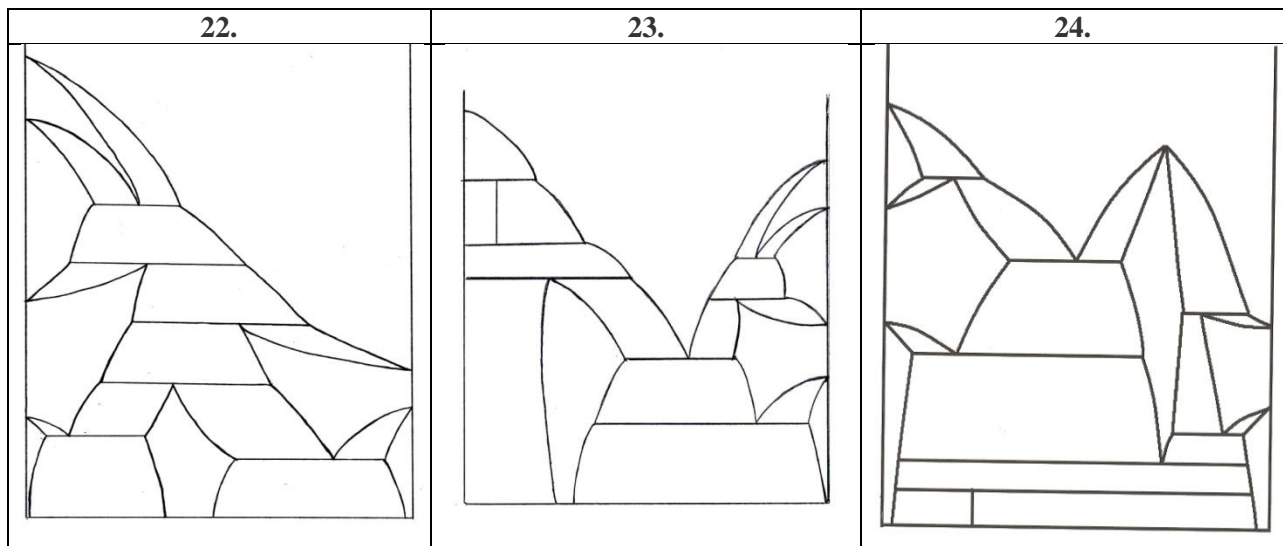
Обсяг пояснювальної записки-5...10стор.; ф.А4; шрифт 14; 1 інтервал. Захист роботи здійснюється у ході співбесіди студента з керівником.

ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ. ДІАГРАМИ СТАНУ:









НОМЕР ВАРІАНТУ І СКЛАД СПЛАВУ

№ варіанту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% компонента «А»	10	90	25	40	65	30	95	15	70	55	62	43
№ варіанту	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
% компонента «А»	61	84	12	47	91	28	50	29	28	87	52	80

ЗМІСТ

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛІНИ.....	3
1.ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ.....	4
2. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ.....	4
3. ПРОГРАМА І ПИТАННЯ ДЛЯ ЗАКЛЮЧНОГО КОНТРОЛЮ.....	5
4.МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ.....	8
5.ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ.....	20