

ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД «ПІВДЕННОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ К.Д. УШИНСЬКОГО»

Кафедра технологічної та професійної освіти

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
ТА ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З НАВЧАЛЬНОЇ
ДИСЦИПЛІНИ «ВИРОБНИЦТВО ТА ОБРОБКА КОНСТРУКЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ»**

ПОБУДОВА ФАЗОВИХ ДІАГРАМ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності

014 Середня освіта (Трудове навчання та технології)

ОДЕСА 2023

УДК: 378.62-4

Рекомендовано до друку вченою радою
Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний
університет імені К. Д. Ушинського»
протокол від «28» вересня 2023 року № 3

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Шевчук В. Г., доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики та астрономії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова

Брюханов А. О., доктор технічних наук, професор кафедри фізики .

Укладач:

Усов В. В. – доктор фізико-математичних наук, професор кафедри технологічної та професійної освіти

Методичні рекомендації до практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Виробництво та обробка конструкційних матеріалів» мають на меті допомогти студентам засвоїти теоретичний та практичний матеріал з теми «Побудова фазових діаграм конструкційних матеріалів».

В роботі представлено методичні рекомендації щодо питань: 1. Фазова діаграма та її побудова; 2. Аналіз діаграм стану подвійних сплавів; 3. Аналіз діаграми стану сплавів системи залізо-цементит.

Наведено короткі теоретичні відомості, порядок виконання роботи та питання, які треба вивчити..

Рекомендовано для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 014 Середня освіта (Трудове навчання та технології) з метою закріплення, поглиблення й узагальнення знань, одержаних під час навчання.

ЗМІСТ

Вступ.....	
1. Фазова діаграма та її побудова.....	29
2. Аналіз діаграм стану подвійних сплавів	33
3. Аналіз діаграми стану сплавів системи залізо-цементит	41

ВСТУП

Мета даних методичних рекомендацій – надати допомогу здобувачам вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності «014 Середня освіта (Трудове навчання та технології)» на практичних заняттях з теми «Діаграми стану сплаву та їх побудова» з дисципліни «Виробництво та обробка конструкційних матеріалів». В даних методичних рекомендаціях містяться короткі теоретичні відомості, приклади рішення задач, завдання та задачі для самостійного розрахунку, порядок виконання роботи.

1. ДІАГРАМА СТАНУ СПЛАВУ ТА ЇЇ ПОБУДОВА

Мета: засвоїти загальну методику побудови діаграм стану (фазових діаграм) для різних випадків взаємодії компонентів в твердому стані. Навчитись застосовувати правило відрізків (для визначення долі кожної фази), правило фаз (для побудови кривих охолодження і нагріву), визначити хімічний склад фаз. За допомогою правил Курнакова навчитись встановлювати зв'язок між складом, будовою і властивостями сплавів.

1.1 КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.

Діаграма стану (фазова діаграма) є графічним зображенням стану будь-якого сплаву системи, що вивчається, залежно від концентрації і температури (Рис. 5.1)

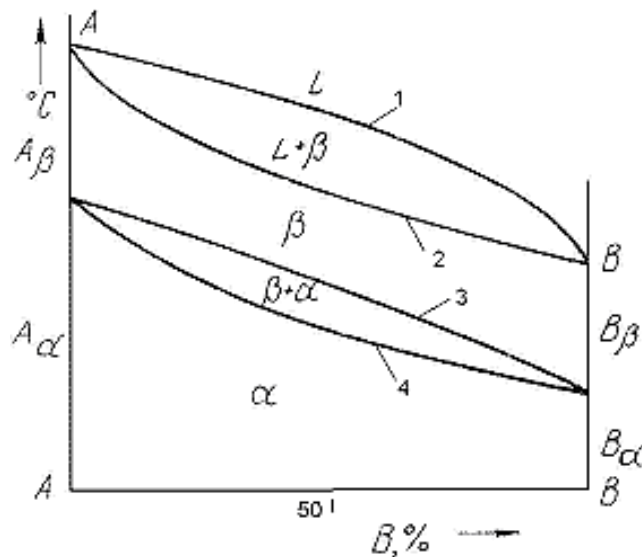


Рис. 1.1 – Діаграма стану

Діаграми стану показують стійкі стани, тобто стани, які за даних умов володіють мінімумом вільної енергії, і тому її також називають діаграмою рівноваги, оскільки вона показує, які за даних умов існують рівноважні фази. Побудова діаграм стану найчастіше здійснюється за допомогою термічного аналізу. В результаті одержують серію кривих охолодження, на яких при температурах фазових перетворень спостерігаються точки перегину і температурні зупинки. Температури, відповідні фазовим перетворенням, називають критичними точками. Деякі критичні точки мають назви, наприклад, точки, що відповідають початку кристалізації, називають точками ліквідус, а кінцю кристалізації – точками солідус. По кривих охолодження будують діаграму складу в координатах: по осі абсцис – концентрація компонентів, по осі ординат – температура. Шкала концентрацій показує зміст компоненту В. Основними лініями є лінії ліквідус (1) і солідус (2), а також лінії відповідні фазовим перетворенням в твердому стані (3, 4) (Рис. 1.1). По діаграмі стану можна визначити температури фазових перетворень, зміну фазового складу, приблизно, властивості сплаву, види обробки, які можна застосовувати для сплаву.

Користуючись діаграмою стану можна для будь – якого сплаву при будь – якій температурі визначити не тільки число фаз, але і їх склад і

кількісне співвідношення. Для цього використовується правило відрізків. Для проведення кількісного структурно – фазового аналізу через задану точку проводять горизонталь (коноду) до перетину з найближчими лініями діаграми (ліквідус, солідус або осі компонентів) (Рис. 1.2).

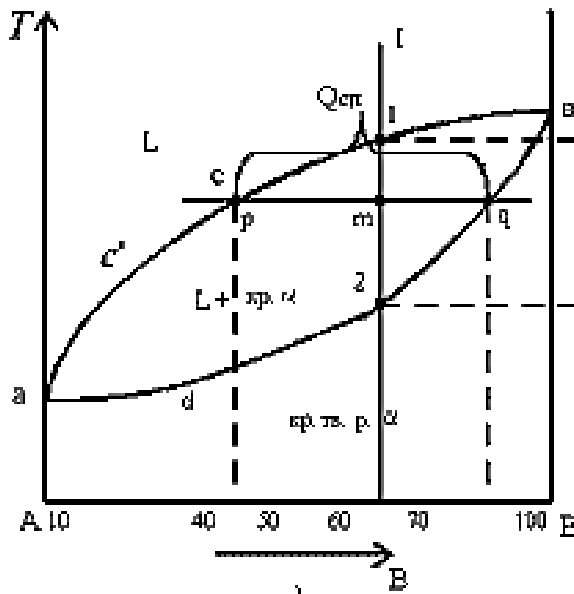


Рис. 1.2 – Фазова діаграма

Кількісна маса фаз обернено пропорційна відрізкам проведеної коноди. Розглянемо проведену через точку m коноду і її відрізки (Рис. 1.2). Кількість всього сплаву ($Q_{\text{сп}}$) визначається відрізком pq . Відрізок, прилеглий до лінії ліквідусу pm визначає кількість твердої фази.

$$Q_{\text{тв}} = \frac{pm}{pq} \cdot 100\% . \quad (1.1)$$

Відрізок, прилеглий до лінії солідус (або до осі компоненту) mq визначає кількість рідкої фази.

$$Q_{\text{ж}} = \frac{mq}{pq} \cdot 100\% . \quad (1.2)$$

1.2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

РОЗРАХУВАТИ НАСТУПНІ ЗАДАЧІ.

1.1. При побудові фазових діаграм склад системи характеризується концентрацією компонентів, яка виражається або у масових, або у атомних відсотках. Знайти перехід від одних відсотків до інших для подвійних систем.

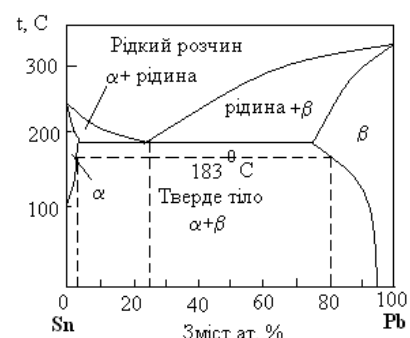
Рішення. Хай даний склад сплаву АВ в ат. %. Наприклад, Cu-10 ат. % Ni. На 100 атомів сплаву доводиться 10 атомів Ni і 90 атомів Cu. Атомна маса міді $\mu_{\text{Cu}} = 0,064$ кг/моль, атомна маса нікелю $\mu_{\text{Ni}} = 0,059$ кг/моль. Тоді 10 атомів нікелю мають масу $m_{\text{Ni}} = \mu_{\text{Ni}} \cdot 10 = 0,059 \cdot 10 = 0,59$ кг/моль. 90 атомів Cu мають масу $m_{\text{Cu}} = \mu_{\text{Cu}} \cdot 90 = 0,064 \cdot 90 = 5,76$ кг/моль. Загальна маса 100 атомів сплаву складає $m_{\text{спл.}} = m_{\text{Cu}} + m_{\text{Ni}} = 5,76 + 0,59 = 6,35$ кг/моль. Знайдемо масові відсотки. $(m_{\text{Ni}}/m_{\text{спл.}}) \cdot 100\% = 9,3\%$ мас. Аналогічно знайдемо масову частку міді. Отримаємо 90,7 % мас.

Таким чином, щоб перейти від атомних відсотків до масових, потрібно помножити атомні долі компонентів на атомні маси і розділити на масу 100 атомів сплаву.

1.2. Яка масова частка в кам'яній солі NaCl припадає на частку іонів Na?

1.3. По фазовій діаграмі подвійної системи олово-свинець (Рис. 5.3.) визначити для евтектичного сплаву склад двох фаз, при температурі на декілька градусів нижче за евтектичну. Оцінити, яка частка від загальної ваги цього сплаву доводиться на кожну фазу.

Рис. 1.3.



Рішення. Евтектичний сплав – це сплав концентрації, коли утворюється евтектика – механічна суміш що одночасно кристалізується при евтектичній

температурі (183⁰С) твердих розчинів α і β , оскільки компоненти обмежено розчиняються.

З діаграми (Рис. 1.3), провівши коноду при температурі декілька нижче 183⁰С (дивись пунктир), знаходимо частку α - розчину

$$C_{\alpha} = \frac{80 - 25}{80 - 3} \cdot 100\% = \frac{55}{77} \cdot 100\% = 71\% . \text{ Аналогічно}$$

$$C_{\beta} = \frac{25 - 3}{80 - 3} \cdot 100\% = \frac{22}{77} \cdot 100\% = 29\% .$$

1.4. Сплав, що складається з 75 ат. % свинцю і 25 ат. % олово, втримується при 200⁰С до тих пір, поки не досягається рівноваги. Яка частина від загальної кількості атомів міститься в кожній фазі?

1.5. Побудувати фазову діаграму для системи А-В за приведеними нижче експериментальними даними:

1). Чистий метал А: структура ГЦК, атомний радіус 1,28 ангстрем, температура плавлення 1083⁰С.

2). Чистий метал В: структура ГЦК, атомний радіус 1,25 ангстрем, температура плавлення 1453⁰С.

3) Повна взаємна розчинність обох компонентів в рідкому і твердому стані.

4). При охолоджуванні рідкого сплаву із змістом 50 ат. % компоненту В перша тверда фаза з'являється при 1305⁰С. Ця фаза містить 64 ат. % В.

5). При подальшому охолоджуванні рідка фаза, що залишається, існує до 1240⁰С. У цей момент вона містить 34 ат. % В.

..

2. АНАЛІЗ ДІАГРАМ СТАНУ ПОДВІЙНИХ СПЛАВІВ

МЕТА: вивчення основних типів діаграм стану подвійних сплавів, придбання практичних навиків вивчення перетворень, які протікають в сплавах; визначення можливості термічної обробки сплавів і їх використання на практиці.

2.1 КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

В залежності від того, як взаємодіють між собою компоненти сплавів у твердому стані, відрізняють декілька типів діаграм.

Якщо компоненти безмежно взаємно розчиняються один в одному як в рідкому, так і в твердому стані, то діаграми таких систем мають однаковий вигляд. Безмежні тверді розчини утворюються в системах Au-Ag, Cu-Ni, Bi-Sb, Cr-V, Mo-W і багатьох інших. Діаграма стану двокомпонентної системи з необмеженою розчинністю компонентів в рідкому і твердому станах представлена на рисунку 6.1, а.

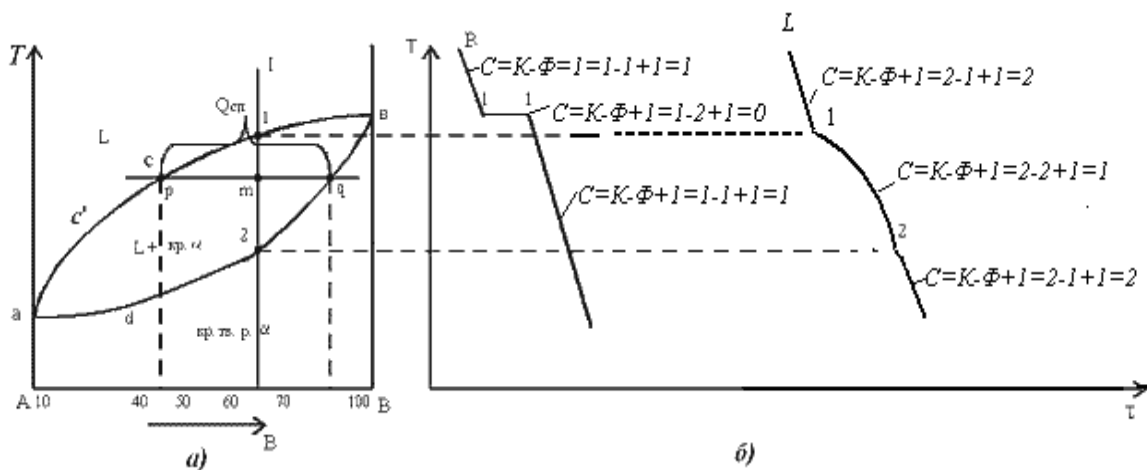


Рис. 2.1. Діаграма стану сплавів з необмеженою розчинністю компонентів в твердому стані (а); криві охолодження типових сплавів (б)

На діаграмі стану є дві лінії: $ac'1b$ – лінія температур початку кристалізації (кінця плавлення) сплавів, або лінія ліквідусі α твердого розчину; $ad2qb$ – лінія температур кінця кристалізації (початку плавлення), або лінія солідусу α твердого розчину.

Ці лінії ділять всю діаграму стану на три фазові області. Вище лінії ліквідусу розташовується область однофазних рідких розчинів (L), нижче солідуса – область кристалів однофазних α -твердих розчинів (кр. тв. р. α). Між лініями ліквідусу і солідуса знаходиться двофазна область (L+кр. α). Схема мікроструктури однофазного сплаву представлена на рисунку 6.2.

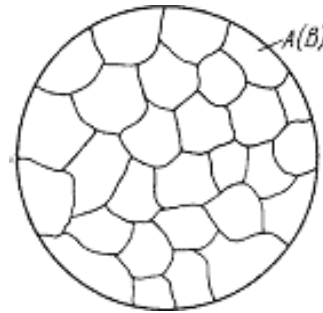


Рис. 2.2. Схема мікроструктури однофазного сплаву

Фазові перетворення у конкретному сплаві на діаграмі описуються за допомогою кривої охолодження, яка будується в координатах температура – час по критичним точкам за допомогою правила фаз. Правило фаз встановлює залежність між кількістю фаз (Φ), числом компонентів (K), і числом ступенів свободи (C) системи:

$$C = K - \Phi + 1 \quad (2.1)$$

Якщо $C = 0$, тобто не має жодного ступеня свободи, то рівновага системи можлива тільки при постійній температурі. Якщо $C > 0$, то сплав можна нагріти чи охолодити тобто рівновага фаз може зберігатися в інтервалі температур. Інтервал температур рівноваги – дуже важлива особливість фазових перетворень в сплавах на відміну від чистих компонентів, в яких перетворення відбувається при постійній температурі.

Нанести на фазову діаграму конкретний сплав означає, що на діаграму наносять вертикальну лінію через точку на осі концентрацій, що відповідає вмісту компоненту В (Рис. 6.1,а). На рисунку 6.1, б представлені криві охолодження чистого компоненту В (зліва) і сплаву, що приблизно

відповідає 65% розчину компоненту В у компоненті А (вертикальна лінія на рисунку 6.1,а).

Якщо компоненти у твердому стані не розчинюються один у одному, а просто змішуються, то утворюється евтектика – суміш кристалів, одночасно кристалізованих з рідини. Структура сплавів у цьому випадку – механічні суміші. Так поведуть системи Pb-Sb, Al-Cu, Sn-Zn та інші. На рис. 2.3 представлена відповідна діаграма (а) і криві охолодження сплавів (б).

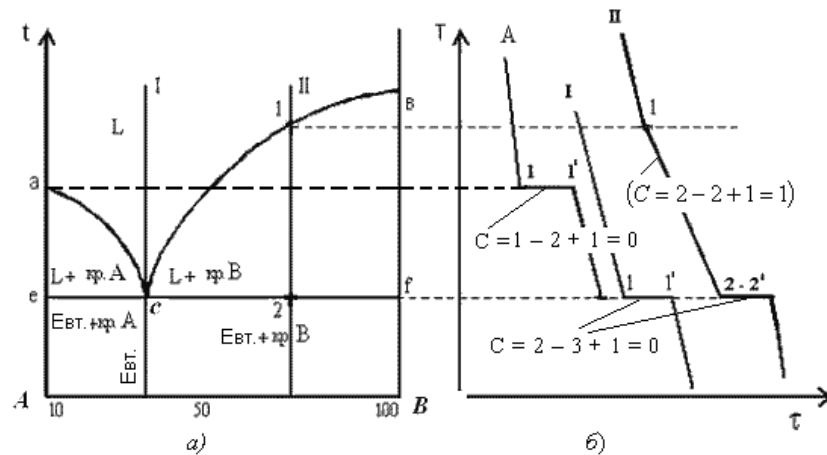


Рис. 2.3 – Діаграма стану сплавів з відсутністю розчинності компонентів в твердому стані (а) і криві охолодження сплавів (б): А – чистого компоненту А, І – евтектичного, ІІ – заевтектичного.

Схема мікроструктури сплаву представлена на рис. 2.4.

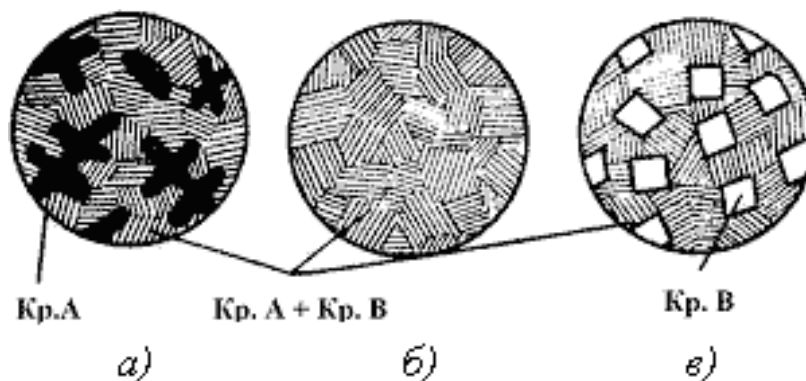


Рис. 2.4. Схема мікроструктур сплавів: а – доевтектичного, б – евтектичного, в – заевтектичного

Якщо компоненти обмежено розчиняються один у одному, то на діаграмі є області твердих розчинів і області механічних сумішей. Такий вигляд мають, наприклад, діаграми стану систем Al-Si, Al-Ge, Pb-Sn та багато інших. На рисунку 2.5 представлена відповідна фазова діаграма (а) і криві охолодження (б) для складу X1 і X2.

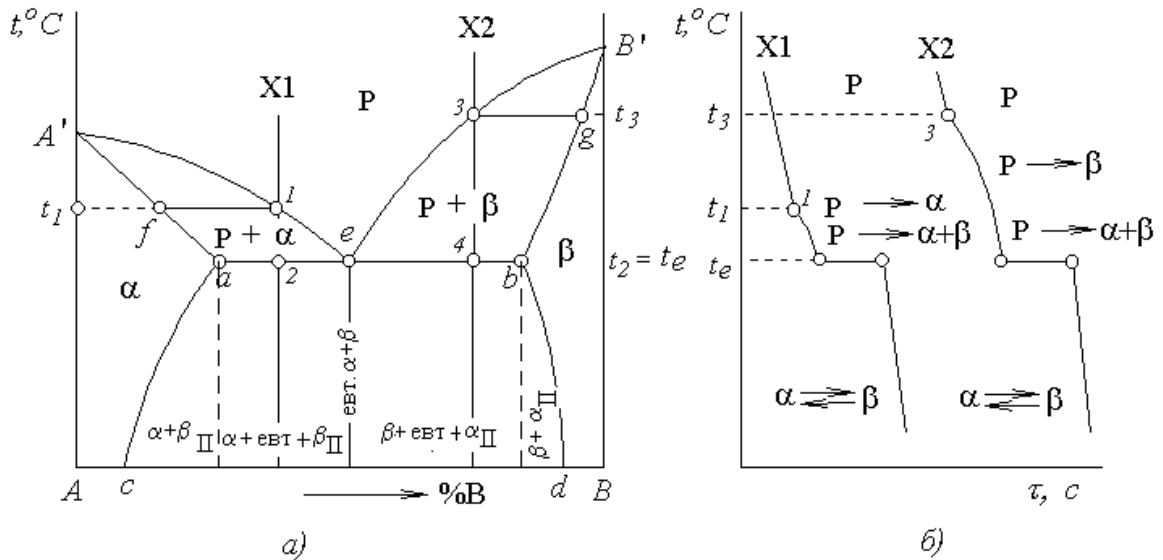


Рис. 2.5 – Діаграма стану сплавів з обмеженою змінною розчинністю компонентів у твердому стані (а) і криві охолодження (б)

На рис. 6.5 α і β – обмежені тверді розчини. Наприклад, максимальна розчинність компоненту В у компоненті А відповідає значенню проекції точки a % на вісь концентрацій, а максимальна розчинність компоненту А в компоненті В відповідає $(100 - a)$ %, тобто відповідає проекції точки b % на вісь концентрацій. Евтектика утворюється при концентрації, що відповідає проекції точки e % на вісь концентрацій. Схема мікроструктури сплавів складу X1 і X2 представлена на рисунку 6.6.

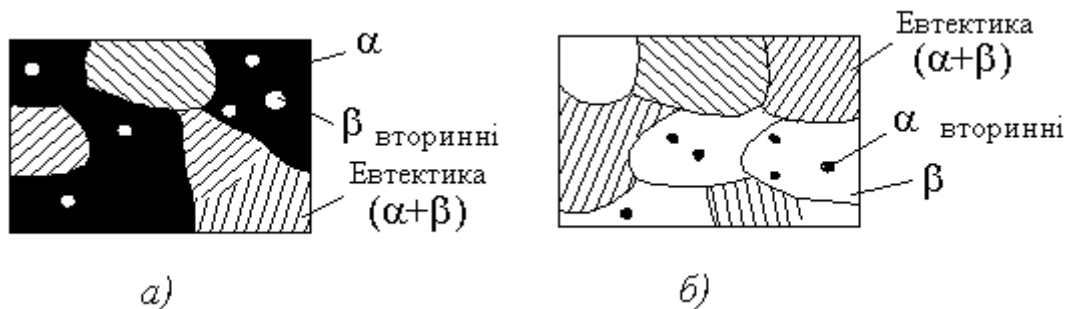


Рис. 2.6 – Схеми мікроструктури сплаву складу X1 (а) і X2 (б).

Діаграма стану сплавів, компоненти яких утворюють хімічні сполуки представлена на рисунку 2.7.

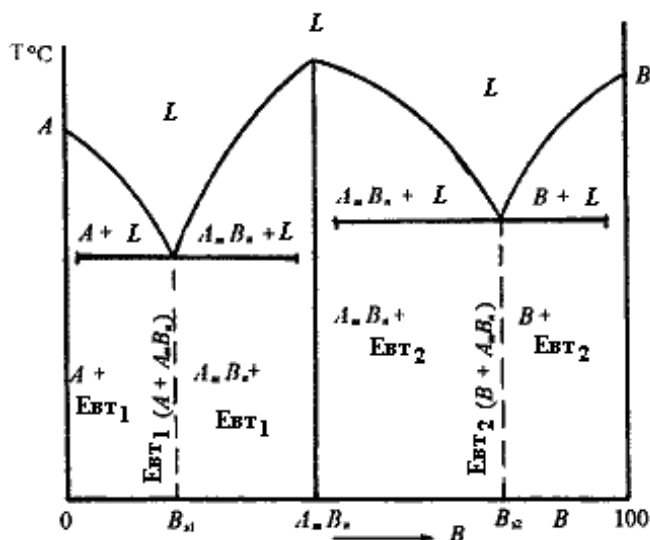


Рис. 2.7 – Діаграма стану сплавів, компоненти яких утворюють хімічні сполуки

Діаграма стану складається з декількох простих діаграм. Число компонентів і кількість діаграм залежить від того, скільки хімічних сполук утворюють основні компоненти системи.

Число фаз і вид простих діаграм визначаються характером взаємодії між компонентами:

Евт₁ (кристали А + кристали A_mB_n);

Евт₂ (кристали В + кристали A_mB_n).

Оскільки вид діаграми, також як і властивості сплаву, залежить від того, які сполуки або які фази утворили компоненти сплаву, то між ними

повинен існувати певний зв'язок. Ця залежність встановлена Курнаковим (див. Рис. 2.8). а). При утворенні механічних сумішей властивості змінюються по лінійному закону. Значення характеристик властивостей сплаву знаходяться в інтервалі між характеристиками чистих компонентів.

б). При утворенні твердих розчинів з необмеженою розчинністю властивості сплавів змінюються по криволінійній залежності, причому деякі властивості, наприклад, електроопір, можуть значно відрізнятись від властивостей компонентів.

в). При утворенні твердих розчинів з обмеженою розчинністю властивості в інтервалі концентрацій, що відповідають однофазним твердим розчинам, змінюються по криволінійному закону, а в двофазній області – по лінійному закону. Причому крайні точки на прямій є властивостями чистих фаз, гранично насичених твердих розчинів, утворюючих дану суміш.

г). При утворенні хімічних сполук концентрація хімічної сполуки відповідає максимуму на кривій. Ця точка перелому, відповідна хімічній сполуці, називається сингулярною точкою.

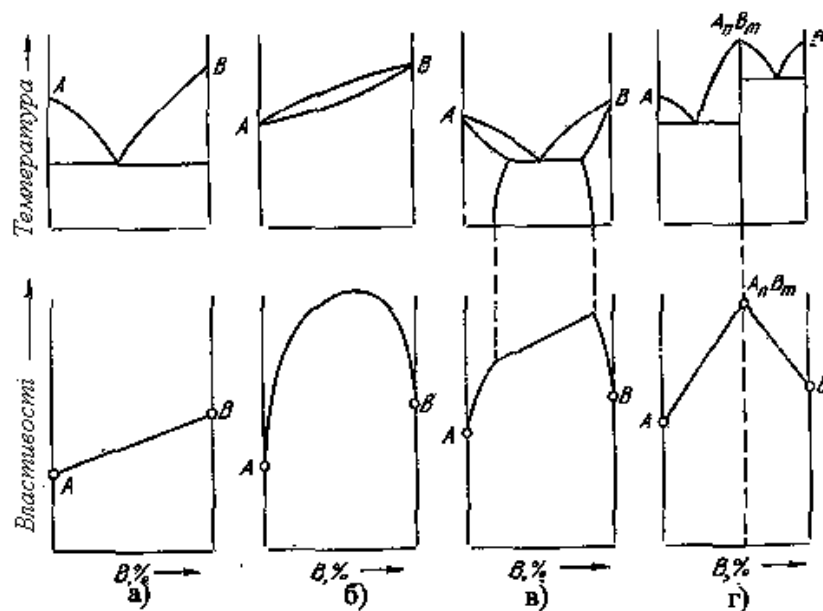


Рис. 2.8 – Зв'язок між властивостями сплавів і типом діаграми стану за Курнаковим.

2.2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ.

1. Визначити відповідний заданому варіанту тип діаграми стану (рис. 2.9, 2.10, 2.11), користуючись таблицею 2.1. (Наприклад, для варіанту завдання № 15 слід копіювати діаграму стану третього типу (Рис. 2.11), виписати склад подвійного сплаву рівний 70 % компоненту В).

2. Зобразити діаграму стану системи АВ відповідно до Вашого варіанту завдання. На цієї діаграмі схематично зобразити структури, що утворюються при різних температурах.

3. Позначити на малюнках критичні точки, лінії ліквідусу, солідусу, фазові перетворення, фазові і структурні області.

4. Нанести на діаграму фігуративну лінію контрольного сплаву з вказівкою критичних точок.

5. Побудувати криву охолодження подвійного сплаву заданого складу, розглянути перетворення, що проходять при його кристалізації.

6. У середині температурного інтервалу первинної кристалізації заданого сплаву визначити кількісне співвідношення фаз і їх хімічний склад.

7. Зобразити мікроструктуру заданого сплаву при нормальній температурі, відзначивши структурні складові і фази.

Таблиця 2.1

Початкові дані для виконання роботи

№ варіанту	Тип діаграми	Склад сплаву	№ варіанту	Тип діаграми	Склад сплаву
1	1	10 % А	16	1	30 % В
2	2	10 % А	17	2	30 % В
3	3	60 % А	18	3	30 % В
4	1	80 % В	19	1	40 % А
5	2	10 % В	20	2	80 % А
6	3	70 % В	21	3	40 % А

7	1	20 % A	22	1	90 % B
8	2	60 % A	23	2	40 % B
9	3	70 % A	24	3	40 % B
10	1	20 % B	25	1	50 % A
11	2	80 % B	26	2	60 % A
12	3	20 % B	27	3	70 % A
13	1	30 % A	28	1	70 % B
14	2	40 % A	29	2	80 % B
15	3	70 % B	30	3	90 % B

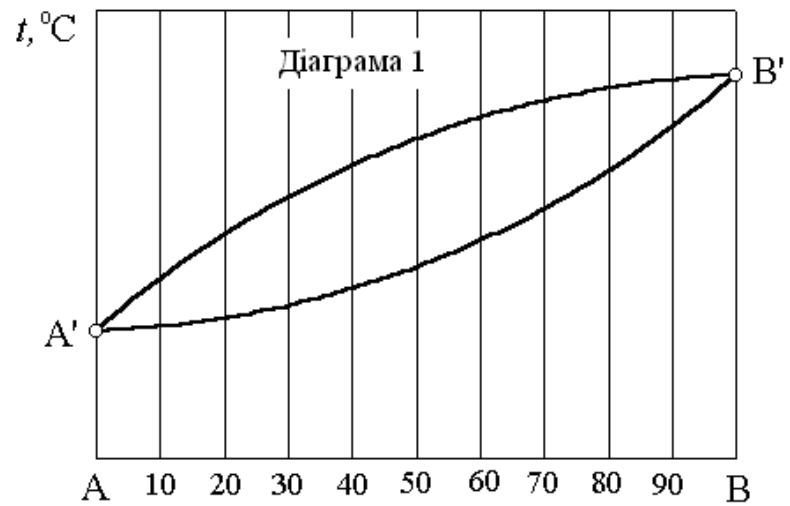


Рис. 2.9 – Діаграма стану (тип 1)

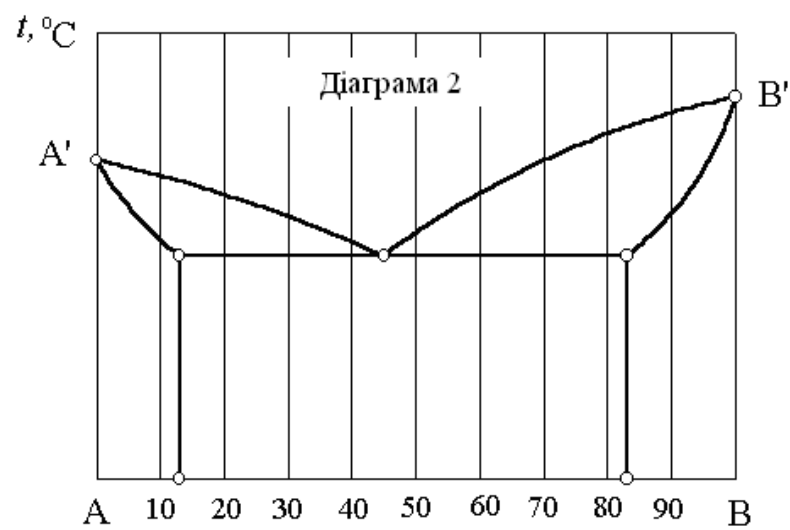


Рис. 2.10 – Діаграма стану (тип 2)

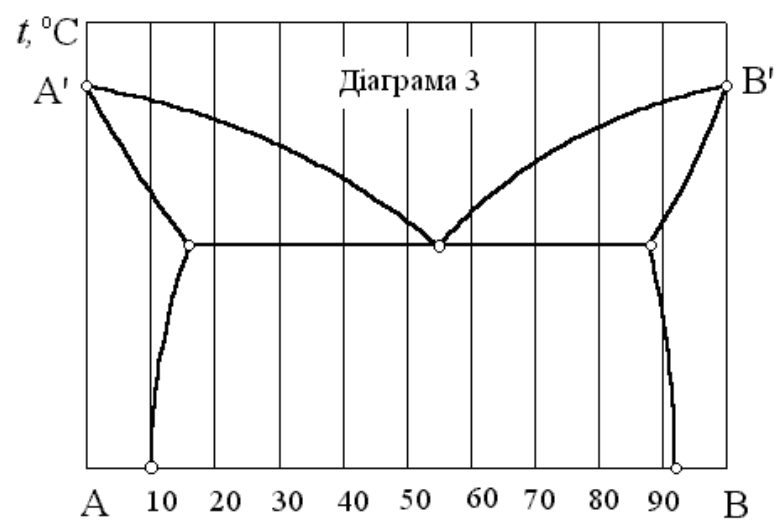


Рис. 2.11 – Діаграма стану (тип 3)

3. АНАЛІЗ ДІАГРАМИ СТАНУ СПЛАВІВ СИСТЕМИ ЗАЛІЗО-ЦЕМЕНТИТ.

МЕТА: вивчення діаграми Fe-Fe₃C; аналіз перетворень, що протікають в сплавах при охолодженні і нагріві; визначення фазового і структурного стану сплавів в залежності від складу і температури.

3.1 КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Найважливішими матеріалами сучасної техніки є залізовуглецеві сплави: технічне залізо, сталі і чавуни. Діаграма стану залізо – вуглець (Рис. 3.1) дає основне уявлення для вивчення процесів формування їх структури.

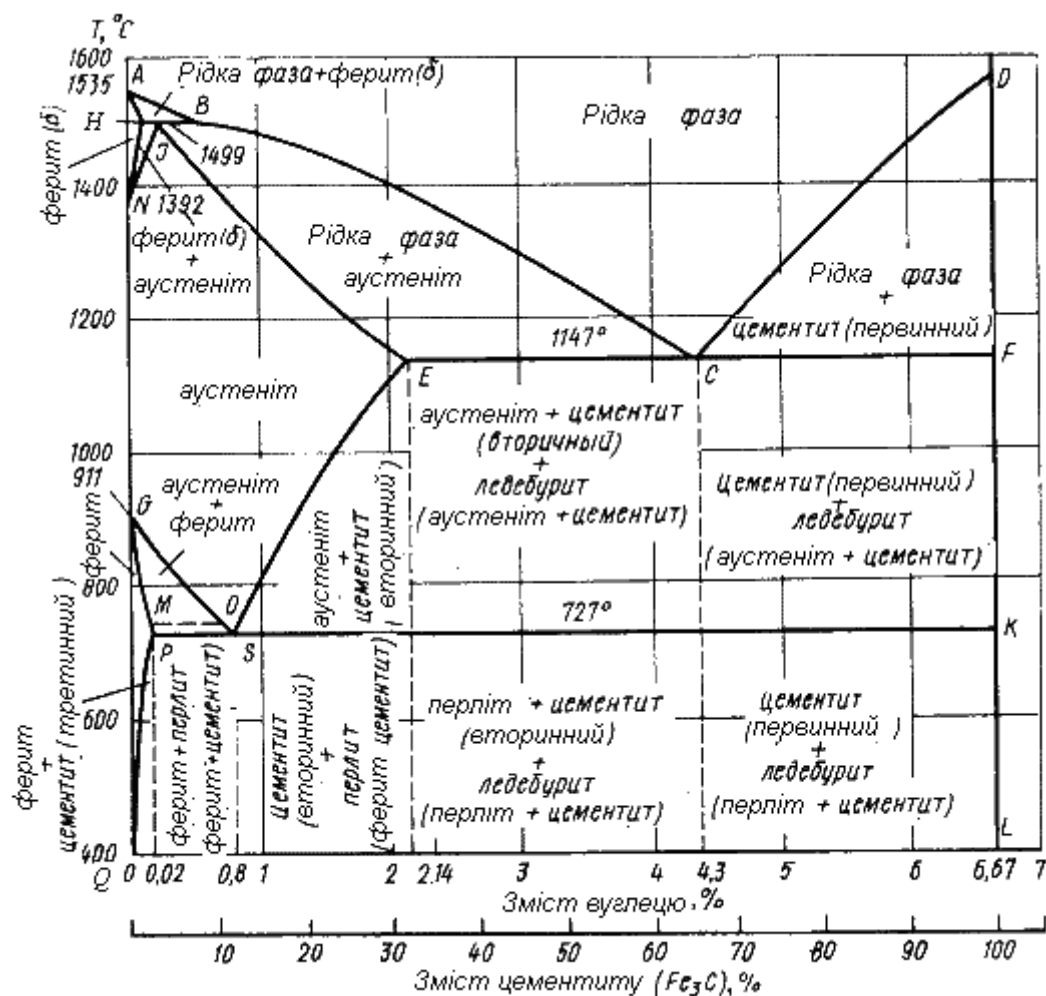


Рис. 3.1 – Діаграма залізо-вуглець

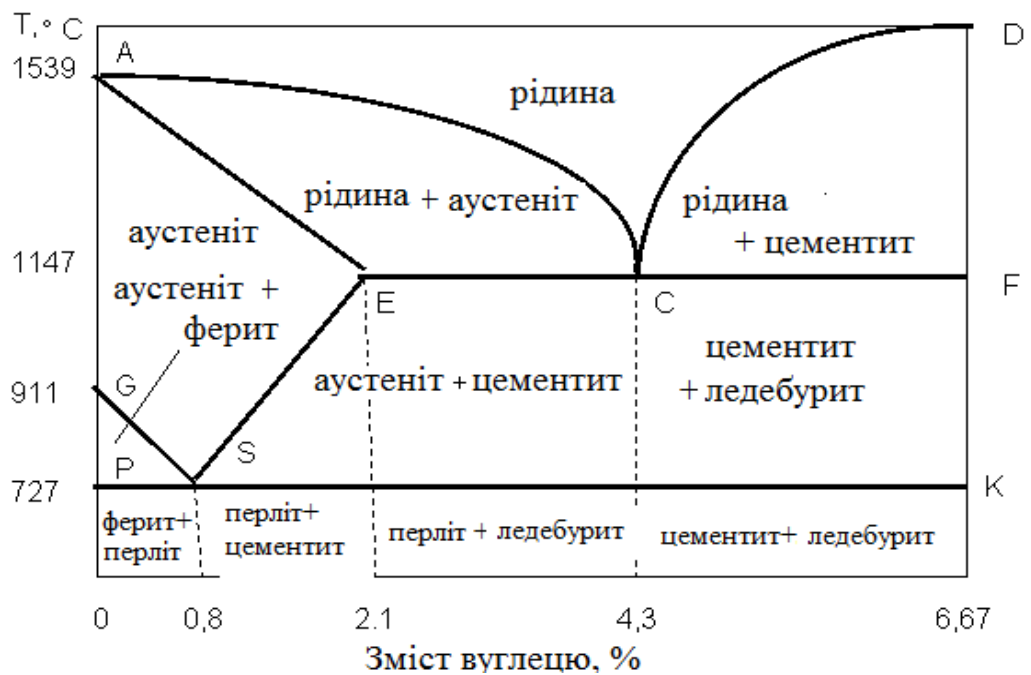


Рис. 3.2 Спрощена діаграма залізо-вуглець

Компонентами залізовуглецевих сплавів є залізо, вуглець і цементит.

1. Залізо має температуру плавлення 1539°C . Поліморфні перетворення відбуваються при температурах 911°C і 1392°C . При температурі нижче 911°C існує Fe_{α} з об'ємноцентрованою кубічною ґраткою. У інтервалі температур $911\ldots1392^{\circ}\text{C}$ стійким є Fe_{γ} з гранецентрованою кубічною ґраткою. Вище 1392°C залізо має об'ємноцентровану кубічну ґратку і називається Fe_{δ} або високотемпературне Fe_{α} . Нижче 768°C залізо феромагнітне, позначається Fe_{α} , а вище 768°C – парамагнітне, позначається Fe_{β} . Вона, як і Fe_{α} , має ОЦК-ґратку і не є новою алотропною модифікацією заліза. Температури будь-яких перетворень називаються критичними точками. Їх позначають літерою А (від французького *arret* – зупинка) з відповідним індексом. Для заліза: $A_2 = 768^{\circ}\text{C}$; $A_3 = 910^{\circ}\text{C}$; $A_4 = 1392^{\circ}\text{C}$.

Залізо технічної чистоти (кількість домішок $0,01\ldots0,1\%$) володіє невисокою твердістю (80 НВ) і міцністю (межа міцності – $\sigma_B = 250\text{МПа}$ межа текучості – $\sigma_T = 120\text{МПа}$) і високими характеристиками пластичності

(відносне подовження – $\delta = 50\%$, а відносне звуження – $\psi = 80\%$). Залізо і вуглець в сплавах взаємодіють і утворюють такі фази.

Ферит (Ф) – твердий розчин впровадження вуглецю в α – залізо. Вуглець розташовується в дефектах ґратки. У α – залізі може розчинитися до 0,02 % С (точка Р на діаграмі Fe – Fe₃C), що відповідає температурі 727° С. З пониженням температури розчинність вуглецю в α – залізі зменшується і при кімнатній температурі кількість вуглецю в α – залізі складає 0,006 % (лінія PQ на діаграмі – лінія граничної розчинності вуглецю в α – залізі).

Ферит інакше зветься технічним залізом.

Аустеніт (А) – твердий розчин впровадження вуглецю в γ – залізо. γ – Fe розчиняє максимально 2,14 % С (точка Е на діаграмі), що відповідає температурі 1147° С. З пониженням температури розчинність вуглецю в γ – залізі зменшується і при температурі 727° С складає 0,8 % С. Лінія ES на діаграмі – лінія граничної розчинності вуглецю в γ – залізі. При температурах нижче температур лінії ES через те, що зменшується розчинність С в γ – Fe із γ – Fe виділяється вуглець у вигляді хімічної сполуки Fe₃C, яке має назву цементит (Ц). Цементит, який виділяється з аустеніту, це цементит вторинний (Ц_{II}), на відміну від цементиту первинного (Ц_I), що кристалізується при первинній кристалізації з рідини. Аустеніт має твердість 200...250 НВ пластичний (відносне подовження – $\delta = 40...50\%$), парамагнітний.

1. Цементит (Ц) – хімічна сполука заліза з вуглецем (карбід заліза Fe₃C), містить 6,67 % вуглецю. Алотропічних перетворень не випробовує. Цементит має ромбічну кристалічну ґратку. Цементит має високу твердість (більше 800 НВ легко дряпає скло), але надзвичайно низьку, практично нульову, пластичність. У залізовуглецевих сплавах присутні фази: цементит первинний (Ц_I) – виділяється з рідкої фази у вигляді крупних пластинчастих кристалів, цементит вторинний (Ц_{II}) – виділяється з аустеніту і розташовується у вигляді сітки навколо зерен аустеніту (при охолоджуванні

– навколо зерен перліту), цементит третинний (Ц_{III}) – виділяється з фериту і у вигляді дрібних включень розташовується біля кордонів феритних зерен. Хімічні і фізичні властивості цих фаз однакові. Вплив на механічні властивості сплавів надає відмінність в розмірах, кількості і розташуванні цих виділень. Цементит – з'єднання нестійке і при високих температурах розпадається на аустеніт і графіт. На цьому явищі заснований відпал білого чавуну з метою одержання ковкого чавуну.

Процеси структуроутворення залізовуглецевих сплавів

Лінія ABCD – ліквідус системи. Вище температур цієї лінії усі сплави залізо вуглець знаходяться в стані рідини (P). При температурах лінії BC із рідини кристалізується аустеніт ($P \rightarrow A$), при температурах лінії CD із рідини кристалізується цементит первинний ($P \rightarrow \text{Ц}_I$). Для сплаву з 4,3 % C із рідини кристалізуються одночасно аустеніт і цементит ($P \rightarrow A + \text{Ц}_I$), тобто сплав з 4,3%С – евтектика. Суміш ($A + \text{Ц}$) має назву ледебурит (Л) на ім'я німецького ученого Ледебура. Лінія ECF – лінія евтектичного перетворення. Усі сплави, які містять більше 2,14 % C, мають евтектичне перетворення. Сплав з 4,3 % C, як було сказано, – евтектика. Його структура – ледебурит. Сплави від 2,14 % C – доевтектичні. Їх структура ($\text{Л} + A + \text{Ц}_{\text{II}}$). Сплави з кількістю вуглецю більше 4,4 % C – заевтектичні. Їх структура – ($\text{Л} + \text{Ц}_I$). Сплав з 6,67 % C – чиста хімічна сполука Fe_3C .

Подивимось на ліву частину діаграми (Рис. 7.1). Лінія ІЕ – частина лінії солідус, геометричне місце температур кінця кристалізації аустеніту ($P \rightarrow A$).

Температури 910°C и 1392°C – температури поліморфного перетворення у чистому залізі. Лінії HN, IN і GS, GP – лінії поліморфного перетворення. Між температурами цих ліній структура сплавів аустеніт + ферит. Таким чином, у сплавах, які мають вуглецю менше 0,8 %, аустеніт при температурах лінії GS перетворюється у ферит. У сплавах, які мають вуглецю більше 0,8 %, при температурах лінії SE із аустеніту виділяється Ц_{II}

(A→Ц_{II}). Для сплаву з 0,8 % С аустеніт розпадається на суміш (Ф + Ц). Розпад твердого розчину на механічну суміш кристалів має назву евтектоїдного перетворення (на відміну від евтектичного перетворення – одночасної кристалізації суміші кристалів із рідини). Евтектоїдів суміш (Ф + Ц) має назву перліт.

По лінії PSK при постійній температурі 727⁰ С йде евтектоїдне перетворення. Точка S, що відповідає концентрації вуглецю 0,8 % – евтектоїдна точка. Температура 727⁰ С називається температурою евтектоїдного перетворення. Всі сплави, які містять більше 0,02 % вуглецю мають евтектоїдне перетворення. Сплав з 0,8 % С – евтектоїдний, сплави з кількістю вуглецю менше 0,8 % – доевтектоїдні, якщо вуглецю більше 0,8 % – заевтектоїдні.

Всі сплави заліза з вуглецем носять назву стали і чавуни.

Сталями називаються сплави заліза з вуглецем при зміні вуглецю від 0,02 до 2,14%. Чавунами називаються сплави заліза, що містять більш ніж 2,14 % вуглецю. Таким чином, частина діаграми до 2,14 % С – «стальна частина». Інша частина діаграми, коли вуглецю більш ніж 2,14 % – «частина білих чавунів».

3.2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Визначити відповідний заданому варіанту тип сплаву, користуючись таблицею 7.1.

2. На діаграму Fe – Fe₃C нанесіть відповідний сплав.

3. Для заданого сплаву побудуйте і проаналізуйте криву охолодження.

4. Відповідно до заданого варіанту при заданій температурі (табл. 3.1) визначить:

а) кількість кожної фази (структурної складової),

б) хімічний склад структурних складових.

4. Визначить твердість заданого сплаву, враховуючи твердості структурних складових.

Таблиця 3.1

Початкові дані для виконання роботи

№ варіанту	Вміст вуглецю, %	Температура, °C	№ варіанту	Вміст вуглецю, %	Температура, °C
1	0,1	20	11	1,1	1000
2	0,2	100	12	1,2	1100
3	0,3	200	13	1,3	1200
4	0,4	300	14	1,4	1300
5	0,5	400	15	1,5	1000
6	0,6	500	16	1,6	900
7	0,7	600	17	1,7	800
8	0,8	700	18	1,8	700
9	0,9	800	19	1,9	600
10	1,0	900	20	2,0	500

ПРИКЛАД ПОБУДОВИ ФАЗОВИХ ДІАГРАМ

Розглянемо на прикладі виконання завдання для подвійного сплаву АВ з необмеженою розчинністю компонентів, що має склад компонента А-90%, компонента В-10% (рис. 3.3). Позначимо склад заданого сплаву вертикальною лінією на діаграмі (рис. 3.3)

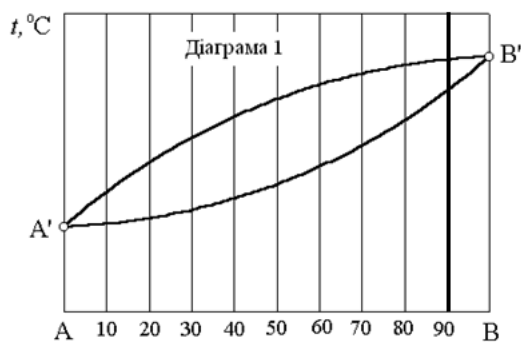
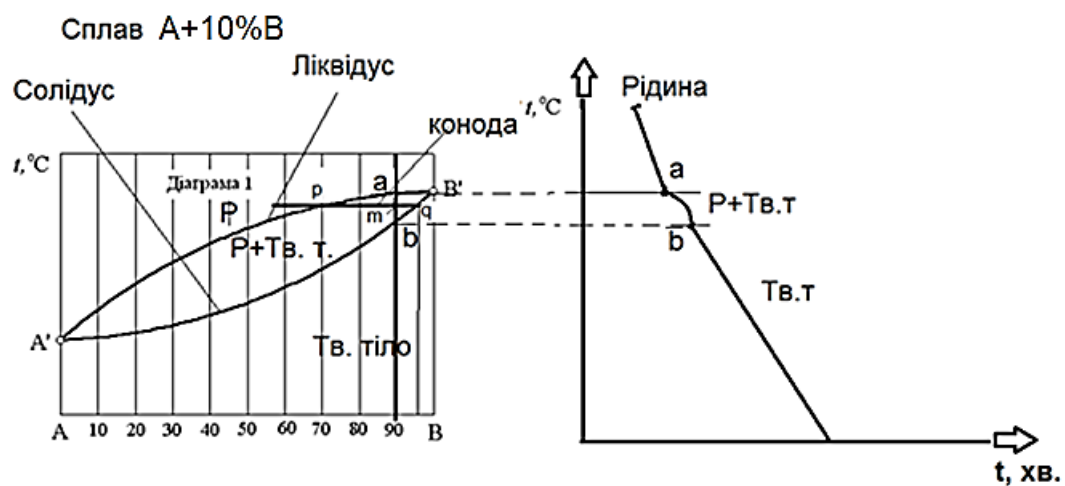


Рис. 3.3.

Результати виконання завдання представлені на рис. 3.4



$$mq = 95 - 90 = 5\%$$

$$mp = 90 - 70 = 20$$

$$pq = 95 - 70 = 25\%$$

$$Q_{\text{Тв.Т}} = \frac{pm}{pq} \cdot 100\% = \frac{20}{25} \cdot 100\% = 80\%$$

$$Q_p = \frac{mq}{pq} \cdot 100\% = \frac{5}{25} \cdot 100\% = 20\%$$

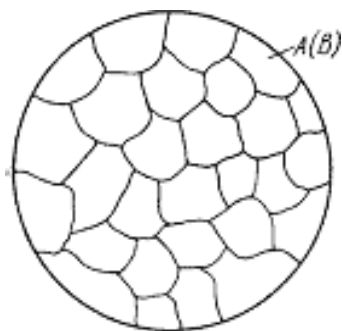


Схема структури сплаву А+10% В.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Усов В.В. Матеріалознавство та технології: Навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни. Одеса: Університет Ушинського. 2019. 227 с.
<http://dspace.pdpu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/5252/1/Usov%2C%20Valentyn%20Valentynovych.pdf>
2. Афтанділянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство: Підручник. Херсон: Олді-плюс. Київ: Видавництво Ліра- К. 2013. 612 с.
http://library.kpi.kharkov.ua/files/new_postupleniya/aftandilmater.pdf
3. Бочар І. Й. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів (лабораторний практикум). Тернопіль: ТДПУ. 2002. 76 с.
<https://studfile.net/preview/5252583/>
4. Василенко І. І., Широков В. В., Василенко Ю. І. Конструкційні та електротехнічні матеріали. Навчальний посібник. Львів: «Магнолія-2006». 242 с. http://library.kpi.kharkov.ua/files/new_postupleniya/vasilenkok.pdf
5. Косенко В. А. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство. Київ: Видавництво Університет «Україна». 2012. 252 с.
6. Курська Т. М., Чернобай Г. О., Єрмоменко С. Б. Матеріалознавство та технологія матеріалів. Конспект лекцій. Х.: УЦЗУ. 2008. 136 с.
7. Леонтєв В. О., Бевз С. В., Видмиш В. А. Електротехнічні матеріали : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ. 2013. 122 с.
8. Опальчук А. С., Котречко О. О., Роговський Л. Л. Лабораторний практикум з технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства. Навчальний посібник. За ред. А.С. Опальчука. Київ: Вища освіта. 2006. 287 с.
https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u132/navchal_posibnik_tkm_15.pdf